



XVII Congresso Nazionale IGIIC

Lo Stato dell'Arte 17

Volume degli Atti

Chiesa di Cristo Flagellato dell'Ex Ospedale San Rocco
10/12 ottobre 2019

IL SALUTO DELL’IGIIC

“Matera 2019 Capitale Europea della Cultura”, la sfida è quella di essere presenti in occasione di un evento internazionale. Una sfida raggiunta anche grazie al patrocinio della Fondazione Matera European Capital of Culture. Il luogo adatto, e che avrebbe dovuto essere ovviamente adatto, per l’annuale edizione del Congresso “Lo Stato dell’Arte 17”, promossa dall’Italian Group of International Institute of Conservation (IGIIC). Il valore del Gruppo è, infatti, quello di portare a questo evento il mondo dei professionisti, cosa a cui l’organizzazione internazionale dell’IIC si dedica sin dagli anni ’50. Un contributo a cui si aggiungono i Gruppi nazionali, ma pur sempre con lo spirito di aumentare la diffusione della conoscenza del sapere e delle metodologie nel campo del restauro dei beni storici e artistici. Un ruolo non sempre condiviso dai palazzi del potere, molto attenti a parole per il lavoro, ma nei fatti sempre più legati agli interessi delle istituzioni rispetto a quello della comunità di esperti e professionisti del settore. Questa resta la fatica che il Gruppo affronta nell’organizzare il proprio evento annuale e anche tutti gli altri eventi che lo vedono coinvolto.

In questo caso dobbiamo valutare la partecipazione e l’appoggio della Sovrintendenza Archeologia delle Belle Arti e del Paesaggio della Basilicata, la quale ha accolto la richiesta del Gruppo Italiano e ha contribuito da subito mettendo a disposizione uno spazio prestigioso nel centro storico e il Comune di Matera. Anche il Sindaco e degli Assessori alla Cultura e al Turismo, pur nell’insieme delle iniziative promosse, hanno da subito mostrato interesse per la nostra iniziativa. La proposta, come sempre, da parte nostra è stata quella di voler diventare un interlocutore continuo, al fine di poter ripetere, nei prossimi anni, il legame che abbiamo creato con questo evento e dare un senso continuativo al rapporto e all’interesse verso i temi del restauro sia con la Città e sia con la Regione.

La collaborazione con i docenti esperti e l’entusiasmo dei giovani restauratori in formazione dell’ISCR di Matera (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro) e della sede storica di Roma, ci hanno consentito di organizzare nell’aula dell’ex Ospedale San Rocco in Matera, tre giornate congressuali in cui saranno sviluppate tematiche di estremo interesse per il territorio: dagli interventi sugli ipogei e sulle chiese rupestri, alle problematiche di progettazione, diagnostica, conservazione e sostenibilità nella conservazione del patrimonio culturale.

L’interesse della Scuola di Alta Formazione e Studio per i Beni Culturali di Matera promuove la formazione e l’aggiornamento permanente del restauratore, una figura professionale tecnico-scientifica che trova nell’Associazione IGIIC un punto di riferimento nazionale e internazionale. Il rapporto con i centri di formazione è perfettamente allineato con la volontà di rappresentare il mondo del fare con tutti i suoi aspetti scientifici, anche per poter diventare luogo di aggiornamento e confronto fra professionisti con gli operatori “colleghi” dei centri di formazione.

Nei diversi anni di attività, attraverso soprattutto il Congresso Annuale, abbiamo cercato di rendere più visibili le peculiarità artistico culturali e le competenze tecniche maturate nelle diverse regioni e realtà territoriali italiane. Con l’iniziativa del 2019 arriviamo a Matera per promuovere e sostenere le eccellenze e la vocazione turistico culturale del territorio.

Ringraziamo tutti quelli che si sono impegnati nel Comitato Scientifico e Organizzativo e tutti quelli che con i loro lavori originali hanno permesso la realizzazione di questo libro atti che resterà nel tempo a testimonianza del valore e dell’impegno di quanti lavorano con costante impegno per la conservazione del patrimonio culturale.

Il Presidente
Lorenzo Appolonia

Programma “Lo Stato dell’Arte 17”

GIOVEDÌ 10 OTTOBRE

9.00	APERTURA SEGRETERIA
9.15	Apertura Lavori IGIIC – Presidente, Lorenzo Appolonia
9.30	Saluti dalla Sede Ospitante
	Chiese rupestri e ipogei
	Chairperson: Lorenzo Appolonia, Michela Cardinali
10.00/10.20	LA MANUTENZIONE DEL RESTAURATO IN AMBIENTI IPOGEI Giovanna Martellotti
10.20/10.40	LA CRIPTA RITROVATA - DOMENICO GIUDOBONO E GLI AFFRESCHI NASCOSTI DELL'ABBAZIA DI CASANOVA Pier Franco Nicola
10.40/11.00	MESSA IN SICUREZZA FINALIZZATA ALLA QUALITÀ DELLA FRUIZIONE DELL’OPERA – EDIFICIO IPOGEO CONTEMPORANEO SEC.XX Donatella Lami, Giovanni Bassoli, Mariavittoria Antonioli Piovano
11.00/11.20	Dibattito
11.20/11.30	*PRESENTAZIONE POSTER a cura di Marco Bartolini
11.30/11.40	COFFEE BREAK
11.40/12.00	RESTAURO DELLE SUPERFICI E CONDIZIONI AMBIENTALI: L’INTERVENTO DELL’ISCR NEL SACELLO DI S. ASPRENO A NAPOLI Francesca Romana Liserre, Carlo Cacace, Barbara Provinciali, Bruno Mazzone
12.00/12.20	NUOVI APPROCCI ECOCOMPATIBILI PER LA CONSERVAZIONE E PROTEZIONE DEGLI IPOGEI DIPINTI DI TARQUINIA (VT) Maria Cataldi, Adele Cecchini, Chiara Scioscia Santoro, Daniele Spizzichino, Gabriele Leoni, Paolo Maria Guarino
12.20/12.40	IL DESTINO DI UNO STACCO ECCEZIONALE: IL CASO DELLA CHIESA RUPESTRE DI SAN VITO VECCHIO DI GRAVINA IN PUGLIA Maria Carolina Gaetani, Filippo Edoardo Capasso, Manuel Giandomenico
12.40/13.00	I COMPLESSI RUPESTRI DEL PARCO DELLA MURGIA MATERANA. PROPOSTA METODOLOGICA DI SCHEDATURA CONSERVATIVA Francesca Castiello, Erika Maddalena, Cesare Crova
13.00/13.20	Dibattito
13.20/14.00	LUNCH e VISIONE LIBERA DEI POSTER
14.00/14.20	UN’ESPERIENZA DI RILIEVO SPEDITIVO DEI FENOMENI DI DEGRADO PRESENTI IN ALCUNI AMBIENTI RUPESTRI DI MATERA Silvia Seller, Annamaria Giovagnoli, Eleonora Panella
14.20/14.30	PROTOCOLLI DI VALORIZZAZIONE E CONSERVAZIONE. DELLE AREE ARCHEOLOGICHE IPOGEE IN VATICANO Francesca Persegati, Rossana Giardina, Giandomenico Spinola, Ulderico Santamaria, Vittoria Cimino, Fabio Morresi, Leonardo Di Blasi, Stefania Bani
	Problematiche di progettazione e intervento
	Chairperson: Antonio Rava, Carla Bertorello
14.30/14.50	DAL TEATRO DI GOLDONI AL RESTAURO DEL SIPARIO STORICO DI SCENA DI TRANQUILLO ORSI A FELTRE Rossella Bernasconi, Simonetta Pagani, Stefano Russo, Camilla Mazzola
14.50/15.10	IL RESTAURO E LA RICOMPOSIZIONE DI DUE ALBUM DI DISEGNI DI ANTONIO BASOLI Giada Scarabelli, Andrea Del Bianco, Camilla Roversi Monaco, Carlotta Letizia Zanasi
15.10/15.30	Dibattito

15.30/15.50	“VORTICE E FIGURA” DI PAOLA LEVI MONTALCINI: INTERVENTO SU UN’OPERA POLIMATERICA CON SUPPORTI FOTOGRAFICI AFFETTI DA SINDROME ACETICA Micaela Storari, Fabiana Di Lorenzo, Barbara Cattaneo, Matteo Collina, Grazia De Cesare, Marcella Ioele, Natalia Macro, Angelo Raffaele Rubino, Mauro Torre
15.50/16.10	RESTAURO DE “IL SOGNO”, OPERA IN CERA NON VERNICIATA DI GIORGIO GIORDANI: INDAGINI SULLA TECNICA, RICERCHE E STUDI APPLICATI SULLA PULITURA E L’INCOLLAGGIO A FREDDO Elettra Ferrari Mazzanti, Davide Riggiardi, Lucia Vanghi
16.10/16.30	IL RESTAURO DI SEI CERE DERMATOLOGICHE DELL’OSPEDALE MAGGIORE DI MILANO. PROBLEMATICHE CONSERVATIVE E SCELTE OPERATIVE Elisa Bartolini, Laura Speranza
16.30/16.50	Dibattito e Coffee break
16.50/17.10	RESTAURO DEI REPERTI LIGNEI POLICROMI DEL CONTROSOFFITTO ROMANO RINVENUTO A ERCOLANO Elisabetta Canna, Maria Labriola, Annunziata Laino, Stefania Siano
17.10/17.30	I SANDALI PONTIFICALI DORATI DI CASTEL SANT’ELIA: LE INDAGINI SCIENTIFICHE PRELIMINARI. RIFLESSIONI IN MERITO A MATERIALI COSTITUTIVI E PROCEDIMENTI PER IL RESTAURO Anna Valeria Jervis, Marcella Ioele, Giulia Galotta, Maria Rita Giuliani, Claudio Falcucci, Natalia Macro
17.30/17.50	IL RESTAURO DI CINQUE PANNELLI CERIMONIALI IN LEGNO SCOLPITO E DIPINTO PER “LA CASA DEGLI UOMINI”, TAMBARAN, DELLA COLLEZIONE DEI MUSEI VATICANI S. Pandozy, B. Cavallucci, S. Cici, F. Nepote, A. Rocco, C. Rivière, U. Santamaria, F. Morresi, Claudia Aguzzi, F. Castro, F.R. Cibir, A. Pernella, M. Delle Rose, F. Fratini
17.50/18.10	Dibattito

VENERDÌ 11 OTTOBRE

	Problematiche di progettazione e intervento
	Chairperson: Augusto Giuffredi, Sara Di Gregorio
9.00/9.20	IL DIORAMA RAFFIGURANTE IL GIARDINO RINASCIMENTALE CONSERVATO ALLA VILLA MEDICEA DELLA PETRAIA. RESTAURO E RIFLESSIONI CRITICHE SULLA CONSERVAZIONE DI UN APPARATO EFFIMERO DEL 1931 Marco Mozzo, Francesca Coccolo, Valentina Tasso, Paolo Luciani, Stefania De Blasi, Rosanna Piervittori
9.20/9.40	IL RECUPERO DI UN DIPINTO MURALE ATTRIBUITO A GIUNTA PISANO Sara Penoni, Camilla Roversi Monaco, Cristiana Todaro
9.40/10.00	IL RESTAURO DEL MURALE DI KEITH HARING AD AMSTERDAM Antonio Rava, Will Shank, Maria Perla Colombini, Caterina Soliani
10.00/10.20	PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA SEMI AUTOMATICA BASATA SULL’ANALISI DELL’IMMAGINE DIGITALE FINALIZZATA ALLA CREAZIONE E LA GESTIONE DELLA DOCUMENTAZIONE GRAFICA NEI RESTAURI Annamaria Amura, Laura Baratin
10.20/10.40	Dibattito
10.40/10.50	**PRESENTAZIONE POSTER a cura di Camilla Mazzola
10.50/11.00	COFFEE BREAK
	Etica e sostenibilità nella conservazione del patrimonio culturale
	Chairperson: Carla Bertorello, Giorgio Bonsanti
11.00/11.20	SOSTENIBILITÀ E RESTAURO: ANALISI SPERIMENTALI SULLA MUCILLAGINE DI <i>OPUNTIA FICUS-INDICA</i> PER IL CONSOLIDAMENTO DEI DIPINTI Stefania D’Ottavio, Franca Persia, Daniele Mirabile Gattia, Barbara Lavorini, Maurizio Coladonato, Giovanna Cassese, Paola Carnazza
11.20/11.40	IL RESTAURO DEI CALCHI DELLA COLONNA TRAIANA, UN RESTAURO ECOSOSTENIBILE: LE SOLUZIONI ADOTTATE Maria Rita Ciardi, Guy Devreux, Ulderico Santamaria, Claudia Valeri, Carlotta Banchelli, Fabiano Ferrucci
11.40/12.00	UN RACCONTO INTERROTTO. PROPOSTA DI INTEGRAZIONE VIRTUALE DEL GRUPPO SCULTOREO DELLA MADONNA ODIGITRIA DI ISNELLO (PA) E FRUIZIONE IN REALTÀ AUMENTATA Angela Sottile, Milena Monti, Salvatore Sorce, Michele Sottile
12.00/12.20	Dibattito
12.20/13.30	PRESENTAZIONE POSTER TESI a cura di e PREMIAZIONE FONDAZIONE PAOLA DROGHETTI
13.30/14.30	LUNCH
	Diagnostica, ricerche e studi applicati
	Chairperson: Lorenzo Appolonia, Barbara Scala
14.30/14.50	LA RIMOZIONE DEI DEPOSITI SUPERFICIALI DEL GESSO MEDIANTE IDROGEL VISCOELASTICI DI ALCOL POLIVINILICO E BORACE Augusto Giuffredi, Andrea Del Bianco, Michele Di Foggia
14.50/15.10	AVORIO ARCHEOLOGICO: STUDIO PER IL CONSOLIDAMENTO CHIMICO E MECCANICO DI UNA PISSIDE DEI MUSEI VATICANI, MEDIANTE L’USO DEL DIAMMONIO FOSFATO M. Sannibale, U. Santamaria, Flavia Callori di Vignale, F. Morresi, F. Cibir, S. Bani, F. Francescangeli, C. M. Omodei Zorini, F. Fratini

15.10/15.30	LA FACCIATA DELLA BASILICA DI SANTA PUDENZIANA: SPERIMENTAZIONE DI CONSOLIDANTI E PROTETTIVI NANOSTRUTTURATI SU MATERIALI LAPIDEI NATURALI ED ARTIFICIALI NELL'AMBITO DEL PROGETTO EUROPEO NANOCATHEDRAL Michela Bassi, Laura Mangiapelo, Michela Botticelli, Lucia Conti, Luciana Festa, Carla Giovannone
15.30/15.50	Dibattito
15.50/16.10	***PRESENTAZIONE POSTER a cura di Guido Driussi
16.10/16.30	Coffee break
16.30/16.50	CONSERVAZIONE E ARTE CINEVISUALE: IL RESTAURO DI UN'OPERA FATTA DI LUCE E RITMO Maria Cristina Lanza, Maria Elisabetta Prunas, Paola Iazurlo
16.50/17.10	DUE ESEMPI DI USO DEL RILIEVO 3D PER STUDIARE LA COLLOCAZIONE PIÙ CORRETTA DI OPERE Maria Grazia Chilosi, Pietro Gasparri
17.10/17.30	METODI INNOVATIVI PER IL TRATTAMENTO SUPERFICIALE DI LEGHE E METALLI Sylvie Cheney, Marilena Anzani, Lorenzo Appolonia, Sara Goidanich, Alfiero Rabbolini
17.30/17.50	Dibattito
18.00 /19.30	ASSEMBLEA SOCI
20.00	CENA SOCIALE

SABATO 12 OTTOBRE

Diagnostica, ricerche e studi applicati	
Chaiperson: Paolo Bensi, Marco Bartolini	
9.00/9.20	SVILUPPO DI PROTOCOLLI MICRO-INVASIVI PER L'IDENTIFICAZIONE DEI LEGANTI PITTORICI MEDIANTE TECNICHE AVANZATE DI SPETTROMETRIA DI MASSA Cosima D. Calvano, Elena C.L. Rigante, Rosaria A. Picca, Tommaso R.I. Cataldi, Luigia Sabbatini
9.20/9.40	DANNI DA INCENDIO SU SUPERFICI DECORATE IN STUCCO: IL CASO DELLA SALA BIANCA DEL MUSEO NAZIONALE D'ARTE ORIENTALE "GIUSEPPE TUCCI" A PALAZZO BRANCACCIO. ANALISI DEI FENOMENI DI DEGRADO E SPERIMENTAZIONE DI TRATTAMENTI CONSOLIDANTI Crina Cerasella Lisacoschi, Carla Giovannone, Lucia Conti
9.40/10.00	IL RESTAURO DEI DIPINTI MURALI DELL'ORATORIO MARIANO DI SANTA PUDENZIANA (RM): PROPOSTA INNOVATIVA PER LA RIMOZIONE DEI SALI SOLUBILI Cecilia Angelini, Roberta Boscherini, Carla Giovannone
10.00/10.20	UTILIZZO DI BIOTECNOLOGIE PER LA CONSERVAZIONE DI DIPINTI MURALI E STUCCHI. IL BIOCONSOLIDAMENTO DELLE SUPERFICI DECORATE DELLA CAPPELLA DI S. PIETRO IN S. PUDENZIANA A ROMA Marco Bartolini, Carla Giovannone, Eleonora Panella
10.20/10.40	Dibattito e pausa caffè
Conservazione preventiva	
Chaiperson: Rolando Ramaccini, Giovanna Cassese	
10.40/11.00	LA CONSERVAZIONE DI SUPPORTI NON CONVENZIONALI: I NASTRI MAGNETICI E I DISCHI OTTICI. LA QUESTIONE DEGLI AUDIOVISIVI COME BENI STORICI E CULTURALI Isabella Otto
11.00/11.20	IL RESTAURO CONSERVATIVO DEI MANUFATTI IN PIUMA DELL'AMAZZONIA DEL MUSEO CIVICO ARCHEOLOGICO ETNOLOGICO DI MODENA Nausicaa Sangiorgi
11.20/11.40	Presentazione Associazione Bastioni
11.40/12.00	Dibattito / Chiusura Lavori

POSTER

GIOVEDÌ 10 OTTOBRE

11.20/11.30 *PRESENTAZIONE POSTER a cura di Marco Bartolini

Chiese rupestri e ipogei

CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE CAVITÀ SOTTERRANEE NELLE MARCHE

Enrica Petrucci, Diana Lapucci, Noemi Lapucci

RECUPERO E CONSERVAZIONE DEI TRAPPETI IPOGEI DEL SALENTO

Antonio Monte

Problematiche di progettazione e intervento

RESTAURO DI MANUFATTI ETNOGRAFICI: L'ESPERIENZA DI UN CANTIERE DIDATTICO. RIFLESSIONI SU PROBLEMATICHE ETNOLOGICHE E CONSERVATIVE

Anna Valeria Jervis, Roberta Bollati, Gaia Delpino, Antonella Di Giovanni, Giulia Galotta, Lucia Giorgi, Elisabeth Huber, Marcella Ioele

IL PROGETTO E IL RESTAURO DELLE TAVOLETTE DA SOFFITTO DEL MUSEO BERNAREGGI DI BERGAMO: DAL RICONOSCIMENTO STORICO CRITICO ALLA VERIFICA DEI MATERIALI INNOVATIVI PER L'INTERVENTO

Laura Paola Gnaccolini, Valentina Parodi, Elena Radavelli, Marco Nicola

MEMORIE DELLA GRANDE GUERRA: IL RESTAURO DEL MONUMENTO IN MURATURA E CEMENTO DEDICATO AI CADUTI DELLA BRIGATA EMILIA.

EX CIMITERO MILITARE DI KAMNO, TOLMINO, SLOVENIA.

Elisa Melchiorri, Alice Musarò, Laura Lenzi, Michele Di Foggia, Giacomo Bollini

SULLA DORATURA DI ALCUNI BRONZETTI NEL MUSEO GREGORIANO EGIZIO

Alessia Amenta, Alice Baltera, Flavia Callori, Fabio Morresi, Ulderico Santamaria

LEGA DI RAME: UN NUOVO SUPPORTO PER IL BUSTO DEL SETTIMIO SEVERO DEI MUSEI VATICANI; SPUNTI DI RIFLESSIONE OFFERTI DALL'OSSERVAZIONE DELLE SUPERFICI INTERNE

Flavia Callori, U. Santamaria, G. Cornini, M. Serlupi Crescenzi, C. Lega, F. Morresi, F. Castro, F. Francescangeli, C. M. Omodei Zorini, C. Serino

STORIA DI UNA SCULTURA ROMANA: IL RITRATTO DI POETA GRECO DEI MUSEI VATICANI

Carolina Vatteroni, Guy Devreux, Claudia Valeri

MUSEO ARCHEOLOGICO REGIONALE DI LIPARI LUIGI BERNABO' BREA I RESTAURI DEL CRATERE DI IPPOLITO E L'EVOLUZIONE DELLE METODOLOGIE D'INTERVENTO

Serena Bavastrelli, Rosalba Gambino, Fabrizia Capostagno, Maria Clara Martinelli, Rosario Vilardo

UNA "BOITE A MUSIQUE" FIRMATA EUGENE BORNAND

Giovanni Fasoli

VENERDÌ 11 OTTOBRE

10.40/10.50 **PRESENTAZIONE POSTER a cura di Camilla Mazzola

Problematiche di progettazione e intervento

**PARCO ARCHEOLOGICO DI MONTE JATO – SAN GIUSEPPE JATO (PA)
STACCO, RESTAURO E MUSEALIZZAZIONE DI UNA PITTURA PARIETALE DI PRIMO STILE
POMPEIANO**

Serena Bavastrelli, Rosalba Gambino, Martin Mohr

**I PALIOTTI IN SCAGLIOLA DEL CANTON TICINO. PROBLEMATICHE CONSERVATIVE E
TECNICHE D'INTERVENTO**

Greta Acquistapace, Alberto Felici, Giacinta Jean

IL RESTAURO DEI MANUFATTI TESSILI DEL MUSEO DIOCESANO DI TARANTO

Patrizia Labianca, Francesco Simone

**IL RESTAURO DELLA NATIVITA' DI LORENZO LOTTO DELLA PINACOTECA NAZIONALE DI
SIENA**

Cristina Gnoni Mavarelli, Mario Amedeo Lazzari, Curzio Merlo, Elena Pinzauti

**PALAZZO MALVINNI-MALVEZZI A MATERA: CONSOLIDAMENTO DEI DIPINTI SU CARTA E
TELA CON FUNORI**

Ignazio Oliveri, Maria Luisa De Toma

**IL RESTAURO DEI 'PAPIRI' TERREMOTATI: DALLE MACERIE ALLA RINASCITA (IN ATTESA
DELLA RIMUSEALIZZAZIONE)**

Paola Boffula Alimeni

IL RESTAURO DEI MOSAICI DEL SITO ARCHEOLOGICO DI S. ALOE (VV)

Fabrizio Sudano, Marianna Musella, Maria D'Andrea, Donatella Barca

IL MOSAICO BLU DI MAIS DI GENÇAY KASAPCI

Grazia De Cesare, Marcella Ioele, Francesca Valentini, Antonella Altieri, Marco Bartolini

**RIMOZIONE DI NASTRI AUTOADESIVI: DALLA CARATTERIZZAZIONE ALL'INTERVENTO DI
RESTAURO**

Giulia Germinario, Antonio Mirabile, David Chelazzi, Luigia Sabbatini

**IL RESTAURO DI UNA TESTA COLOSSALE DEI MUSEI CAPITOLINI.
STUDIO E VALORIZZAZIONE DI UN INUSUALE INTERVENTO PRECEDENTE: LO ZOLFO
COME MATERIALE DI ALLETTAMENTO DEI PERNI**

Antonella Basile, Valeria Bruschi, Chiara Di Marco

15.50/16.10 ***PRESENTAZIONE POSTER a cura di Guido Driussi

Diagnostica, ricerche e studi applicati

CONDIZIONI MICROCLIMATICHE, DEGRADO E IPOTESI DI INTERVENTO: IL CASO DELLA CHIESA DELLA NATIVITA' DI MARIA A POLPENAZZE (BS)

Rosita Zanchi

DIFETTI DI ADESIONE DELLA PELLICOLA PITTORICA NEI DIPINTI MURALI A SECCO: PROBLEMATICHE D'INTERVENTO, ANALISI DI MATERIALI E SPERIMENTAZIONE SU DUE CASI STUDIO

Francesca Azolini, Cristiano Riminesi, Sara Penoni

STUDI DIAGNOSTICI SUL CONTROSOFFITTO LIGNEO POLICROMO DEL SALONE DEI MARMI DELLA CASA DI TELEFO (ERCOLANO)

Domenico Camardo, Maria Perla Colombini, Ascanio D'Andrea, Alessandra De Vita, Gianna Giachi, Nicola Macchioni, Benedetto Pizzo, Elisa Pecoraro

LA CROCE DI CHIARAVALLE: DIAGNOSTICA E STUDIO MULTIDISCIPLINARE

Daniela Di Martino, Franco Blumer, Maya Musa, Fabio D'Amico, Lisa Greggio, Elisabetta Gagetti, Maria Pia Riccardi

LA REINTEGRAZIONE PLASTICA TRAMITE MODELLAZIONE E STAMPA 3D. IL CASO DEL RESTAURO DEL CRISTO CROCIFISSO LIGNEO PROVENIENTE DA AGUZZO, STRONCONE (TR)

Claudia Ranieri

SULL'UTILIZZO DELLE ANALISI DIAGNOSTICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE DI UN ANTICO LACERTO MUSIVO

Miranda Mostacci, Stefano Landi

MONITORAGGIO, MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE DEGLI APPARATI DECORATIVI DEL SEPOLCRETO DELLA VIA OSTIENSE A ROMA. NOTE TECNICHE PRELIMINARI

C. Giovannone, M. Marcelli, A.M. Marinelli, S.Pannuzi

INDAGINI DIAGNOSTICHE PROPEDEUTICHE AL RESTAURO DELLA SALA DEI VENTI DI PALAZZO DEI NORMANNI A PALERMO

Maria Francesca Alberghina, Bartolomeo Megna, Salvatore Schiavone, Pasquale Riggio

DOCUMENTARE GLI OGGETTI DI UNA MOSTRA: SCATTI FOTOGRAFICI E MODELLO 3D

Manuela Scavone

Conservazione preventiva

CONOSCERE PER CONSERVARE: GLI OGGETTI NEI MUSEI ARCHEOLOGICI DI METAPONTO E DI POLICORO

Astrid D'Eredità, Alex Serra, Alessandra Zampa

ANCORA SUL TRASPORTO DELLE OPERE: ESPERIENZE, RIFLESSIONI, RACCOMANDAZIONI

Giuseppina Fazio, Elisabetta Giani, Fabrizio Gattuso, Michele Martinelli

SCHEDARE IL MUSEO: IL PROTOCOLLO INFORMATIZZATO DI RACCOLTA PER INDIVIDUARE PRIORITÀ E ORIENTARE LE SCELTE

Francesca Mariani, Livia Gordini, Elisa Todisco

MONITORAGGIO DEI PARAMENTI LAPIDEI DEI PROSPETTI DEL CORTILE DI PALAZZO PITTI DI BARTOLOMEO AMMANNATI

Stefano Landi, Teresa Salvatici, Carlo Alberto Garzonio, Paola Ruggieri, Angela Pintore

Etica e sostenibilità nella conservazione del patrimonio culturale

PROGRAMMA DI SPERIMENTAZIONE PER UN RESTAURO BIOCOMPATIBILE

Stefania Pandozy, Catherine Rivière, Ulderico Santamaria, Fabio Morresi, Filippo Fratini, Stefania Bani, Francesca Romana Cibirin

**APPROCCIO AL RESTAURO DI UN’OPERA IN “FÒRMICA”: INDAGINI SCIENTIFICHE
APPLICATE ALLO STUDIO DI UN MATERIALE INDUSTRIALE**

Elena Zaccagnini, Grazia De Cesare, Natalia Macro, Marcella Ioele, Francesca Valentini

CHIESE RUPESTRI E IPOGEI

LA MANUTENZIONE DEL RESTAURATO IN AMBIENTI IPOGEI

Giovanna Martellotti

Restauratrice, CBC Conservazione Beni Culturali, Viale Manzoni 26, 00185, Roma,
06/70495282g.martellotti@cbccoop.it

Abstract

Si presentano quali esempi due restauri svolti dalla CBC, il primo sugli affreschi duecenteschi della Cripta della Cattedrale di Anagni (1991-1994), il secondo sui dipinti murali del IX secolo della Cripta del Peccato Originale, chiesa rupestre nella Gravina di Picciano presso Matera (2003-2004). Ad accomunare i due interventi, al di là delle caratteristiche ipogee dell'ambiente, è l'esser stati preceduti e accompagnati da indagini, studi e monitoraggi accurati, con la direzione o il sostegno dell'ISCR, e l'esser stati oggetto successivamente di diversi interventi di manutenzione (rispettivamente 5 e 2).

Si tratta dunque della manutenzione del restaurato, come attività tesa ad aumentare la durata nel tempo di un restauro, di cui valga la pena conservare gli esiti di valorizzazione del bene, controllandone e mantenendone l'efficienza. Attività indispensabile in ambienti che, malgrado i provvedimenti messi in atto, hanno condizioni ambientali limite. Dandosi per acquisito che in questi casi criteri di prudenza inducono a ricercare l'intervento minimo indispensabile, quale garanzia per non innescare nuovi meccanismi di degrado, occorre dire che la misura di questo minimo è quasi esclusivamente affidata al buon senso del restauratore e dipende in larga misura dalle sue esperienze pregresse, il che comporta un margine notevole di casualità. I controlli eseguiti danno interessanti indicazioni sulla tenuta dei consolidamenti, delle stuccature e delle integrazioni, nonché sulle differenze nei fattori di rischio tra i due ambienti in esame.

In ultimo si accenna all'areale fattibilità di una manutenzione, quale quella qui presentata, affidata agli esecutori dell'intervento che si vuole mantenere in efficienza, nell'attuale quadro normativo degli appalti di restauro.

Introduzione

Il restauro della Cripta di San Magno si è svolto in tre lotti di lavoro tra il 1991 e il 1994; diretto da Alessandro Bianchi dell'ICR faceva seguito ad una fase di studio e monitoraggio ambientale curato dal laboratorio di fisica fin dal 1987. La situazione degli affreschi era peggiorata in modo evidente a partire dagli anni 60-70 del novecento, con efflorescenze e sbiancamenti che impedivano la lettura del ciclo affrescato, in particolare nella zona settentrionale e nelle pareti interrate. L'umidità relativa raggiungeva il 100% nella stagione estiva, l'80% nella stagione invernale[1].



Figura 1. Cripta di Anagni, saggi di pulitura del 1988



Figura 2. Cripta di Anagni, la parete interrata durante la pulitura

Nel 1988 è stata chiusa la cisterna ottocentesca le cui perdite avevano causato il raffreddamento del masso calcarenitico su cui è costruita e parzialmente scavata la Cattedrale di Anagni. Con lo svuotamento naturale della cisterna tra il 1988 e il 1989 si sono recuperate le condizioni termoigrometriche originarie dell'ambiente semi

ipogeo, con valori tra il 65 e il 75% nel periodo invernale, tra il 75 e l'85% nel periodo estivo. La temperatura varia tra 14° e 20°C. Nel '91 si è considerato stabilizzato il dato termoigrometrico e fattibile il restauro, che a sua volta è stato monitorato per controllarne l'effetto di perturbazione dei dati ambientali.

Analogamente il restauro della Cripta del Peccato Originale, curato dalla CBC tra il 2003 e il 2004 con la direzione scientifica di Michele d'Elia, era stato preceduto da uno studio geologico dell'ENEA (1994), poi da un monitoraggio microclimatico, con misure del contenuto d'acqua e dei sali solubili dell'ingegner Ippolito Massari. Nel 2001 un primo studio della colonizzazione biologica è stato condotto da Giulia Caneva di Roma³ e dalla PANGEA. Nel 2003 la CBC ha avuto un primo incarico dalla Fondazione Zetema di Matera e ha collaborato con microbiologi e chimici dell'ISCR^[2] per mettere a punto sistemi di debiotizzazione ed eseguire saggi di consolidamento e di pulitura. Si è inoltre mappata la colonizzazione biologica che era notevolmente mutata rispetto al 2001, a causa di una estate estremamente calda e arida, utilizzando ovviamente la terminologia già adottata, basata sul colore dominante delle patine biologiche.

Prima dell'inizio del restauro (aprile 2004) l'ingegner Sante Lomurno, direttore dei lavori per la Fondazione, aveva provveduto a liberare dalla terra sia il calcare di Altamura della pavimentazione interna che il banco di calcarenite che sovrasta la cripta; questo in seguito è stato impermeabilizzato su progetto di Massari, secondo le modalità messe a punto per la Domus Aurea.



Figura 3. Foto aerea dell'area sovrastante la cripta di Matera, dopo l'impermeabilizzazione del banco di calcarenite



Figura 4. La parete in tufo e il cancello di accesso alla grotta

Alla fine dell'intervento di restauro su indicazione dell'ISCR è stata parzialmente chiusa con due quinte di tufo la parete nord che affaccia sulla gravina per mitigare le variazioni termoigrometriche dell'ambiente semiconfinato, troppo direttamente collegate alle variazioni esterne. È chiaro infatti che i due ambienti presi in esame hanno caratteristiche molto diverse: la Cripta di Anagni, solo parzialmente interrata, gode di una straordinaria inerzia termica; non risente in alcun modo delle variazioni giornaliere di umidità e temperatura, ma solo lentamente delle variazioni stagionali; la Grotta di Matera invece è ambiente ipogeo e al contempo semiconfinato, aperto verso Nord anche per il crollo di parte della roccia rivolta alla gravina; tende dunque rapidamente a mettersi in equilibrio con i valori esterni^[3].



Figura 5. La Cripta di San Magno dopo il restauro, con i corpi illuminanti

In ambedue i casi il restauro ha sortito effetti consistenti di valorizzazione e quindi di aumentata affluenza di visitatori; in entrambi i casi è stata curata l'illuminazione e si è concordato un afflusso controllato del pubblico: ad Anagni, su progetto dell'architetto Mazzoni, i corpi illuminanti fungono anche da dissuasori, attraverso cordoni che portano i cavi elettrici, rendendo agibile la sola navata centrale; le visite di non più di venticinque persone erano all'inizio solo guidate, ora sono anche libere, ma comunque ad orario prestabilito e con una illuminazione di 20 minuti. Nella cripta materana le visite sono attualmente gestite dalla Cooperativa Synchronosche accompagna i visitatori in numero massimo di venti, su appuntamento prenotato. Si accede da una scala in legno e si rimane seduti lungo il lato Ovest, mentre una tenda oscurante elimina l'illuminazione naturale; si assiste ad una audio guida ambientale della durata di 20 minuti per 6 visite giornaliere nel periodo estivo.



Figura 6. La grotta del Peccato Originale dopo il restauro, l'illuminazione durante una visita

Manutenzioni della Cripta di San Magno

Al restauro di Anagni hanno fatto seguito quattro interventi di controllo e manutenzione, finanziati e diretti dall'Istituto Centrale del Restauro: i primi due con cadenza triennale (1997 e 2000), i secondi ogni 4 anni (2004 e 2008). Nel 2004 si è eseguito un intervento conservativo un po' più completo sul bellissimo pavimento cosmatesco, rispetto al pronto intervento effettuato per l'inaugurazione della cripta dopo il restauro. Un quinto intervento infine è stato possibile solo nel 2015, finanziato faticosamente dal Museo della Cattedrale di Anagni.

La manutenzione consiste principalmente in una accurata spolveratura dell'intera superficie (circa 540 metri quadri di affresco) con pennellesse morbide con cui si eliminano: numerose ragnatele, un deposito consistente di polvere che attutisce tutti i contrasti di colore; i ricorrenti sbiancamenti nelle volte e nei sottarchi della zona settentrionale, che nelle analisi condotte durante il restauro si sono rivelati una cristallizzazione della gomma arabica utilizzata in modo abbondante e disomogeneo nel restauro del 1940 come ravvivante/protettivo del colore; le efflorescenze di nitrati, circoscritte alle aree pavimentali e alle zone inferiori della parete interrata. Si rimuovono poi le incrostazioni di solfati che si ripresentano in plaghe circoscritte in una campata della parete interrata (*Miracoli postumi di San Magno*); queste sono fortunatamente poco aderenti e si riesce a rimuoverle con pennelli di setola e a bisturi senza troppo stress. L'effetto estetico della spolveratura è impressionante, data l'intensità del lapislazzuli, del minio, delle ocre gialle e rosse della decorazione.

Si applica un po' di biocida alla base dell'abside destra, l'unico punto della cripta in cui si manifesta una persistente colonizzazione biologica. Il controllo della tenuta degli intonaci è sempre confortante, ad eccezione di qualche punto nelle colonne, il cui intonaco molto sottile tende a distaccarsi dalla struttura in pietra, e nel gradino perimetrale; si tratta per lo più di particelle nel 1940 sono state consolidate con colate di gesso.

Non presentano problemi le stuccature, eseguite con una malta (rapporto legante/inerte 1:3) di grassello di calce, polvere di marmo, sabbia di fiume, pozzolana a seconda degli intonaci in opera, e del trattamento di integrazione previsto [4].

E' invece evidente l'alterazione delle integrazioni, condotte con acquerelli Winsor & Newton, fenomeno tipico degli ambienti ipogei: ad un generale ma disomogeneo sbiadimento si accompagna la scomparsa del rosso di cadmio con effetti assai diversi a seconda dei colori con cui era miscelato nel ritocco. In particolare nel 2004 è stata condotta una revisione delle reintegrazioni più alterate e si sono svolti interessanti ragionamenti sul fatto che ogni restauratore raggiunge lo stesso tono con miscele, sovrapposizioni o giustapposizioni di colori diversi.

Il 30 giugno di quest'anno il Museo della Cattedrale di Anagni ha organizzato una mostra fotografica-didattica con il materiale fornito dall'ISCR; le Edizioni Artemide hanno curato la riedizione del volume "Il Restauro della Cripta di Anagni" curato da Alessandro Bianchi nel 2003. Il tutto è stato festeggiato e presentato nella Cattedrale in un incontro dal titolo "Un restauro d'argento".

Nell'occasione non ho mancato di sottolineare che se era possibile festeggiare il venticinquennale del "mirabile" restauro lo si doveva per l'appunto ai cinque interventi manutentivi intercorsi, che ne avevano mantenuto l'efficienza nel tempo, e spero quindi che si possa presto procedere ad una sesta manutenzione.

Rileggendo in questa occasione il testo dei fisici dell'Istituto [5], ho trovato la loro indicazione sul numero massimo di visitatori ammissibile, per un tempo massimo di venti minuti, senza causare crisi nell'equilibrio igrometrico: 9 persone contemporaneamente nel periodo estivo, 15 nel periodo invernale. È evidente che siamo molto al di sotto di quanto oggi avviene e che con ogni probabilità è proprio l'affluenza del pubblico a rendere necessari e auspicabili cicli manutentivi abbastanza ravvicinati. Se possiamo considerare in qualche modo accettabile il punto di equilibrio raggiunto tra esigenze della fruizione e della conservazione è solo perché le procedure dell'intervento manutentivo sono piuttosto blande e poco aggressive.

Un altro dei motivi per cui è stato ed è possibile intervenire ad Anagni è il fatto che la manutenzione utilizza un ponte mobile e una scala e può quindi avvenire senza interrompere la normale fruizione del monumento. E' infatti evidente che uno degli ostacoli principali di ogni intervento di manutenzione è il costo e l'invasività dei mezzi di avvicinamento [6].

La Grotta del Peccato Originale

Il dato è vero anche per la Cripta di Matera: qui l'irregolarità e i profondi solchi scavati dall'acqua nel piano di calpestio, corrispondente al banco di calcare di Altamura, rende assai complicato l'uso di strutture mobili, e d'altra parte le modalità della visita contrastano irrimediabilmente con il lavoro del manutentore, anche del più "trasparente".

In un primo intervento di controllo e di contenuta operatività, curato dalla CBC nel 2010, è stata costruita una sorta di piattaforma metallica che ci ha consentito l'uso di un nostro ponte mobile. Nel secondo invece, dovendo comunque interrompere le visite guidate, si è preferito far costruire un ponteggio fisso che consente il lavoro contemporaneo di più operatori e l'intervento è stato circoscritto al mese di novembre, in cui sono più basse le richieste di accesso dei visitatori [7].

Già nel 2010 si rilevava il ripresentarsi degli stessi fenomeni di degrado individuati prima del restauro, sia pure in forme più contenute e localizzate, nonché il persistere di un preoccupante livello di umidità in particolare nell'angolo Sud Ovest. Pertanto si è prospettata la necessità di un ulteriore momento di studio e verifica. La proposta di controllo e manutenzione (2014) si è concretizzata nel 2017: l'Università Roma3 ha svolto un nuovo studio sulle colonizzazioni biologiche, Annamaria Giovagnoli e Livia Gordini hanno approntato una Scheda Ambientale secondo il modello ISCR; contemporaneamente e per iniziativa autonoma il CNR-IBAM di Potenza ha curato un monitoraggio microclimatico all'interno e all'esterno della Cripta [8]. La messa dei dati raccolti, prima, durante e dopo tredici anni dal restauro, dovrebbero essere oggetto di una pubblicazione specifica e io mi limito a qualche ragionamento in relazione alle manutenzioni eseguite.

I due principali provvedimenti conservativi, ossia l'impermeabilizzazione del banco superiore e la parziale chiusura della parete nord, hanno effettivamente portato ad un decremento apprezzabile dell'umidità complessiva e ad un contenimento delle variazioni microclimatiche rispetto all'esterno. Tuttavia, se la temperatura si mantiene parecchio più stabile rispetto alle variazioni esterne, con oscillazioni giornaliere contenute, l'umidità relativa nelle diverse postazioni del monitoraggio varia significativamente (fino al 30% nel corso della giornata) con valori non particolarmente idonei alla conservazione di dipinti murali. Lo studio condotto dalla Caneva conferma il decremento della "disponibilità idrica", rilevando la ricolonizzazione da parte di organismi più xerotolleranti come cianobatteri e funghi rispetto alle patine verdi di cloroficee presenti nel 2001 e 2003.

I punti critici per maggiore presenza di acqua sono le aree pavimentali e gli angoli tra pareti e soffitto, ossia i punti di contatto fra i tre diversi banchi di pietra (dal basso: calcare di Altamura poco poroso, calcarenite di Gravina più o meno cementata e porosa, calcarenite di matrice marnosa più compatta). Inoltre l'intonaco nella parte destra della parete A (*Tentazione di Eva e Offerta ad Adamo del frutto proibito*), bagnato all'atto del

restauro, conserva tenori molto alti di umidità, confermati purtroppo anche da intense coloriture verdi all’interno delle stuccature del restauro.



Figura 7. *Tentazione di Eva*, stuccature alterate in verde per aggressione biologica. 2017 efflorescenze e concrezioni calcaree. 2017



Figura 8. *Madonna con Bambino* nell’abside centrale,

I due campioni di stuccatura analizzati hanno rivelato ife fungine, in parte inglobate in uno strato superficiale cristallino, che interpreto come ricarbonatazione; in effetti rimuovendo a bisturi la stuccatura, ad uno strato duro in superficie seguiva una massa interna più friabile. Penso che l’umidità sia purtroppo frutto di infiltrazioni che viaggiano nel banco calcarenitico intermedio, e che dunque poco si possa fare per bloccarle; questo strato di roccia presenta evidenti fenomeni carsici, sia precedenti alla decorazione pittorica (IX secolo), come la grottna alla base della parete A, che successivi, come la grande mancanza nella *Creazione di Adamo*.



Figura 9. La parete A dopo il restauro. Condotti carsici e mancanze dovute a fenomeni carsici

Nel restauro della grotta materana ci sembrava di essere state molto prudenti nella stuccatura e ancor più nella reintegrazione, proseguendo in quel “khomeinismo brandiano” di cui ci accusava scherzosamente Alessandro Bianchi relativamente alla Cripta di Anagni. Avevamo previsto un’eventuale estensione del ritocco, in presenza

di una sufficiente stabilizzazione dell'ambiente, e invece abbiamo rimosso alcune stuccature aggredite dai microrganismi. Peraltro già nel 2010 avevamo eliminato una stuccatura alla base del *Sant'Andrea* nell'abside nord, perché, irrigidita per ricarbonatazione superficiale, rischiava a nostro avviso di compromettere l'intonaco circostante.

Ora nell'esperienza pregressa della CBC, una delle operazioni che ci sembravano in genere positive e poco rischiose era proprio la stuccatura, purché si avesse l'accortezza di utilizzare impasti senza additivi sintetici, non eccessivamente ricchi di legante, con inerti privi di parti polverose. Ci confortavano anche diversi controlli eseguiti a distanza di tempo su monumenti all'aperto, in cui le sigillature di giunti o fessure avevano tenuto e la microstuccatura aveva svolto la sua funzione, sacrificandosi al posto della pietra senza innescare fenomeni di degrado: dove si vede che la manutenzione del restaurato è soprattutto una eccezionale lezione di umiltà.

Gli altri fenomeni di degrado che si ripresentano, sia pure in forme per ora più contenute rispetto al 2004, sono sottili veli bianchi e concrezioni calcaree. Gli sbiancamenti superficiali risultavano costituiti da calcite e in minore quantità da gesso [9]; nel corso del restauro i veli più sottili, o prima assottigliati meccanicamente, sono stati rimossi con resine scambiatrici cationiche (Descialbante 90 della Phase o Resina Base per lo stesso) il cui uso si ritiene poco proponibile nell'intervento manutentivo. Nel 2017, in collaborazione con Annamaria Giovagnoli e Alessandro Zanini, si sono eseguite prove di rimozione dei veli bianchi con pulitura laser (EOS 1000 LQS della El.En SpA) con esiti non particolarmente soddisfacenti; occorre poi sottolineare le difficoltà nel trasporto dell'attrezzatura e nel suo uso con il generatore di corrente.

Le incrostazioni calcaree nel 2004 si presentavano in alcuni punti con formazioni mammellonari e colorazione tendente all'arancio, simili a vere e proprie stalattiti; si ripresentano con plaghe bianche più o meno spesse, sempre negli stessi punti, in corrispondenza dei bordi delle lacune e dell'intonaco più eroso, localizzate principalmente nella parte sinistra della parete A (*Creazione della Luce e della Tenebra*) e nelle absidi della parete B. La loro rimozione con mini trapani Proxxone punte diverse (diamantate, abrasive, spazzole sintetiche, gommini) è comunque un intervento lungo e potenzialmente aggressivo, che non si ritiene reiterabile con cadenze troppo ravvicinate.

È poi chiaro che le colonizzazioni biologiche, sostanzialmente ininfluenti ad Anagni, sono qui tra i principali fattori di rischio; e quello che sembra più preoccupante è la presenza di specie endolitiche che si annidano in microfessure della pietra e ne provocano la scagliatura. I trattamenti condotti, sia nel restauro (in numero di tre) che nelle due manutenzioni, hanno ogni volta previsto l'applicazione del biocida Preventol R80[10] su tutte le superfici, dal piano pavimentale al soffitto e alla grotta di accesso.

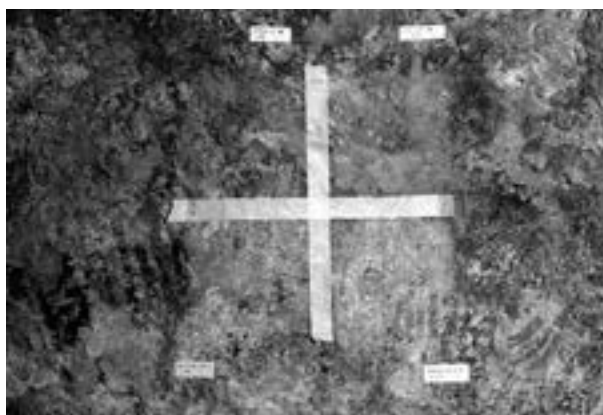


Figura 10. Saggi per la scelta del biocida, 2003



Figura 11. Applicazione di biocida per irrorazione, 2017

Nella manutenzione del 2017 si è trovata particolarmente difficoltosa la rimozione meccanica della biomassa, eseguita sempre a distanza di quindici giorni dall'applicazione, nella zona pavimentale, dove si rilevava uno strato bruno molto compatto. Buoni risultati hanno dato in questo caso le prove di pulitura laser (THUNDER COMPACT della El.En). È comunque evidente che per un contenimento efficace del rischio biologico occorre immaginare interventi di debiotizzazione più ravvicinati, e ancor più occorre lavorare sulla sperimentazione di materiali inibitori che rallentino le ricolonizzazioni.

Conclusioni

In ambedue i casi presentati, le manutenzioni sono state affidate direttamente all'impresa che aveva svolto il restauro, e mi sembra la scelta più saggia trattandosi degli unici restauratori davvero interessati a mantenere in efficienza gli esiti del proprio lavoro. L'affidamento, oggi possibile perché si tratta di enti ecclesiastici (Capitolo della Cattedrale) o privati (Fondazione Zetema di Matera) potrebbe risultare complesso per la Pubblica Amministrazione che tende a mettere a gara anche cifre molto al di sotto della soglia consentita.

Mi sembra di poter dire che il caso di Anagni è piuttosto singolare, in quanto si tratta di una manutenzione abbastanza “casalinga”, con costi e soprattutto aggressività molto contenuti. Ma la manutenzione del restaurato non è altrettanto semplice da programmare ed eseguire in ambienti complessi e fragili come le chiese rupestri del materano, perché mi sembra evidente che, se l'intervento manutentivo ha una carica di invasività troppo paragonabile al restauro, è lecito chiedersi quanto sia positivo e soprattutto reiterabile con cadenze ravvicinate. Un po' lo stesso che parlare di manutenzione per la rimozione meccanica del calcare dalle fontane di Roma, dove si tratta in realtà di restauri ravvicinati, e forse, in assenza di un sistema di rallentamento della deposizione che funzioni davvero, conviene abituarsi a vedere le fontane incrostate.

Oggi in tutti i progetti di restauro che servono di base alle gare, specie quelle all'offerta più vantaggiosa, si trova un corposo piano di manutenzione, come da normativa, che spesso ripete tutte le operazioni del restauro per riempire pagine e dà per scontata la fattibilità dell'intervento manutentivo, non contenendo inoltre quasi mai indicazioni ragionate sui mezzi di avvicinamento. Si è passati quindi dal non parlare mai di manutenzione al parlarne sempre, ma spesso a vanvera. Inoltre siccome le gare all'offerta più vantaggiosa le vince ormai chi la spara più grossa, i restauratori, tra le migliori proposte nell'offerta tecnica, sono costretti a prevedere mirabolanti attività di controllo, schedatura, mappatura e georeferenziazione dei punti critici, manutenzioni pluriennali, sperando che poi non si debbano fare sul serio. Mi piacerebbe che si aprisse un dibattito su quanto si riesce a fare davvero manutenzione del restaurato e mi piacerebbe anche che i tanti architetti e ingegneri, che progettano restauri specialistici, impiegassero un po' del loro tempo a progettare strutture di servizio e mezzi di avvicinamento che non abbiano costi esorbitanti rispetto al lavoro di controllo e manutenzione e che superino le strettoie della normativa sulla sicurezza. La CBC ad esempio insegue da tempo l'idea di spolverare e controllare lo stato degli affreschi della Cappella di San Brizio ad Orvieto, ma ogni proposta si infrange sull'impossibilità di utilizzare un ponte mobile per l'altezza delle pareti, ovvero sul fatto che un ponte fisso costerebbe almeno sei se non dieci volte il costo del lavoro.

NOTE

[1] I dipinti, il loro restauro e gli studi scientifici sono pubblicati in Bianchi 2003

[2] Tra il personale dell'ISCR, coinvolto dal Professor Michele D'Elia nel progetto materano, le microbiologhe Maria Pia Nugari e Anna Maria Petrini; per le indagini chimico-fisiche e le prove sui materiali Anna Maria Giovagnoli; per le provvidenze e le soluzioni architettoniche l'architetto Gisella Capponi ed Elisabetta Giani.

[3] Per la disamina del ciclo pittorico, datato entro la metà del IX secolo, e per le ipotesi sulla frequentazione nei secoli del sito e della grotta cfr. Bertelli 2018.

[4] Il Primo Maestro ha un intonaco con inerti calcarei e colore bianco caldo; sia il Secondo che il Terzo Maestro lavorano invece su intonaci pozzolanici di tono grigio. Nelle lacune che si prevedeva di lasciare ad “intonaco abraso” si è quindi imitata granulometria e tonalità delle malte circostanti.

[5] Cfr. Giorgio Accardo, Carlo Cacace, *Indagine microclimatica: diagnosi e monitoraggio*, in Bianchi, cit., p. 219.

[6] L'argomento è affrontato in Giovanna De Palma, Azzurra Sylos Labini, *Sperimentazioni circa la ricerca di mezzi per effettuare la manutenzione in modo speditivo ed economico*, in De Palma 2018, pp. 187-196. Vi si trova tra l'altro la calzante definizione di “cantiere trasparente” come caratteristica auspicabile per l'intervento manutentivo.

[7] Le manutenzioni, come l'intervento di restauro hanno visto la collaborazione delle restauratrici dell'OCRA s.n.c. di Matera.

[8] La scheda ambientale è stata sviluppata a partire dal 2002, come attuazione dell'*Atto di indirizzo sui criteri tecnico scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei*, Gazzetta Ufficiale 19 ottobre 2001. Contiene dati su illuminamento, radiazioni UV, Temperatura, Umidità Relativa, Biossido di carbonio e Particellato; è stata studiata per ottenere dati significativi con un impegno contenuto di tempi e costi. I dati del monitoraggio condotto dal CNR sono stati presentati dall'ingegner Nicola Masini nel convegno a cura di YOCOCU, tenutosi a Matera dal 22 al 26 maggio 2018.

[9] Vale forse la pena di segnalare che il gesso compare insieme alla calce come legante nell'arriccio/rinzaffo che colma le maggiori irregolarità della pietra. L'intonachino è costituito da calce e cariche inerti calcaree e quarzifere e risulta lavorato a pennello in superficie, probabilmente con calce e qualche granulo di ocre rosse e gialle ad ottenere il tono bianco caldo del fondo.

[10] Nel 2003 i saggi eseguiti e i test condotti dal Laboratorio di microbiologia dell'Istituto hanno riguardato il Rocima 110 (sale di ammonio quaternario + naftenato di stagno) della Acima; il Preventol R80 (benzalconio cloruro) della Bayer; l'Umonium 38 (benzalconio cloruro + alcoli) della Huckert's International. Il formulato prescelto, disciolto in acqua distillata al 2%, è stato applicato a pennello sulla superficie dipinta, a pennello e per nebulizzazione (lancia da irrorazione per l'agricoltura con ugello da 1,2 atmosfere) sulle calcareniti.

BIBLIOGRAFIA

1. Bianchi Alessandro (a cura di), *Il restauro della Cripta di Anagni*, Edizioni Artemide, Roma, 2003
2. Bertelli Gioia e Mignozzi Marcello (a cura di), *La grotta del Peccato Originale a Matera*, Editore Adda, Bari, 2013
3. De Palma Giovanna (a cura di), *I Templi di Paestum tra restauro e manutenzione*, Gangemi Editore, Roma, 2018

LA CRIPTA RITROVATA - DOMENICO GUIDOBONO E GLI AFFRESCHI NASCOSTI DELL'ABBAZIA DI CASANOVA

Pier Franco Nicola*

*Restauratore, T. Barletti, 2 10041 Carignano TO, piernicolarestauro@libero.it

Abstract

“La cripta ritrovata, Domenico Guidobono e gli affreschi nascosti dell'abbazia di Casanova” è il titolo della pubblicazione a cura della Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici del Piemonte e del Centro Studi Carmagnolesi edita nel 1998, prima del restauro, che documenta l'eccezionalità conservativa degli affreschi seicenteschi di un ambiente cimiteriale assimilabile ad un ipogeo.

L'eccezionale ed avventuroso ritrovamento è avvenuto nel 1995 a seguito delle ricerche avviate da Gianni Zunino e Mario Cordero dopo il rinvenimento, nell'archivio Capitolare della Cattedrale di Asti, di un inventario delle spese sostenute dall'Abate Innocenzo Migliavacca a Casanova, in cui sono descritti i lavori per la costruzione del “cimitero” semi-ipogeo per i monaci. Alla data del 30 giugno 1688 viene corrisposto al pittore Domenico Guidobono il saldo per le sue pitture. L'abbazia cistercense di S. Maria Assunta di Casanova, fondata nel 1150, durante l'amministrazione del Migliavacca fu arricchita di opere d'arte e subì grandi rimaneggiamenti barocchi, pur conservando la struttura architettonica originale. Il sepolcro dei monaci venne probabilmente sigillato nel 1792 quando l'abbazia divenne parrocchia. Nel testo citato gli scopritori sono concordi nell'esprimere il loro stupore per il meraviglioso stato di conservazione dei dipinti.

Il presente contributo prende in esame il progetto di restauro e l'intervento stesso, realizzato nel 1999, con tutte le problematiche legate al mantenimento delle condizioni microclimatiche che avevano permesso lo straordinario stato di conservazione dei dipinti. Le variabili, non progettate, introdotte a fine lavori, a parere di chi scrive stanno seriamente pregiudicando la conservazione dell'opera. Si vogliono qui portare alcune riflessioni circa le peculiari fragilità di questo patrimonio artistico che ha necessità di approfondimenti in grado di individuare e correggere gli errori fin qui commessi, di essere gestito da personale altamente qualificato e di usufruire di manutenzione e controlli continui. Perché la cripta ritrovata non sia nuovamente perduta, per sempre.

Il restauro del 1999.

A seguito del restauro della cappella di San Benedetto e degli stucchi del transetto sinistro all'interno dell'abbazia (affreschi e stucchi del XVII sec.) il parroco, Don Domenico Ferrero, di cui ci fa piacere ricordare il grande amore per la “sua” chiesa e per le opere d'arte ivi conservate, ci propose il restauro della cripta. Con la collega Tiziana Sandri [1] avviammo una ricerca su quanto reperibile in letteratura sull'argomento e sulle esperienze di amici restauratori [2].

Fu così redatto un progetto di restauro, usufruendo delle sole notizie ed immagini pubblicate sul libro sopracitato.

La cripta è un locale che fu ricavato ex novo sotto il pavimento del coro della chiesa abbaziale, l'accesso era ubicato all'esterno sulla parete di fondo della chiesa, dove la quota del terreno è nettamente inferiore al piano di calpestio interno della chiesa stessa. La raffigurazione pittorica sulla parete frontale all'accesso simula illusionisticamente una incorniciatura in stucco contenente un dipinto ad olio entro una cornice dorata.

L'apertura della cripta, alla presenza del Dott. Claudio Bertolotto, Funzionario della Soprintendenza, nel 1995, aveva comportato la rimozione dei soli mattoni necessari a consentire l'ingresso delle persone ma, dopo la realizzazione della documentazione fotografica, l'apertura era stata immediatamente risigillata, ben consci dei gravi danni a cui potevano andare incontro i dipinti al contatto con l'atmosfera esterna. Non si era quindi potuto esaminare lo stato conservativo delle cromie ed il progetto, di concerto con la Soprintendenza, lasciava aperte molte possibilità di intervento, con una serie di punti fermi a cui adempiere assolutamente. Le priorità individuate erano: 1) il microclima presente nella cripta aveva consentito uno straordinario stato conservativo dei dipinti, fondamentale quindi operare in modo che non fosse alterato, sia durante i lavori che, soprattutto, a restauro concluso; 2) nessun prodotto organico, naturale o di sintesi, sarebbe entrato nelle operazioni di restauro, in quanto facilmente degradabile e attaccabile da microrganismi; 3) si rendeva necessaria la costruzione di una camera climatica di coibentazione all'esterno, per limitare al massimo gli scambi termoisolometrici tra il microclima interno e l'atmosfera esterna durante i lavori. Per rendere visitabile il sito garantendo le condizioni di inalterabilità dei parametri termoisolometrici all'interno, l'Arch. Domenico Liotti, direttore dei lavori, progetta una bussola/teca in cristallo che permette ai fruitori di sentirsi “dentro il sepolcro” ma al tempo stesso di esserne completamente isolati.

L'allestimento di un'ampia camera di coibentazione viene realizzato con tubi innocenti sul quale è fissato un tavolato di assi da ponteggio (spessore 5 cm), tutta la struttura è poi ricoperta con un foglio di nylon (fot.1), il 24 febbraio la cripta viene parzialmente riaperta, si realizzano delle riprese fotografiche, si prende “contatto” con la

materia pittorica e vengono posizionati due termoigrometri, uno a tamburo ed un data logger (fot.4), quindi nuovamente richiusa con i mattoni e malta di calce. La cripta rimane completamente sigillata fino al 3 marzo consentendo di acquisire i primi fondamentali dati microclimatici che sarebbero serviti per i futuri confronti [3]. Alla riapertura si esaminano attentamente i dipinti, soprattutto nella loro tecnica esecutiva, appare chiaro fin da subito che la resa realistica di una pala d'altare ad olio inserita entro una incorniciatura in stucco difficilmente può essere raggiunta con la sola tecnica dell'affresco, molto probabilmente sono presenti rifiniture a secco come del resto farebbero pensare alcune alterazioni dovute quasi sicuramente all'uso di pigmenti non canonici nella tecnica ad affresco. Domenico Guidobono aiuta il fratello maggiore Bartolomeo negli affreschi della volta del presbiterio dell'abbazia, e qui usano abbondanti rifiniture con cinabro, specialmente sui visi, che oggi sono alterate con un pronunciato annerimento. Intanto si procede alla rimozione dei resti delle sepolture che, accumulatesi nel tempo, avevano alzato notevolmente il piano di calpestio, le ossa vengono disposte in casse di legno che saranno poi tumulate nella cripta degli abati, all'interno della chiesa, il lavoro è svolto, con l'assistenza dei restauratori, dall'impresa edile che coopera. Si auspica lo sterro totale delle sepolture ma al raggiungimento della quota della soglia della porta di ingresso viene sospesa l'operazione in quanto il terreno sembra relativamente libero da resti umani, in realtà un sondaggio effettuato dai restauratori mostra come per altri circa 70 cm. siano presenti le inumazioni. A fine marzo i primi dati microclimatici vengono trasmessi al Prof. Roberto Boddi, climatologo dell'OPD di Firenze, che consiglia di procedere allo scavo completo del locale per liberare le murature perimetrali e creare, per l'eventuale umidità di risalita, una superficie di evaporazione alla quota sottostante gli intonaci dipinti. In settembre il Prof. Roberto Boddi e la restauratrice Mariarosa Lanfranchi saranno nella cripta per un sopralluogo ufficiale. Viene raggiunto un compromesso consistente in un ulteriore scavo della larghezza di circa 15 cm per una profondità di circa 30cm, lungo il perimetro. I lavori procedono alternando le operazioni di consolidamento dei distacchi, delle esfoliazioni di lamelle di intonaco dipinto e le operazioni di pulitura [4]. Lo scavo e l'apertura, pur con le massime attenzioni, del locale probabilmente mettono in circolo una quantità abnorme di spore e dal 12 aprile si manifestano i primi attacchi fungini (le condizioni ideali di T e UR per la proliferazione fungina si verificano da fine marzo) [5]. Ripetuti trattamenti con biocidi non danno risultati soddisfacenti, dopo 15 giorni si ha un nuovo e più rigoglioso attacco fungino, dalle analisi biologiche le specie fungine rilevate sono tutte riconducibili ad *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. Il biocida ha probabilmente alterato l'equilibrio di convivenza tra i vari gruppi fungini nell'ecosistema-cripta oppure è diventato egli stesso substrato per la crescita. L'uso intensivo di biocidi può permettere di eliminare alcuni microrganismi ma al tempo stesso favorire lo sviluppo, spesso più pericoloso, di altre colonizzazioni di associazioni microbiche, come successo nella Tomba dei Rilievi Dipinti a Cerveteri [6]. Si sospendono i trattamenti anche perché in letteratura alcuni autori segnalano il rischio di un possibile indebolimento delle malte a base di calce dovuto al Benzalconio Cloruro, il principio attivo dei prodotti usati. Si opta per una disinfezione del terreno del piano di calpestio, degli intonaci non dipinti e del paramento murario a vista con *Benlate*, un fungicida ad ampio spettro d'azione usato in agricoltura [7]. L'intervento sembra avere successo, da questo momento gli attacchi fungini sono estremamente rarefatti, di lieve entità e localizzati sulle microfessurazioni degli intonaci dipinti ove, molto probabilmente, si annidano grandi riserve di spore (fot 6).

Vengono definite le modalità di integrazione materica delle lacune, articolata secondo tre finalità: 1) stuccatura in leggero sottolivello per le lacune non integrabili cromaticamente, comprendente una stuccatura dell'ampiezza dell'incorniciatura della scena della deposizione sul bordo inferiore, totalmente mancante, al fine di favorire la lettura dell'insieme, 2) stuccatura a livello delle piccole lacune che accoglieranno l'integrazione pittorica, 3) Stuccatura di continuità sulle pareti laterali e cordoli di contenimento per le lacune d'intonaco sulla controfacciata, i giunti del paramento murario a vista non vengono stuccati per favorire una maggiore estensione della superficie di evaporazione. Le prove realizzate con malte a base di grassello di calce stagionato non danno risultati apprezzabili in quanto a distanza di due settimane l'intonaco non accenna alla minima presa, sembra steso da pochi minuti, coerentemente con i dati microclimatici. Le malte di restauro sono quindi composte con calce idraulica Lafarge, sabbie silicee lavate e di diversa granulometria ed addizionate di pigmenti naturali stabili per la coloritura in pasta.



Figura 1. La camera di coibentazione allestita all'esterno dell'entrata alla cripta.



Figura 2. L'interno il 24 febbraio 1999.



Figura 3. La raccolta dei resti delle sepolture.



Figura 4. L'interno il 24 febbraio 1999 con i rilevatori.

L'integrazione pittorica viene realizzata con pigmenti naturali stabili (terre ed ossidi) dispersi in acqua di calce, su un frammento di intonaco errante proveniente dall'esterno della cripta vengono fatte delle stesure ad acquerello, il frammento viene poi posizionato all'interno del locale ipogeo, servirà come provino per verificare la conservazione nel tempo dei campioni ad acquerello nel microclima interno

Nei mesi a seguire sulle superfici interne si verificano diversi episodi di forte condensa che interessa in particolare le superfici delle stucature di restauro, in alcuni casi le goccioline danno luogo alla formazione di vere e proprie microstalattiti. L'analisi di queste concrezioni, effettuata dall'OPD di Firenze, ne definisce la composizione: Calcite (Ca CO_3) pura nella forma di Aragonite. L'acquisizione dei dati microclimatici, sia all'interno che all'esterno, proseguono fino a tutto gennaio del 2000. Purtroppo al momento sono disponibili solo i dati fino ad agosto 1999, cioè quelli a suo tempo stampati su supporto cartaceo. I report su supporto digitale non sono più leggibili in quanto di difficile reperibilità il software della casa produttrice (i data logger utilizzati erano della Testo). *In tutto il periodo monitorato le condizioni microclimatiche presentano un'umidità relativa altissima, mentre la temperatura interna è sostanzialmente poco legata alle variazioni stagionali esterne.* L'integrazione pittorica viene realizzata con pigmenti naturali stabili (terre ed ossidi) dispersi in acqua di calce, su un frammento di intonaco errante proveniente dall'esterno della cripta vengono fatte delle stesure ad acquerello, il frammento viene poi posizionato all'interno del locale ipogeo, servirà come provino per verificare la conservazione nel tempo dei campioni ad acquerello nel microclima interno



Figura 5. La parete dell'entrata il 3 marzo 1999.



Figura 6. L'attacco fungino localizzato sulle microfessure.



Figura 7. Episodio di condensa sulle stuccature di restauro.

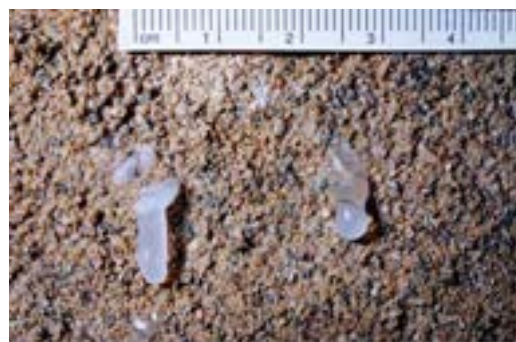


Figura 8. Concrezioni di Aragonite.

Le brevi note sul restauro danno conto delle minime operazioni svolte e della cura adottata, affinché il locale semi ipogeo conservasse le caratteristiche microclimatiche col quale era entrato in pieno equilibrio

Una nuova storia.

A fine 1999 i lavori sono praticamente conclusi, si deve ancora realizzare la sigillatura della teca e uniformare il piano di terriccio con ghiaietto. Sui cristalli della teca si verificano episodi di condensa che rendono difficoltosa la visione dell'apparato decorativo. A questo punto interviene il responsabile dell'impresa edile che, in modo assolutamente unilaterale, decide di "areare" la cripta per evitare il formarsi della condensa. Il 21 gennaio 2000 vengono realizzate due carotature, del diametro di circa 20 cm, nella muratura della parete dell'ingresso, una in basso ed una in alto "per favorire il ricambio d'aria" (!!)

Le rimostranze dei restauratori non sono prese in considerazione, la teca non viene più sigillata, ormai ha perso la sua funzione.

Con questo gesto viene vanificato tutto l'iter progettuale attentamente studiato, l'allestimento della camera di coibentazione durante i lavori ed anche l'impegno economico per la progettazione e realizzazione della teca.

Da questa data ha origine un degrado che nel giro di pochi anni rende illeggibili i dipinti murali e getta una luce sinistra sui restauratori che hanno operato. Molto probabilmente si sono verificati danni irreversibili, poiché l'ambiente, rimasto isolato e stabile per duecento anni, è venuto improvvisamente a contatto con repentine fluttuazioni dei valori microclimatici, dovute non solo alla "aerazione" ma anche alle continue aperture per le visite.

"Le condizioni della terra e dell'aria, la frequentazione umana ... degradano e distruggono progressivamente questo patrimonio mal difendibile. In analogia a quanto è stato saggiamente attuato per le grotte preistoriche dipinte in Francia s'impone la totale chiusura al pubblico dei sepolcri. Ogni ritardo in proposito sarebbe un delitto delle autorità responsabili contro quelle ricchezze d'arte del passato che esse sono tenute istituzionalmente a tutelare."

Questa è la pessimistica diagnosi con relativa drastica terapia che proponeva Massimo Pallottino nel 1986 per il complesso delle tombe dipinte di Tarquinia, ed in effetti in quegli anni non erano praticabili soluzioni migliori per garantirne la conservazione per le generazioni future. A seguito del grido d'allarme lanciato dal celebre archeologo la Soprintendenza dell'Etruria Meridionale aveva vietato l'accesso dei visitatori all'interno delle camere dipinte e, cercando di conciliare due esigenze incompatibili, ovvero conservazione e fruizione, aveva avviato una serie di studi e sperimentazioni con l'Istituto Centrale del Restauro e con il CNR per identificare le cause del degrado dei dipinti e cercare di mettere a punto degli interventi mirati alla conservazione in loco degli

affreschi e alla loro eventuale fruizione. Venne accertato che il deterioramento delle pitture era dovuto principalmente alle variazioni di temperatura e umidità che si verificano nelle camere nel momento in cui sono visitate. Le condizioni di equilibrio ambientale raggiunte nei secoli (temperatura, luce, umidità, concentrazione di anidride carbonica, riciclo d'aria con conseguente apporto di microrganismi dall'esterno) sono profondamente alterate dalla presenza umana.

Claudio Bettini, Direttore storico dell'arte presso la Soprintendenza Archeologica dell'Etruria Meridionale e conservatore della Necropoli dei Monterozzi, nel 1988-89 progettò la chiusura ermetica delle tombe e realizzò un prototipo di barriera trasparente all'ingresso. Aveva constatato e provato che la presenza umana all'interno delle camere non produceva un aumento dell'umidità, già di per sé prossimo alla saturazione, ma una sua riduzione, in quanto la quantità di vapore assorbito dagli indumenti era maggiore di quella emessa dalle persone stesse. L'ambiente riequilibrava le sue condizioni microclimatiche con una nuova immissione di vapore da parte delle pareti con conseguente trasporto di sali in superficie. Fu sperimentato un sistema protettivo realizzato con barriere di vetro, con integrati filamenti termici anti condensa, (porte termiche) poste all'ingresso delle camere e che ne permettono una buona visione dell'interno ed al tempo stesso la isolano in modo da mantenerne inalterate le condizioni microclimatiche. (!!) Venne anche testato in situ che la luce fredda rallentava lo sviluppo e la moltiplicazione batterio-fungina e furono sostituiti i corpi illuminanti (oggi, con lo sviluppo della tecnologia Led e dei sistemi fluorescenti a catodo freddo, sono state studiate lampade con particolare spettro di emissione di contrasto allo sviluppo microbiologico).

La prima porta-barriera autosbrinante fu installata con successo nel 1989 nella tomba dei Rilievi a Cerveteri, progettata dall'ing. Sandro Massa del CNR, e molte altre ne seguirono (ad oggi sono oltre 20 le tombe così attrezzate e fruibili), la stessa soluzione è stata adottata per la Tomba del Principe degli Apostoli nella Necropoli Vaticana.

Nella cripta di Casanova è stato fatto l'esatto contrario, ed in anni in cui era ormai disponibile una vasta documentazione, non solo, ma si sta ancora tergiversando sul da farsi mentre il degrado procede inarrestabile!

Molti fattori hanno contribuito alla situazione creata. In primis il relativo dimenticatoio in cui si è ritrovato il sepolcro, gestito da un'associazione di volontari che ne curava l'apertura e che al primo accenno di degrado in atto ha coinvolto figure quanto mai lontane dal mondo della conservazione, basti come esempio lo smantellamento della teca, che per quanto non ermetica limitava l'imponente impatto ambientale dell'apertura della porta, soprattutto nelle ore di tarda mattinata quando l'ingresso è esposto direttamente ai raggi solari, e l'installazione di un deumidificatore portatile all'interno, (ricordiamo che nella Domus Aurea è stato approntato un sistema di nebulizzazione da attivarsi in condizioni di eccessiva disidratazione delle strutture permettendo, con l'immissione di acqua o vapore, di riequilibrare il contenuto di acqua delle stesse). I restauratori non sono mai stati né informati né interpellati, probabilmente perché ritenuti da subito esecutori di un intervento disastroso.

Il confinamento e la stabilizzazione dei parametri microclimatici degli ambienti ipogei, o assimilabili, dovrebbe essere ormai patrimonio condiviso di ogni figura che opera nel settore.

Nel 2017 si è affrontato il caso cripta commissionando un nuovo progetto di restauro. Propedeutica alla stesura progettuale è stata una campagna di acquisizione dei dati microclimatici e dei materiali in opera. Dalle analisi chimiche, effettuate dal Dott. Marco Nicola, emerge la presenza di uno strato filmogeno, probabilmente Paraloid, il tampone di prelievo proviene dalla superficie del Compianto. Se tale esito fosse confermato sarebbe accertato che figure non autorizzate hanno messo mano agli affreschi con la stesura di materiali già considerati inapplicabili nel 1999.

A giudizio dello scrivente la totale mancanza di una figura professionale in grado di affrontare le problematiche presenti o di coinvolgere personale scientifico adeguatamente competente sulle peculiarità del sito, l'incapacità di mettere a punto una strategia di intervento, mirato alla manutenzione e conservazione future, ha seriamente inciso sulle vicende degli affreschi ritrovati.

Alla luce di quanto emerso dalla letteratura è evidente che per lo studio del microclima interno non basta apporre due data logger in modo casuale (e per di più posati sul pavimento): le dinamiche in atto in questi ambienti sono ben più complesse e necessitano di monitoraggi che prendano ad esempio in esame la temperatura superficiale dei dipinti, per determinare l'incidenza delle condizioni idonee all'instaurarsi di fenomeni di condensa (punto di rugiada) e la distribuzione delle temperature e dell'umidità dell'aria a diverse altezze, per determinarne i flussi. Allo stato attuale, con i fori aperti, lo studio dei movimenti quantitativi di aria di ricambio può essere determinante perché, come si è visto, non necessariamente i valori misurati devono subire grandi variazioni: sono sufficienti deboli fenomeni di riequilibrio per far sì che le superfici affrescate cedano vapore nell'ambiente, con conseguente deposito di cristallizzazioni sulle superfici. Laddove questo processo sia repentino l'acqua può iniziare l'evaporazione al di sotto della superficie attivando la formazione di cripto-efflorescenze dall'effetto dirompente sui materiali storici.

E' anche importante che gli Organi di Tutela affianchino in modo costruttivo i volontari che si fanno carico della fruizione di un Bene così particolare. Oltre ai controlli istituzionali sarebbe forse opportuno organizzare

iniziative capaci di condividere diffusamente le attenzioni di cui un Patrimonio così fragile ha necessità per essere tramandato alle generazioni future. L'esperienza, sul territorio italiano, di studio, tutela e salvaguardia del Patrimonio Ipogeo ha ormai una lunga tradizione di risultati positivi, occorre condividerla con chi ne ha, spesso del tutto inconsapevolmente, la gestione.

Si ringraziano gli architetti Valentina Bordin e Dario Cavallini, estensori del nuovo progetto di restauro, per aver contattato lo scrivente per informazioni e consulenza.



Figura 9. Particolare ripreso il giorno 24 febbraio 1999, prima del posizionamento dei rilevatori microclimatici.



Figura 10. Veduta della bussola-teca dall'interno della cripta. In alto a sinistra uno dei fori di "areazione".



Figura 11. Veduta d'insieme a conclusione dei lavori di restauro del 1999.



Figura 12. Situazione degli affreschi il 15 febbraio 2017.

NOTE

- 1 L'equipe di lavoro era formata da Tiziana Sandri, Alessandro Pagliero, Nelson Lozano ed il sottoscritto.
- 2 Le prime indicazioni sono state fornite dalla restauratrice della Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici del Piemonte, Daniela Fabaro, la quale era in contatto con gli esperti dell'ICR di Roma: proprio da loro venne l'indicazione della necessità di creare una camera di coibentazione all'esterno dell'ingresso alla cripta per limitare le variazioni termoigrometriche.
- 3 Nella giornata del 24 febbraio la T oscilla tra i 6,49 e 6,93°C mentre l'UR varia da 96,40 a 98,40%. La T esterna, con giornata soleggiata, passa da 5,31 a 14,21°C con UR stabile tra 37,20 e 37,40%.
- 4 Per i consolidamenti delle esfogliazioni viene usata la calce idraulica Lafarge, la pulitura degli intonaci non decorati e del paramento murario a vista viene effettuata con soluzione satura di carbonato d'ammonio, con specilli e spazzoline per la rimozione del terriccio penetrato in profondità nei giunti erosi tra i mattoni; sui dipinti leggere spugnature di acqua demineralizzata sono bastevoli per l'asportazione del leggero velo di particellato e degli "spruzzi di terriccio".
- 5 Nella tomba di Nefertari, in Egitto, si rilevò che nei tre giorni successivi all'apertura la carica microbiologica, ovvero il numero di batteri e funghi, era raddoppiata a causa della presenza delle persone che vi lavoravano. Arai, H., "On microorganism in the tomb of Nefertari", European Cultural Heritage, vol. 1, n.1, 1988.
- 6 Bettini, Agarossi, Ferrari, Monti. "Fenomeni di biodeterioramento in ambienti ipogei dipinti: esperienze sul controllo di alcune specie microbiche", in "Seconda conferenza internazionale sulle prove non distruttive", ICR-AIPnD, Perugia, 1988.
- 7 Il Benlate, prodotto dalla Du Pont, principio attivo il Benomyl della famiglia chimica delle Amine aromatiche, (Benzimidazolici) sarà revocato dal mercato il 06 11 2000 per l'elevata tossicità, riconosciuto mutageno e sospetto cancerogeno.

BIBLIOGRAFIA

- Adele Cecchini, *Le tombe dipinte di Tarquinia – Vicenda conservativa, restauri, tecnica di esecuzione*. Nardini Editore, 2012. In particolare i saggi: *Consegnare le tombe dipinte alle future generazioni: un obiettivo raggiunto?* di Maria Cataldi e *La tecnica di esecuzione e le moderne metodologie di conservazione e restauro*, di Adele Cecchini, Franco Adamo.
- Istituto Centrale per il Restauro, *Il Restauro della Cripta di Anagni* a cura di Alessandro Bianchi. Artemide Edizioni, 2003
- Cristina Carletti, Giorgio Raffellini, Fabio Sciarpi *Ambienti museali ipogei: problematiche conservative e monitoraggi ambientali* in Atti del Congresso AiCARR "Tecnologie impiantistiche per i musei" Roma 2005 (formato digitale, <http://hdl.handle.net/2158/12895>)
- Il restauro degli affreschi della Cripta di Coelimanna tra problemi, soluzioni, interventi e prospettive*. <http://www.comunedisupersano.gov.it/notizie/234-il-restauro-degli-affreschi-della-cripta-di-coelimanna>
- Centro Studi Carmagnolesi, SBASP. "La cripta ritrovata. Domenico Guidobono e gli affreschi nascosti dell'abbazia di Casanova" Scolastica Editrice, 1998
- Fabrizio Terenzio Gizzi – Edoardo Gerdali. *Geologia e microclima in ambienti ipogei: influenza sullo stato di conservazione degli affreschi. Il caso della cripta di Santa Vigilia (Savelletri di Fasano, Brindisi)* in "Puglia tra grotte e borghi" Atti del II Convegno Internazionale sulla Civiltà Rupestre, 2005 Fondazione Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo – Spoleto
- Giovanna De Palma, Maria Carolina Gaetani. *Tomba dell'Orco, Tarquinia*.
- Donatella Cavezzali. *Il Restauro della Sala delle Maschere nella DOMUS AUREA*. In "Il Restauro in Italia – Arte e tecnologia nell'attività dell'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro. Gangemi Editore
- Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Etruria Meridionale. *Le Tombe Dipinte della Necropoli di Tarquinia: Patrimonio unico da Tutelare*.
- Restauri curati da Maria Cataldi* in Soprintendenza Beni Archeologici Etruria Meridionale Sito Istituzionale> Soprintendenza> Attività >Grandi restauri> Le tombe di Tarquinia

-F. Bisconti e M. Braconi, a cura di. *Le catacombe di San Callisto – Storia, contesti, scavi, restauri, scoperte. A proposito del cubicolo di Orfeo e del Museo della Torretta*. Tau Editrice, 2015.

-S. Albero, C. Conti, M.L. Santarelli. *Domus Aurea: lo studio dell'ambiente per la conservazione delle superfici*. Sulle Pitture Murali, Riflessioni, Conoscenze, Interventi. Scienza e Beni Culturali XXI. 2005 Atti del Convegno di Studi, Bressanone

-Barbara Mazzei, *La conservazione delle pitture delle catacombe romane: antichi espedienti e recenti esperienze*. In: Klimastabilisierung und bauphysikalische Konzepte : Wege zur Nachhaltigkeit bei der Pflege des Weltkulturerbes = Climatic stabilization and building physics : sustainable approaches to safeguarding the World Cultural Heritage. ICOMOS, Nationalkomitee der Bundesrepublik Deutschland, 2005.

-Accardo, Cacace, Rinaldi. "Ipotesi fisiche per la conservazione di ambienti ipogei", in "manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione. Atti del convegno di studi" Bressanone 1986.

-Paolo Bensi, Mario Casaburo, Fabiola Di Sano, Mariateresa Savastano. "Problemi di conservazione e progetti di restauro di dipinti murali in ambienti scavati nella roccia in Campania e Molise" in Atti del VII Congresso Nazionale IGIIC, Napoli 2009

-Stella Cascioli, Barbara Mazzei, Maria Gigliola Patrizi. "Quando le nuove tecnologie apportano progressi: la revisione del restauro delle pitture murali dell'ipogeo degli Aureli" in Atti del IX Congresso Nazionale IGIIC, Cosenza, 2011.

-P. Angelini, R. Pagiotti, R. Cataldo, S. Siviero, G. Leucci, R. Venanzoni. "Principali cause del degrado nella cripta dell'Abbazia di Montecorona" in Atti del VI Congresso Nazionale IGIIC, Spoleto, 2008.

Agarossi G. "Biodeterioramento in ambienti ipogei: esperienze e considerazioni", in "Studi e ricerche sulla conservazione delle opere d'arte dedicati alla memoria di Marcello Paribeni", a cura di F. Guidobaldi, Roma, 1994.

Vanessa D'Agostini. "Condizioni microclimatiche e di qualità dell'aria negli ambienti museali" Tesi di Dottorato di Ricerca Interpolo in "Conservazione Integrata dei Beni Culturali ed Ambientali" 2005, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Aramini F. "Aspetti fotometrici ed illuminotecnici dell'intervento conservativo" in "Leonardo l'Ultima Cena. Indagini, ricerche, restauro". Roma: ICR e Nardini Editore 2007

Aramini F. "Illuminazione e microclima", in Materiali per l'aggiornamento nel restauro, ICR, Edizioni De Luca, Roma 1998.

F. Aramini "La Sala della Volta Dorata: illuminazione LED in ambiente ipogeo." – Luce&Design N° 5 – Settembre 2009 – Milano, Tecniche Nuove 2009

Luana Cenciaioli, a cura di. "L'ipogeo dei Volumni. 170 anni dalla scoperta" Atti del Convegno – Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Umbria. 2011 Fabrizio Fabbri Editore

MESSA IN SICUREZZA FINALIZZATA ALLA QUALITÀ DELLA FRUIZIONE DELL'OPERA – EDIFICIO IPOGEO CONTEMPORANEO SEC.XX

Donatella Lami*, Giovanni Bassoli, Mariavittoria Antonioli Piovano*****

*Restauratore, socio di Associazione Templi dell'Umanità, Via Baldissero 21, 10080, Vidracco (TO), 3488721681, cantaridediospero@gmail.com

**Restauratore, socio di Associazione Templi dell'Umanità, Via Baldissero 21, 10080, Vidracco (TO), 3299171902, bassoligiovanni70@gmail.com

***Collaboratore restauratore, socio di Associazione Templi dell'Umanità, Via Baldissero 21, 10080, Vidracco (TO), 3272821028, maviantonioli86@gmail.com

Abstract

Intervento di salvaguardia e manutenzione di un soffitto decorato a mosaico di vetro sec. XX.

Il caso presentato riguarda l'intervento eseguito all'interno di un edificio contemporaneo: "Templi dell'Umanità" situato in Piemonte. Architettura ipogea costruita all'interno di una montagna che si sviluppa sotto terra per circa 26 metri, in area boschiva. I materiali di costruzione sono di natura cementizia, gli intonaci sono a base calce e/o cemento con debite armature di ferro, all'interno dell'architettura sono presenti opere di diversa natura e tecnica: pitture murali, mosaici in pietra e in vetro applicati su pareti e su pavimenti; sculture; vetrate realizzate con tecnica tiffany; dorature eseguite a missione sia su sculture che su murature. L'edificio è costituito da sale e corridoi che occupano circa un'area di 1000 mq. La sala presa in esame ha una superficie di 110 mq. e un volume di 990 mc. Si tratta di un vano a forma di tronco di piramide sulla cui sommità si trova una cupola schiacciata. La sala si trova a circa 13,50 mt. sotto la superficie esterna [1].

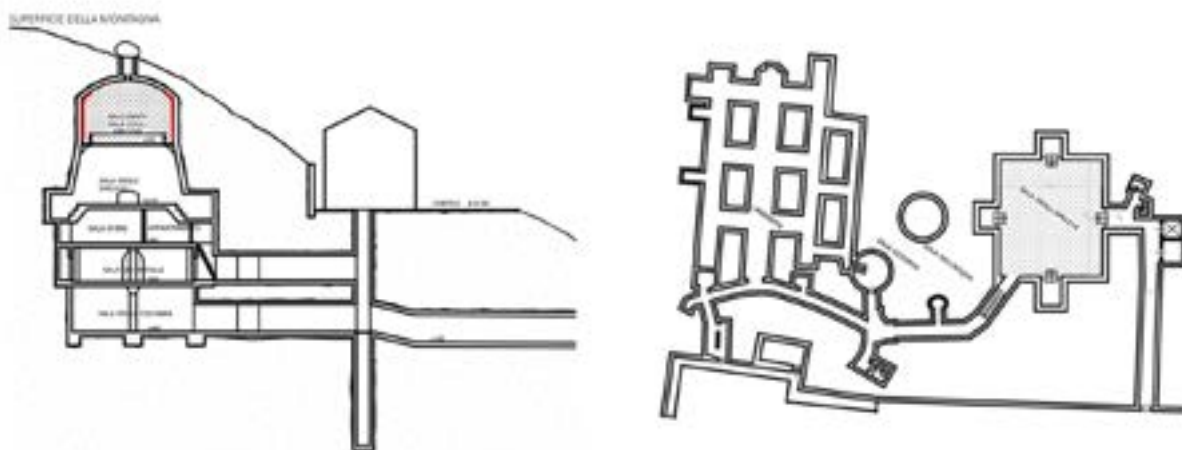


Figura 1. Rappresentazione grafica dell'edificio ipogeo, particolare dell'area di interesse.

I parametri di temperatura e umidità relativa oscillano tra circa 20-25°C e tra 60-85% di U.R. Il luogo è sottoposto ad ulteriori variazioni dei valori a causa della presenza di persone che stanziano nella sala.

Le pareti sono ricoperte di specchi fino a 10 mt. di altezza, dove si sviluppa una sorta di tamburo evidenziato da una balaustra lignea con camminamento in ferro. A questo livello, sulle pareti e sul soffitto, ai margini della cupola, è stata realizzata l'opera musiva in attenzione. La tecnica esecutiva prevede tessere in vetro assemblate direttamente nella pasta cementizia. Si sottopone all'attenzione del Congresso il tema del distacco delle tessere in vetro del mosaico, con alto rischio di caduta e scomposizione dell'opera musiva. L'intervento si è dato come obiettivo la risoluzione di due problematiche: la messa in sicurezza del mosaico rimanendo in situ e il mantenimento della leggibilità dell'opera.

La sperimentazione si è basata sulla garzatura tramite l'uso del tessuto *tulle sintetico*: cioè garza a giro inglese. Nell'armatura sopradetta alcuni fili (fili di giro), inseriti nelle maglie apposite, compiono movimenti sinuosi a cavallo di altri fili (fili dritti). Ne risulta un intreccio solido, resistente e duraturo, con fori ottagonali.

Per garzare le parti distaccate abbiamo usato adesivo Paraloid B72 disciolto al 20% in acetone.

La garzatura è stata eseguita in modo specifico sulle parti distaccate, nonché su tutte le pareti del tamburo a completa copertura delle superfici decorate. Da prime verifiche si evince che i due materiali si sono dimostrati compatibili e hanno garantito una buona trasparenza permettendo la lettura cromatico/riflettente tipica del

mosaico in pasta vetrosa. A distanza di 7 anni dall'intervento si presentano le seguenti conclusioni: il Paraloid ha una grossa capacità di stabilità all'interno di un edificio ipogeo con le caratteristiche citate all'inizio, mantenendo il suo potere adesivo e la trasparenza. Non si sono evidenziate né lacerazioni né alterazioni cromatiche del tessuto sintetico tulle. In questo modo un intervento, nato come messa in sicurezza, offre caratteristiche soddisfacenti di conservazione definitiva per un bene musivo.

Introduzione

La sala dove è situato il mosaico è stata costruita nel 1980, nel 1984 sono stati realizzati i mosaici in pasta vetrosa. La tecnica artistica, nel caso specifico, pur richiamando arti del passato, ha un sistema esecutivo molto semplice: tessere in vetro di diverse forme e dimensioni che arrivano ad un massimo di circa cmq.20 e 3mm. di spessore, applicate direttamente sull'intonaco della parete tramite una colla da piastrelle che è quasi sempre a base di gesso e additivi resinosi. Per agevolare l'adesione, l'artista ha graffiato un lato della tessera in vetro e graffiato/picchettato anche la superficie della muratura. Tecnicamente si osservano limiti di adesione, nonostante gli accorgimenti presi dagli artisti per superare l'ostacolo dell'incollaggio di superfici estremamente lisce.

La porzione di mosaico è collocata in alto sopra il camminamento simil-balaustra realizzato a circa 10 mt. d'altezza.

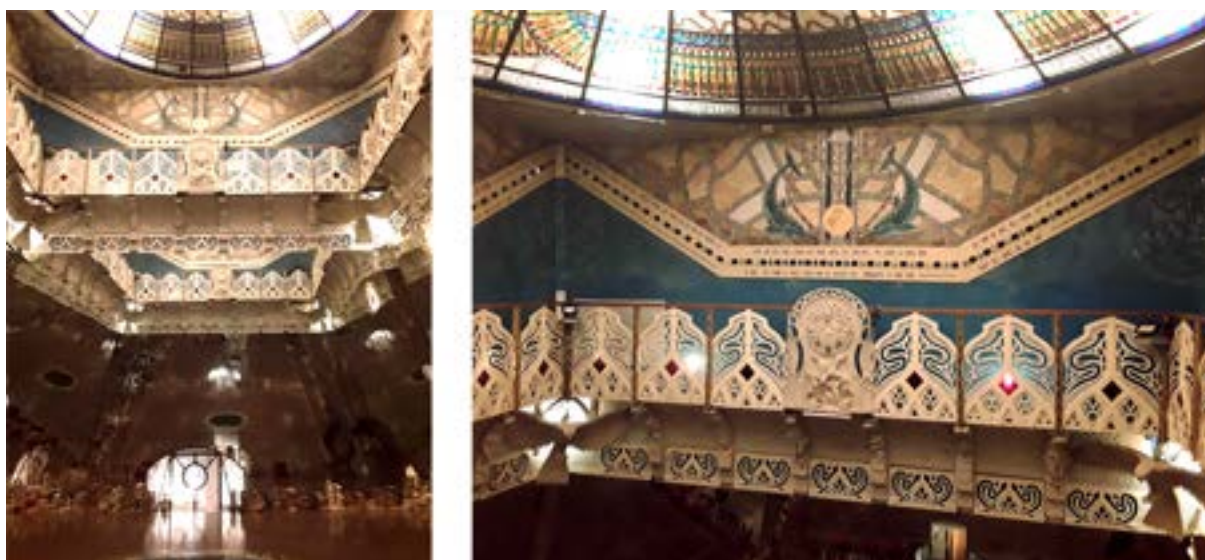


Fig 2. Foto della sala con particolare dell'area di camminamento simil-balaustra

Negli anni l'ambiente è stato frequentato da molte persone, sia per visite turistiche che per celebrare settimanalmente ricorrenze che presuppongono l'accensione di fuochi in bracieri e con candele al centro della sala stessa.

L'illuminazione è collocata all'interno dei vetri della semicupola: inizialmente era a neon, durante i nostri lavori i neon sono stati sostituiti con fibre LED [2]. Il luogo è illuminato artificialmente per almeno 8/10 ore al giorno. L'ambiente ha una ventola meccanica, situata al centro della semicupola, che crea l'uscita forzata dell'aria con conseguente movimento e ricambio.

I parametri termoigrometrici vengono monitorati, tramite DATA LOGGER, per tenere in attenzione il ciclo micro-climatico [3]. In un luogo ipogeo con le caratteristiche descritte nell'abstract, più che alla temperatura e all'umidità occorre portare attenzione al fenomeno di condensa, fattore che richiama depositi di polveri sulle superfici e formazione di agenti biodeteriogeni.

La problematica che si sottopone al Congresso è il distacco delle tessere dalla pasta adesiva con conseguenze di rischio di caduta a terra di materiali, danni alle persone, indebolimento della struttura nell'insieme, perdita della continuità del tessuto musivo e della leggibilità dell'opera.

L'intervento di conseguenza doveva rispondere a due problematiche: mettere in sicurezza l'opera; non precludere la possibilità di poter osservare il mosaico, garantendo la fruizione ai visitatori.

Le opzioni valutate per mettere in sicurezza l'opera sono state:

- (1) utilizzo di tecniche standard, senza preoccuparci della leggibilità, con messa in sicurezza tramite bendaggi (velatino - fibre aramidiche/fibre di vetro - carte giapponesi);
- (2) stacco della parte decoesa, previo bendaggio, ricollocazione su supporto adeguato, musealizzazione.

- In situ ricostruzione e integrazione pittorica della parte mancante imitando l'effetto estetico/cromatico;
 (3) ricerca di altri metodi di messa in sicurezza delle parti a rischio con conseguente armonizzazione della leggibilità dell'opera.

La scelta dell'opzione (3), con le specifiche fasi sperimentali, è risultata la più interessante e adeguata.

Si sono dovuti valutare due aspetti:

- ✓ la scelta del tessuto
- ✓ la scelta dell'adesivo, affinché in un'unica operazione fissasse le tessere e garantisse la leggibilità dell'immagine, resistendo al microclima ipogeo.

In generale, per l'operazione di messa in sicurezza, i tessuti e i materiali che vengono usati tendono ad opacizzare nel momento in cui l'adesivo si stabilizza, a causa dell'asciugatura o dell'evaporazione del solvente usato. Inoltre le carte giapponesi, il velatino, i tessuti poliammidici o le fibre di vetro/aramidiche, anche se applicate con adesivi particolarmente trasparenti, non arrivano a garantire una superficie con caratteristiche tali da poter leggere il tema raffigurato nell'opera.



Figura 3. Esempio di messa in sicurezza con carta giapponese: A) opera con applicata la protezione, riduce la percezione del colore; B) opera in assenza di protezione

Alcuni di questi materiali, pur avvicinandosi ad una migliore qualità riflettente (per esempio le fibre di vetro), hanno come inconveniente il carico che esercitano sulla porzione che viene bendata. Il peso elevato del tessuto, applicato sulla superficie musiva del caso che viene esposto, avrebbe aggravato la situazione di rischio. Prendendo in esame le fibre aramidiche, in uso sempre più diffuso nella messa in sicurezza delle opere lapidee, non solo non rispondono completamente alla richiesta di leggibilità, ma esercitano un carico sulla superficie di circa 200gm/mq. Pertanto sono state escluse a priori dalla ricerca.

Viceversa, la carta giapponese, pur avvicinandosi ad una maggiore leggibilità, non riesce a garantire stabilità nel sostegno del carico delle tessere poco coese [4,5].

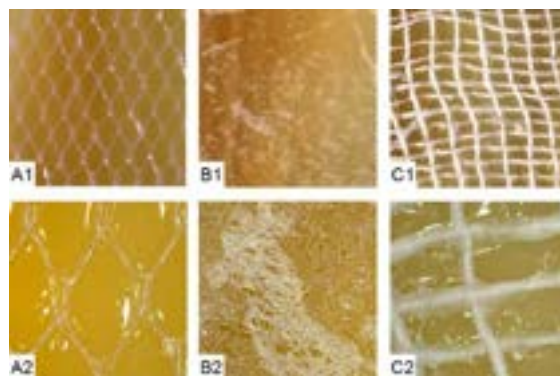


Figura 4. Immagini al microscopio Dino-Lite di prove di messa in sicurezza di tessera campione in vetro con Paraloid B72 diluito in acetone al 20%: A1) tulle a ingrandimento 1X; A2) tulle a ingrandimento 2X; B1) carta giapponese a ingrandimento 1X; B2) carta giapponese a ingrandimento 2X; C1) velatino a ingrandimento 1X; C2) velatino a ingrandimento 2X

La ricerca si è orientata verso un filato che avesse molte caratteristiche affini a tessuti già in uso nel restauro, e desse una buona risposta ai parametri di base per le valutazioni generali del degrado dei tessuti da:

- fattori inquinanti
- esposizione a polveri

- fattori meccanici
- esposizione alla luce
- parametri di temperatura e umidità relativa
- agenti biodeteriogeni

ma rispondeva anche a parametri di:

- leggerezza
- lieve elasticità
- raggiungimento e/o mantenimento della trasparenza
- tolleranza ai solventi: acetone o white spirit.

E' stato preso in esame il tessuto **“tulle” sintetico di colore bianco** (18gm/mq), preferendo questo a quello artificiale e naturale. La scelta è stata guidata dalla facilità di reperibilità e da una maggior garanzia di assenza di sostanze organiche nella creazione del filato. Occorre tenere presente che la struttura ipogea in esame favorisce molto gli agenti di degrado biodeteriogeno, che possono incidere e trasformare le caratteristiche di base del filato, indebolendo la garanzia della messa in sicurezza. Una minor presenza, o addirittura completa assenza, di sostanza organica nel filato si è considerata fattore di stabilità: il tulle sintetico è stato selezionato soprattutto per questo aspetto. Il tulle è definito garza a giro inglese a fori ottagonali, e, come si vede in fig.5, ha nella struttura del filato maglie che effettuano movimenti sinuosi a intreccio che ne determinano la caratteristica di solidità, durevolezza e resistenza.



Figura 5. Immagine al microscopio Dino-Lite - orditura del tulle ingrandimento 2X

La struttura quindi risponde anche ai parametri di elasticità e resistenza. A questo punto, solo una sperimentazione applicata avrebbe potuto dare risposte più soddisfacenti alla scelta del tessuto.

In merito alla scelta dell'adesivo è stato selezionato il Paraloid B72 (*copolimero di metacrilato ed etilmetacrilato 30:70*). Si tratta di un prodotto che è stato già utilizzato da almeno 25 anni all'interno dell'edificio ipogeo, sia per interventi di protezione che per i consolidamenti. Trattandosi di un edificio contemporaneo molto frequentato, si evidenzia che ha resistito bene al microclima, agli sbalzi termoigrometrici, al flusso di persone e ai fattori illuminanti, senza andare in degrado o alterazione.

Per una maggiore possibilità di azione sono stati testati due solventi: acetone e white spirit considerandoli i più adatti alla diluizione del Paraloid B72.

Ai fini dello studio era di interesse testare se il filato, sottoposto all'azione dei solventi e successivamente dell'adesivo preparato, non perdesse le sue caratteristiche chimico - fisiche [6].

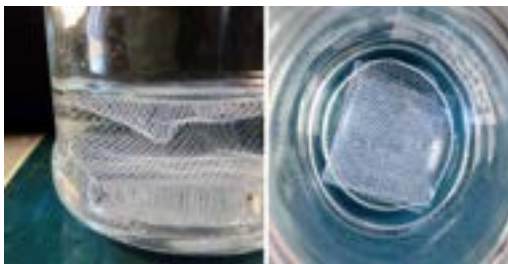


Figura 6. Immagine di un frammento di tulle immerso per 20gg. in white spirit e in acetone

La messa in sicurezza in questo caso non necessitava anche della fase di consolidamento o fissaggio superficiale, pertanto l'acetone è stato considerato il solvente più adatto. Occorreva però verificare se l'eccessiva volatilità non compromettesse la trasparenza richiesta all'adesivo.

Il tulle è stato quindi testato come prima prova, sulle tessere azzurre dei delfini, verificando anche la facilità di stesura e adesione alla superficie. La garzatura a tulle, effettuata con Paraloid B72 diluito al 20% in acetone, ad asciugatura completa, manteneva la leggibilità delle cromie delle tessere vitree. Non si sono evidenziate modifiche o alterazioni conservative del filato che resisteva all'adesivo.



Figura 7. Immagine del particolare del delfino eseguito con tecnica a mosaico con tessere vitree: A privo di messa in sicurezza; B con messa in sicurezza

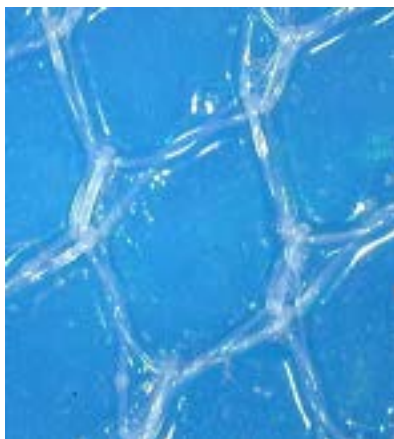


Figura 8. Particolare del tulle fatto aderire al vetro blu dei delfini con Paraloid B72 al 20% in acetone - ingrandimento 2X microscopio Dino-Lite

Si apprezzava molto anche la caratteristica di resistenza ed elasticità del tulle, che lo rendeva molto facile all'uso anche in luoghi e posizioni poco agevoli per l'operatore. Si prestava molto bene al taglio di bende che potevano arrivare ad una dimensione di circa 50x50cm. Leggero e facilmente trasportabile in aree di cantiere che, se ipogee, potrebbero rendere difficili accessi e approvvigionamenti di materiali.

A distanza di 7 anni si sono potuti verificare altri due elementi:

- reversibilità;
- stabilità alla luce artificiale.

Su un campione, abbiamo provato ad asportare il tulle sia con la procedura a secco che con leggere tamponature di cotone imbevuto di acetone. La rimozione a secco è molto facile, non richiede un'eccessiva forza, talvolta lascia sulla tessera del residuo di Paraloid B72 facilmente rimuovibile con tamponi di cotone imbevuti di acetone.

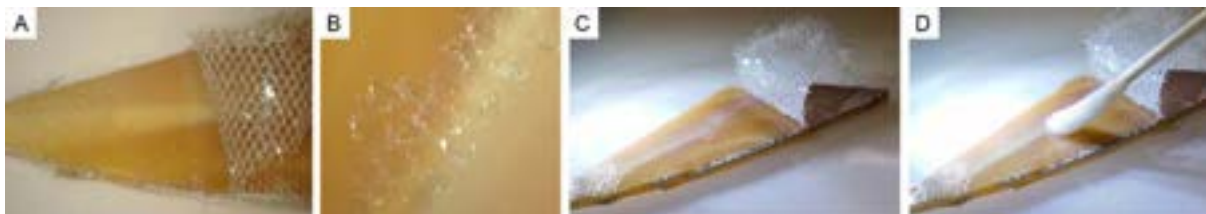


Figura 9. Test di verifica della reversibilità: A rimozione a secco del tulle su tessera campione; B residui di Paraloid B72 sulla tessera vitrea; C asportazione del bendaggio; D rimozione con tampone imbevuto di acetone dei residui dell'adesivo

Il Paraloid B72 in quanto polimero acrilico tenderebbe ad ingiallire e a perdere le sue proprietà meccaniche, manifestando crepature nel film superficiale. Tale fenomeno di degrado si verifica soprattutto in seguito ad esposizione prolungata alla radiazione solare: sappiamo anche che la componente UV innesca reazioni di scissione radicalica che portano sia alla formazione di frammenti a catena più corta, sia a reticolazione.

Non si sono ancora approfondite le relazioni fra l'attuale illuminazione della sala e la resina, ad una osservazione macroscopica non si sono evidenziate particolari alterazioni.

Inoltre si è potuto verificare che il tulle è rimasto coeso e aderente alla tessera, tanto da permettere di effettuare nel corso degli anni anche delle operazioni di manutenzione indirizzate a rimozioni di depositi di particelle di polveri superficiali. Tramite tamponi di cotone immersi in soluzioni acquose con presenza di benzalconio cloruro al 2%, si sono effettuate agilmente puliture delle superfici garzate, mantenendo lo stato di buona conservazione dell'opera musiva.

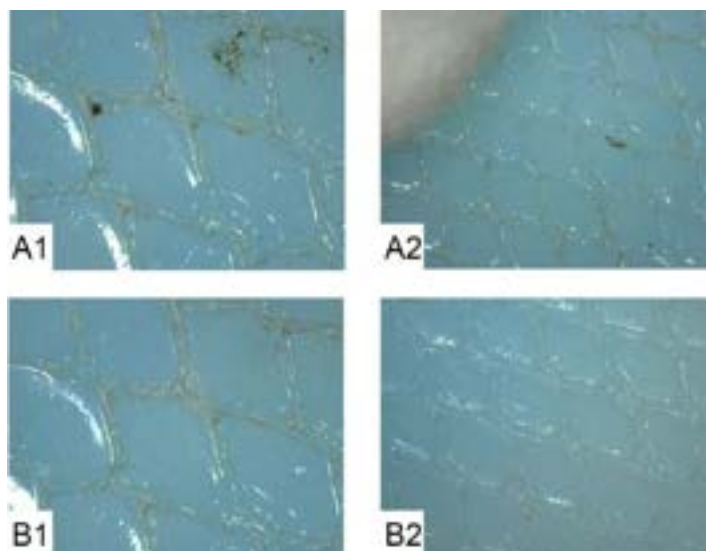


Figura 10. Pulitura con tamponi dei depositi di particelle: A1 ingrandimento 2X prima dell'intervento; A2 ingrandimento 1X prima dell'intervento; B1 ingrandimento 2X dopo l'intervento; B2 ingrandimento 1X dopo l'intervento

Conclusioni

La sperimentazione e lo studio curato per questo intervento sono nati sette anni fa su richiesta della committenza, per garantire la fruizione di un'opera contemporanea ipogea che, nella sua particolarità, richiama cattedrali del passato, caratterizzate dalla convivenza di differenti espressioni e tecniche artistiche. La richiesta iniziale in questi anni è stata soddisfatta, tanto che molte persone, sia in visita che proprietarie del bene, talvolta si sono dimenticate della presenza del bendaggio.

Dal punto di vista della sicurezza, nei monitoraggi eseguiti semestralmente non si è evidenziato nessun distacco ulteriore o aggravamento degli strati più precari. La manutenzione è stata effettuata agevolmente, con un ritmo annuale.

Consapevoli della particolarità del caso, e dei limiti scientifici, dovuti alla mancanza di supporti specializzati, immaginiamo che questo studio applicativo possa suscitare l'interesse di un Congresso dedicato anche alle

problematiche ipogee. Il limite dalla presenza di un bendaggio fisso diventa un vantaggio, sia per la minor necessità di intervenire sull'opera, quasi rispondendo a requisiti di "intervento minimo", che per una riduzione dell'impatto di materiali e prodotti di scarto verso un equilibrio eco-compatibile delle operazioni di conservazione.

Questo lavoro è stato curato da persone che amano lo studio e la conservazione di un'opera che desiderano lasciare alla storia futura.

Se il tema dovesse risultare stimolante, sarebbe da approfondire in ambienti organizzati che possano entrare maggiormente nelle analisi dei dati ed anche fornire strumenti di indagine professionali al fine di mettere in relazione le ipotesi tramite strumentazioni diverse. Al momento speriamo di aver incuriosito il Congresso e la popolazione di restauratori e ricercatori.

Ringraziamenti

Si ringraziano le persone che con dedizione hanno voluto approfondire lo studio, e tutti coloro che negli ultimi trent'anni hanno desiderato creare un bene artistico unendo filosofia, arte e tecnica per lasciare messaggi emozionali a chiunque ne sentirà il bisogno. Ringraziamo inoltre questa occasione per aver permesso una rielaborazione metodologica e parzialmente analitica del percorso fatto.

NOTE

[1] Dati presi da lavoro di Tesi accademico: Podda Stefania, Tesi di Laurea "Ampliamento ipogeo del Tempio dell'Uomo", Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, A.A. 2001/2002

[2] Luce priva di componenti IR e UV (alta efficienza: nessuna parte dell'energia trasformata in luce è al di fuori dello spettro del visibile; minor calore generato nell'ambiente rispetto ad altre tecnologie per l'illuminazione.)

[3] La registrazione dei dati è avvenuta tramite un dispositivo in grado di misurare e registrare nella propria memoria, a frequenze stabilite, i valori di temperatura, umidità ambientale e punto di rugiada, detto *datalogger*. Il *datalogger* utilizzato per il monitoraggio è: *DATA LOGGER CTS – EL-USB-2-LCD*. Durante il periodo di rilevamento, la temperatura non supera i 23°C, l'umidità relativa varia dal 60% al 90% e il punto di rugiada supera i 25°C.

[4] Con l'assistenza della Dott.ssa Gianninoni Maria Pia, laureata in scienze biologiche, sono state preparate delle tessere campione in vetro per verificare il comportamento di due materiali standard per bendaggi con adesivo, affiancati al comportamento del tulle.

Sono stati messi in relazione i bendaggi con tulle - carta giapponese – velatino di cotone. Le prove consistevano nel far aderire i tessuti con Paraloid B72 diluito al 20% in acetone. L'obiettivo era verificare la fase di asciugatura e relativo recupero di leggibilità.

[5] L'osservazione dei campioni in esame è stata effettuata con l'apparecchiatura DINO LITE USER MANUAL CTS – *digital microscope* ad ingrandimenti diversi : 1X e 2X. Successivamente sono state selezionate le immagini acquisite più adatte.

[6] Con l'assistenza della Dott.ssa Gianninoni Maria Pia, laureata in scienze biologiche, i frammenti di tulle sono stati immersi in acetone e in white spirit per 20gg.

I frammenti sono stati prelevati dai solventi e osservati sia a luce visibile che al microscopio senza notare modifiche del filato.

BIBLIOGRAFIA

1. Podda Stefania, Tesi di Laurea "Ampliamento ipogeo del Tempio dell'Uomo", Politecnico di Torino Facoltà di Architettura A.A.2001/2002.
2. Fedato Debora, "Studio del comportamento fisico dei tessuti." *Scienze chimiche per la conservazione e restauro Facoltà di Venezia AA.2012-2013*.
3. Manfredi Alessia - Giulia Machetti- Antonella Piscitelli, "Resine Acriliche per i Beni Culturali" *Laurea Magistrale in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali – Facoltà di Torino A.A.2009-2010*.
4. Borgioli Leonardo – Cremonesi Paolo, "Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome" *Collana I Talenti – Casa Editrice IL PRATO*.
5. Esperide Ananas e Airaudi Oberto, "Damanhur I Templi dell'Umanità" Casa Editrice ValRa, Baldissero Canavese 2006.

RESTAURO DELLE SUPERFICI E CONDIZIONI AMBIENTALI: L’INTERVENTO DELL’ISCR NEL SACELLO DI S. ASPRENO A NAPOLI

Francesca Romana Liserre* (coordinatore), Carlo Cacace, Barbara Provinciali***, Bruno Mazzone******

*Funzionario architetto, Mibac, IsCR, Roma, francescaromana.liserre@beniculturali.it

** Funzionario restauratore conservatore, Mibac, IsCR, Roma, carlo.cacace@beniculturali.it

*** Funzionario restauratore, Mibac, IsCR-Galleria Borghese, Roma, barbara.provinciali@beniculturali.it

****Funzionario architetto, Mibac, IsCR, Roma, bruno.mazzone@beniculturali.it

Abstract

Dal 2014 al 2016 l’Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro ha curato uno studio di fattibilità per il restauro degli affreschi altomedievali di S. Aspreno a Napoli [1]. Le indagini effettuate hanno permesso di chiarire i motivi per cui l’apparato pittorico si trova in condizioni conservative estremamente critiche e il saggio di restauro ha consentito di mettere a punto una metodica di intervento la cui efficacia viene testata periodicamente.

Introduzione

Il sacello di S. Aspreno al Porto è un ambiente ipogeo inglobato nel piano interrato dell’edificio della Camera di Commercio di Napoli. Di semplice impianto rettangolare (circa 3,30 m per 7,60 m), l’accesso avviene tramite una scala che scende dalla chiesa superiore, al livello stradale. Sul lato lungo opposto all’ingresso, un recinto definisce la zona dell’altare. La volta a botte a sesto ribassato riporta le tracce di un’incannucciata e, come le pareti, conserva porzioni di un pregevole apparato pittorico riferibile all’alto medioevo.

Nel 2013 l’allora Soprintendenza Speciale per il P.S.A.E. e per il Polo Museale della città di Napoli ha favorito un accordo tra la Camera di Commercio, responsabile del bene, e l’Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro per la redazione di uno studio approfondito in merito alle gravi condizioni conservative dell’importante ciclo decorativo.

Il sopralluogo svolto dall’Istituto ha consentito di cogliere immediatamente lo stretto legame tra le problematiche alterative a carico dell’apparato pittorico e le condizioni ambientali, caratterizzate da valori altissimi di umidità. Si è valutata, quindi, l’assoluta necessità che il progetto di restauro fosse preceduto da uno studio di fattibilità che consentisse di approfondire quanto più possibile la conoscenza e la comprensione dei processi in atto: in un contesto ambientale così ‘ostile’ sarebbe, infatti, risultato inutile, se non addirittura dannoso, operare sulle superfici senza essere in grado di controllare le dinamiche del contesto ambientale che su quelle superfici esprimono i propri effetti. Con questo spirito il 1° aprile del 2014 l’Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro e la Camera di Commercio di Napoli hanno sottoscritto una convenzione finalizzata a condurre uno Studio di fattibilità per il restauro che perseguiva principalmente due obiettivi: individuare le cause dei fenomeni alterativi (per consentire di agire a monte su di esse) ed eseguire un saggio di restauro. Quest’ultimo mirava a molteplici scopi: chiarire con quale tempistica, a condizioni ambientali invariate, le superfici subissero l’effetto dei fenomeni di degrado; acquisire conoscenze maggiori sull’opera (tecnica pittorica, pigmenti utilizzati, ecc.); mettere a punto un protocollo d’intervento completamente “inorganico”; verificare le modalità più efficaci d’intervento per far fronte alle varie problematiche alterative in condizioni così insidiose.

Al momento della prima ricognizione completa dell’ambiente i fenomeni di degrado più diffusi consistevano in ampie lacune nel tessuto figurativo, distacchi più o meno profondi con serio rischio di perdita, diffusi depositi superficiali di solfati con la consistenza di una crosta compatta. Risultavano invece assenti le colonizzazioni biologiche. In base a varie testimonianze orali, le condizioni del sacello hanno visto una progressione esponenziale negli ultimi decenni, percepibile per la progressiva perdita di tessuto figurativo.

La prima operazione condotta dopo aver sottoscritto la convenzione è stata eseguire un rilievo con laser scanner 3D con una mappatura fotografica totale ad alta definizione delle superfici che consentisse di percepire con chiarezza l’esatta distribuzione dei fenomeni alterativi in modo da disporre di un utile elemento per chiarire l’origine dell’umidità. È stato, poi, avviato un monitoraggio del Radon e dei valori termoigrometrici per un anno (figura 5) in modo da poterne valutare l’andamento in tutte le stagioni e la relazione con le condizioni climatiche esterne.

Contemporaneamente sono state effettuate le misurazioni del contenuto d’acqua e dei sali nelle murature ed è stata avviata una ricognizione completa dei documenti d’archivio relativi alla costruzione dell’edificio della Camera di Commercio.

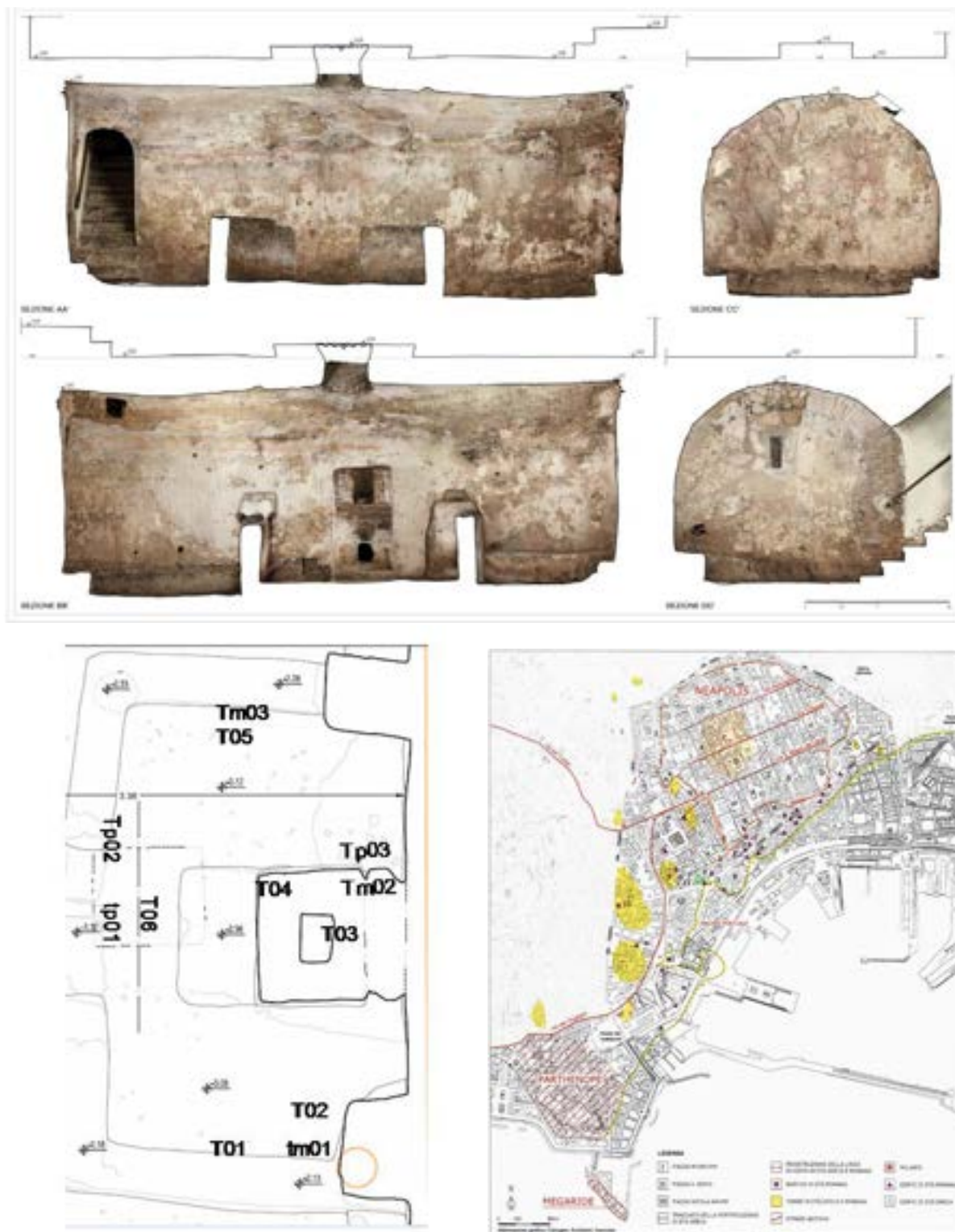


Figure 1-5. Napoli, sacello di S. Aspreno. Sezioni e pianta con il posizionamento dei sensori per il rilevamento microclimatico. T01-T06: sensori di rilevamento della temperatura e della umidità relativa nell'aria; Tm 01-Tm02, Tp01-Tp03: sensori di rilevamento della temperatura sulla superficie delle murature.

Figura 6. Il paesaggio costiero di Napoli in età greco-romana (D. Giampaola (a cura di), *Napoli, la città e il mare*, Electa, Milano 2010, p. 19). In verde l'edificio della Camera di Commercio.

Il rilevamento microclimatico (C. Cacace**)

Dal rilevamento microclimatico è emerso che la temperatura superficiale delle pareti è solitamente minore di quella di condensazione (cfr. figura 7, curva colore nero) con eccezione nel periodo dicembre – marzo, il che significa che nei mesi restanti sulla muratura si deposita un velo d'acqua costituito dal vapore ambientale. L'umidità relativa, inoltre, risulta in saturazione a partire dalla primavera fino all'autunno (cfr. figura 7).

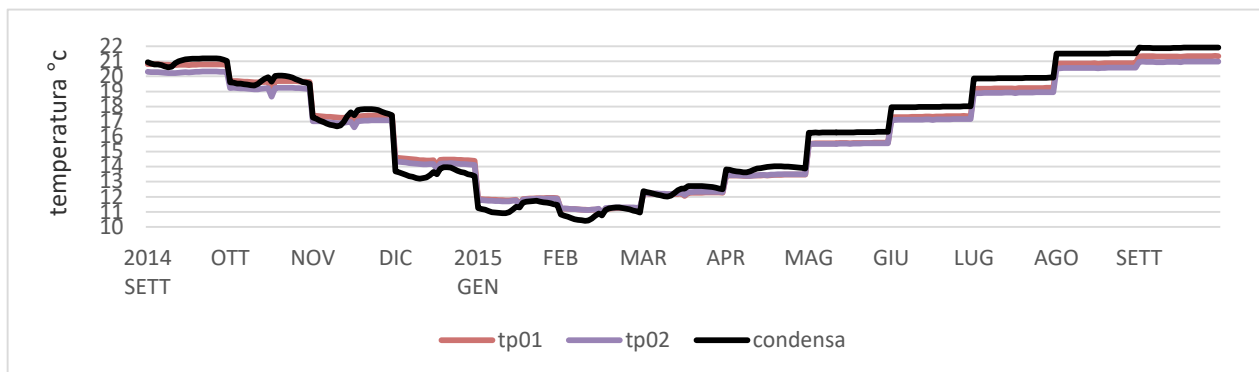


Figura 7. Rapporto tra temperatura superficiale delle pareti e temperatura di condensazione



Figura 8. Andamento dell'umidità relativa su base annua

Nei restanti mesi si osservano gradienti nel comportamento giornaliero con valori medi che scendono all'85-90%. In prossimità dell'apertura che mette in comunicazione il sacello con la chiesa la variazione della umidità relativa risulta più ampia (curva UR3) che nel resto dell'ambiente e si constata movimenti di vapore da e verso la parete favorendo processi di assorbimento e/o cessione del vapore quando non avviene il fenomeno della condensazione (cfr. figura 9).



Figura 9. Andamento dell'umidità specifica

Questo quadro appare estremamente delicato, perché dimostra un'interazione tra manufatto e ambiente notevolmente dinamica, con intensi scambi di energia e materia da cui derivano i processi di alterazione che hanno prodotto l'ampia perdita di tessuto figurativo.

Vicende costruttive, dinamiche di alterazione e scelte d'intervento

Chiariti andamento ed entità dei fenomeni microclimatici, la misurazione del contenuto d'acqua nelle murature ha evidenziato una situazione per così dire 'estrema', con contenuti altissimi ovunque: in particolare il saggio sul piano di calpestio ha consentito di individuare l'acqua (visibile attraverso il foro del campionamento) già a una profondità di soli 15 cm. Queste evidenze hanno consentito di appurare che le murature si imbevono d'acqua risucchiandola dal basso per effetto della microporosità che caratterizza i materiali costitutivi, che consente una notevolissima risalita capillare. Sulla scorta del ridotto numero di sali presenti, sono state avanzate fondamentalmente due ipotesi in merito all'origine di quest'acqua: acqua di falda o acque disperse da una condotta (di adduzione oppure di scarico di acque piovane). Dalle indagini effettuate presso l'Ufficio tecnico della Camera è emerso che non risultava nessuna evidenza sulla presenza di perdite, eccettuato un episodio risolto tempo addietro al primo piano dell'edificio e che comunque aveva avuto i suoi effetti soprattutto a carico della piccola chiesa soprastante il sacello, soprattutto nella zona di accesso adiacente alla strada. Sull'ipotesi restante – che si trattasse di acqua di falda – ha fornito indicazioni preziose la ricerca storica.

In occasione dei lavori per la realizzazione della linea della metropolitana, la zona in cui si trova l'edificio della Camera di Commercio è stata oggetto di studi e di prospezioni archeologiche approfondite e organiche che rappresentano un'importante chiave di lettura per comprendere il contesto in cui si colloca il sacello. Come il toponimo 'Sant'Aspreno al Porto' attesta pienamente, in questo punto in età greco-romana passava la linea di costa, che si è poi portata più avanti con un interrimento progressivo. In particolare l'orografia di questo tratto è configurata con un naturale andamento incline ad accogliere acque che provengono dalla zona più a monte e la cui presenza è attestata nel sottosuolo in vari momenti. In base a una misurazione effettuata il 27.12.2012, la quota della falda all'angolo di via di S. Aspreno risulta a 2,33 metri sul livello del mare e corrisponde perfettamente alla presenza dell'acqua riscontrata dal saggio effettuato sul piano di calpestio del sacello. Di questa presenza abbiamo testimonianze anche storiche che ci consentono di confermare che un secolo fa, in occasione della costruzione dell'edificio, la falda si trovava praticamente alla stessa quota.

L'esecuzione del palazzo si colloca nel periodo del cosiddetto 'Risanamento', quando in questa zona vengono effettuate ampie demolizioni e ricostruzioni. L'ente della Camera di Commercio, beneficiario di un lascito che consentiva la costruzione della sede, ha la possibilità di usare l'attuale lotto di terreno a patto che, dall'azzeramento del preesistente tessuto edilizio – malsano e inadeguato – venisse risparmiato il sacello di S. Aspreno, oggetto di grande devozione popolare: l'edificazione doveva quindi salvaguardare con ogni cura il piccolo ambiente.

Tra le informazioni più interessanti emerse dalla ricerca d'archivio c'è l'esito delle indagini eseguite quando si stava valutando il tipo più opportuno di fondazioni da realizzare per il nuovo edificio. Le prospezioni eseguite in quella occasione avevano chiarito che per una considerevole profondità si riscontrava la presenza di terreno misto ad acqua, definito 'melma'. Questa evidenza aveva fatto emergere, in prima battuta, l'ipotesi di eseguire fondazioni su pali per raggiungere il terreno più coerente a circa 7 metri di profondità. Il costo e l'impegno di tale scelta operativa fanno però propendere per un'altra soluzione, che risulterà quella definitiva: realizzare l'intero edificio su una platea continua di calcestruzzo di 2 metri di spessore, al di sopra della quale viene steso un ulteriore strato di 80 cm di cosiddetti 'scheggioni', ossia pietrame incoerente per svolgere la funzione di ulteriore isolamento tra l'edificio da costruire e le acque presenti nel sottosuolo [1]. In questa operazione così pesante bisogna immaginare la delicata situazione in cui viene a trovarsi il sacello oggetto del nostro studio. La demolizione del tessuto in cui era inglobato comporta senz'altro conseguenze importanti in merito alla sua stabilità, a cui si aggiunge poi la pesante operazione di costruzione della platea di fondazione dello spessore di 2 metri. Dobbiamo immaginare che per eseguire questa considerevole piattaforma, viene fatto uno scavo profondo circa 3 metri in tutta l'area dell'edificio con la sola eccezione del sacello, che deve essere accuratamente preservato per via della disposizione specifica che lo riguarda. Il sacello, quindi, probabilmente già messo alla prova dalla demolizione delle strutture contermini, viene puntellato perché resta l'unica zona in cui non è possibile eseguire lo scavo dove verrà gettato il calcestruzzo per la platea: le notizie di cui disponiamo testimoniano una notevole attenzione e la messa in atto di particolari precauzioni e provvisori temporanei, ma

pur troppo manca – per quanto emerso dalla ricognizione archivistica – il fascicolo con le specifiche degli interventi posti in essere appositamente. In base a quanto testimoniato dai documenti, sembra anche che una porzione dell'ambiente venga sottofondata, probabilmente per fronteggiare il dissesto dovuto al cambiamento così radicale delle strutture circostanti, ma non disponiamo di informazioni più specifiche, contenute, anch'esse all'interno del citato fascicolo mancante. L'osservazione attuale sembra evidenziare che si sia verificato un dissesto di una certa importanza: sulla volta, infatti, si osserva la presenza di una lesione significativa a cui va forse associata la differenza di quota tra due porzioni dell'ambiente. Se ne può dedurre che si sia verificato un cinematisma consistito nel cedimento della parte attualmente più bassa, a cui ha fatto seguito la soluzione di continuità sulla volta, ma dal monitoraggio che abbiamo posto in essere ormai da più di un anno risulta che la situazione si presenta stabile, avendo, probabilmente, trovato un suo equilibrio.

Tornando alle fasi di costruzione dell'edificio, pur con alcune lacune emerge, quindi, una situazione molto delicata in merito al contesto in cui il sacello è inserito. Dal quadro desumibile dai documenti risulta che l'intero edificio poggia su un'imponente platea di calcestruzzo che vede una soluzione di continuità solo in corrispondenza del sacello. Le "acque disperse" individuate nelle prospezioni di inizio secolo hanno la possibilità di risalire solo in corrispondenza dell'ipogeo le cui murature, diversamente dal calcestruzzo, offrono condizioni di permeabilità e microporosità molto spiccate. Allo stato attuale, quindi, le superfici del sacello, col loro prezioso apparato pittorico, si trovano nella condizione di assolvere loro malgrado al ruolo di "superfici di sacrificio": le uniche su cui si esprima, con tutta la sua dinamicità, il pesante scambio di energia e materia tra manufatto e ambiente.

Tale scambio viene, infatti, quasi del tutto impedito nelle aree contermini il sacello, ossia negli ambienti interrati della Camera di Commercio. Questi – dedicati alla funzione di archivio – hanno richiesto alcuni anni fa un pesante intervento di bonifica che ha portato, da un lato, al trattamento dei materiali cartacei attaccati dalle colonizzazioni biologiche e, dall'altro, a importanti interventi di climatizzazione e rivestimento delle murature con materiali poco permeabili, con il risultato di concentrare ulteriormente gli effetti dell'evaporazione solo sulle superfici del sacello.

Contemporaneamente allo svolgimento di queste analisi, si sono predisposte le condizioni per poter eseguire l'intervento di restauro. A questo scopo è stato necessario predisporre un articolato sistema di areazione (progettato dagli ingegneri Luca Argentieri e Alessandra Sermoneta) per fronteggiare due problematiche: l'elevata concentrazione di CO₂ che si crea rapidamente non appena l'ambiente sia occupato da due/tre persone e l'elevata concentrazione di radon evidenziata dal monitoraggio svolto su base annuale. L'impianto è stato impostato con il criterio di immettere aria nell'ambiente mandandolo in sovrappressione, in modo che il radon – in virtù del suo peso – fosse indotto a rimanere in basso. Sono stati quindi chiusi i passaggi che potevano consentire all'aria di uscire e sono stati disposti due "stativi" come supporto per le bocchette, disposte all'altezza del viso degli operatori, che erano comunque tenuti a fare periodicamente delle pause e di allontanarsi dall'ambiente. Tale tecnica di mandare l'ambiente in sovrappressione per ridurre i rischi connessi alla presenza di radon è stata già sperimentata nella Basilica di Porta Maggiore (su progetto del dott. Sandro Massa) e potrebbe essere confermata nel sacello di S. Aspreno quando, in futuro, si predisporranno le condizioni per la visita del pubblico.

Date le condizioni estremamente gravi dell'apparato pittorico, che correva il rischio di subire ulteriori pesanti perdite in tempi brevi, è stato effettuato un intervento di messa in sicurezza con velature temporanee ed è stato rivisto l'iniziale progetto che sarebbe stato posto in essere durante il cantiere pilota: si è scelto di ridurre l'area campione su cui intervenire in modo da liberare risorse economiche per il consolidamento.

L'intervento di restauro ha dato precedenza assoluta alla messa in sicurezza delle porzioni interessate da distacchi, più o meno profondi, per evitare ulteriori perdite di tessuto figurativo ed è stato anch'esso un momento di studio per chiarire le tecniche esecutive dell'apparato pittorico. Le condizioni ambientali critiche hanno indotto la messa a punto di un protocollo specifico di intervento, con l'uso di materiali unicamente inorganici, che hanno permesso di operare senza indurre ulteriori rischi conservativi connessi all'insorgenza di possibili colonizzazioni biologiche. È stata inoltre posta attenzione ad aumentare la porosità delle superfici, in modo da consentire un rapporto meno critico con l'ambiente, attraverso la facilitazione del passaggio di acqua. Il saggio di restauro, che ha interessato una superficie di circa 5 mq (figure 9-10), è stato verificato con intervalli annuali confermando le previsioni formulate a conclusione della fase di studio: a condizioni microclimatiche inalterate, le superfici restaurate hanno subito sbiancamenti e risulta percepibile un diffuso deposito polverulento. Il restauro di superfici in queste condizioni conferma quindi la necessità di pensare a un sistema più articolato di

interventi, che migliorino le condizioni dell'ambiente nel suo insieme, in mancanza dei quali il tessuto pittorico è destinato – in tempi più o meno brevi, a seconda dell'andamento climatico nel breve e lungo periodo – a presentare nuovamente fenomeni alterativi consistenti. Altra voce essenziale risulta più che mai quella del controllo e della manutenzione periodica, in modo da monitorare la vita dell'opera introducendo tempestivamente gli opportuni correttivi. Infine, in vista dell'apertura al pubblico, sono state condotte riflessioni sulla presenza del gas radon, che impone riflessioni e misure preventive per la salvaguardia della salute.



Figure 9-10. La porzione dell'apparato pittorico su cui è stato eseguito il saggio di intervento, prima e dopo.

Opere di confinamento ambientale e schema di fruizione (B. Mazzone**)**

La situazione esistente nel sacello e i dati relativi alle indagini del gruppo di lavoro IsCR suggeriscono l'opportunità di dotare l'ambiente ipogeo di un sistema di confinamento ambientale con lo scopo di mantenere sotto controllo i valori di temperatura e umidità, secondo il modello precedentemente sperimentato dall'Istituto nelle sale 114 e 131 della Domus Aurea. Successivamente al sopralluogo effettuato nelle zone adiacenti,

occupate dalla Camera di Commercio, si è prospettata l'eventualità di estendere l'area di intervento oltre il vano circoscritto dalle murature decorate. Questi ambienti infatti, resi agibili dopo i lavori di adeguamento impiantistico e funzionale come deposito degli archivi, seguitano a essere interessati da fenomeni di degrado per risalita capillare proprio sulle pareti di confine con rischio di deperimento per i documenti conservati.

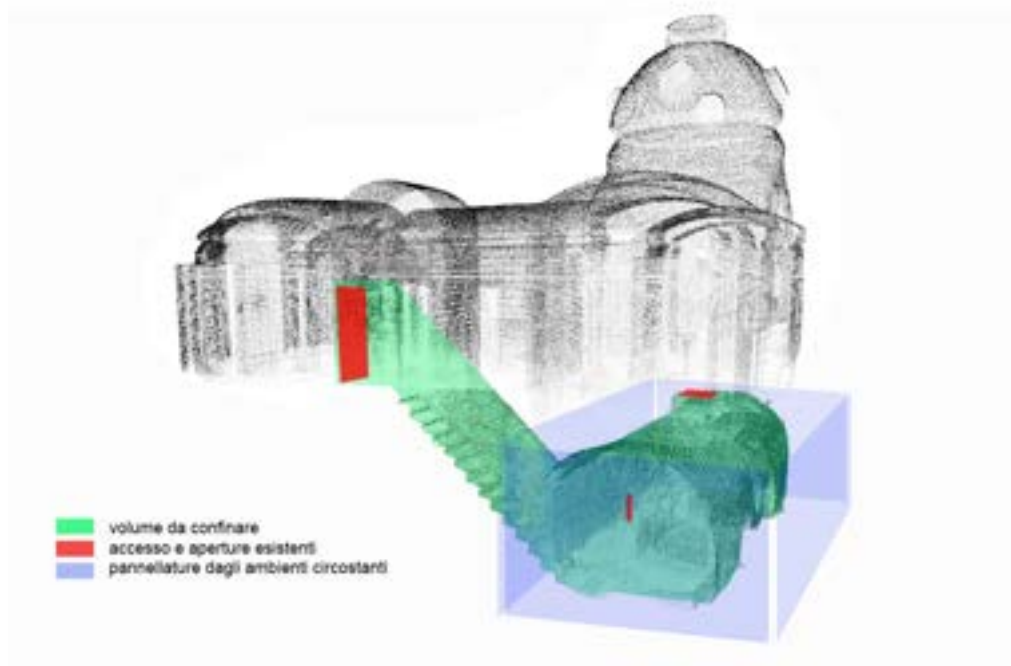


Figura 11. I volumi sovrapposti della chiesa e del sacello con schema degli interventi proposti

Le opere specificamente indirizzate al confinamento del volume interno del sacello richiedono:

- Il montaggio al piano superiore prima dell'accesso alle scale di un box vetrato dotato di porta a battente e pannelli di vetro isolante *warm edge* in modo da impedire ponti termici e fenomeni di condensa, su telaio di infisso metallico a taglio termico. Il volume, da definire successivamente nel dettaglio degli ingombri, potrà ospitare il quadro comandi e la testata di una passerella tecnica con le canalizzazioni per l'illuminazione della scala e per l'immissione dell'aria in sovrappressione.
- La dotazione di chiusura ermetica del lucernario alla sommità della volta, come la sigillatura di ogni altro varco in modo da sottoporre la cripta a un rigoroso regime di controllo microclimatico. Nel caso di sostituzione integrale dell'elemento sarà opportuno considerare soluzioni che integrino la possibilità di controllo remoto dell'apertura e di alloggiamento delle sorgenti luminose come dei dispositivi per il monitoraggio ambientale. Questi potranno essere alimentati utilizzando la preesistente canalizzazione (dopo adeguata verifica, attualmente un unico corrugato da 16 mm.) e nel caso non sia possibile, una loro sostituzione nel rispetto della norma CEI 64-15 per gli edifici di pregio artistico e storico. Si consideri inoltre la possibilità di migliorare la visione zenitale dell'altare del sacello dal pavimento dalla cappella soprastante, adottando dispositivi già descritti per il box vetrato.

Dopo un periodo di monitoraggio sull'evoluzione delle condizioni conservative degli affreschi, si potrà valutare se il confinamento precedentemente illustrato risulti sufficiente a stabilizzare la situazione termoigrometrica del sacello garantendone la tutela o se sia necessario intervenire ulteriormente.

In questo caso, per il risanamento dell'intorno del sacello, si ritiene opportuno proporre un secondo anello di intervento che comprenda anche le pareti perimetrali esterne, con impegno degli ambienti limitrofi destinati a deposito archivi e interessati dal fenomeno di risalita d'acqua dalla falda.

A tale proposito si suggerisce una incamiciatura delle pareti esterne delle murature allo scopo di privilegiare il fronte di evaporazione esterno e favorire al risanamento degli ambienti adiacenti:

- rimozione dello strato di finitura e alla messa a nudo del paramento originale,
- realizzazione di un'intercapedine perimetrale ventilata e controllata negli ambienti collocati in adiacenza a ridosso delle murature di confine al sacello allo scopo di equilibrare nei due fronti con allestimento di contropareti in pannelli di polistirene da montare su intelaiatura e supporti scatolari preferibilmente in pvc a una distanza di ca. 15 cm dalla preesistenza. L'intervento dovrà interessare anche le murature ad esse perpendicolari con soluzioni che impediscano interazioni negative con gli ambienti confinati,

- collegamento dell'intercapedine ai gruppi U.T.A. già presenti in modo da creare un nuovo fronte di evaporazione di sacrificio. In questo modo i depositi, non più a contatto con le superfici degradate potranno tornare a essere utilizzati anche nelle zone di confine.

L'intercapedine ventilata dovrà essere sottoposta a monitoraggio costante sia strumentale che diretto, attraverso varchi d'ispezione dotati di pannelli amovibili da posizionare almeno uno su ogni lato delle pareti.

In funzione dell'opportunità di inquadrare le opere in un programma di manutenzione e valorizzazione del bene, si considera anche la possibilità di creare un percorso interno funzionale sia alla vigilanza e al controllo dell'ipogeo sia per la piena comprensione del sito e delle sue vicissitudini.

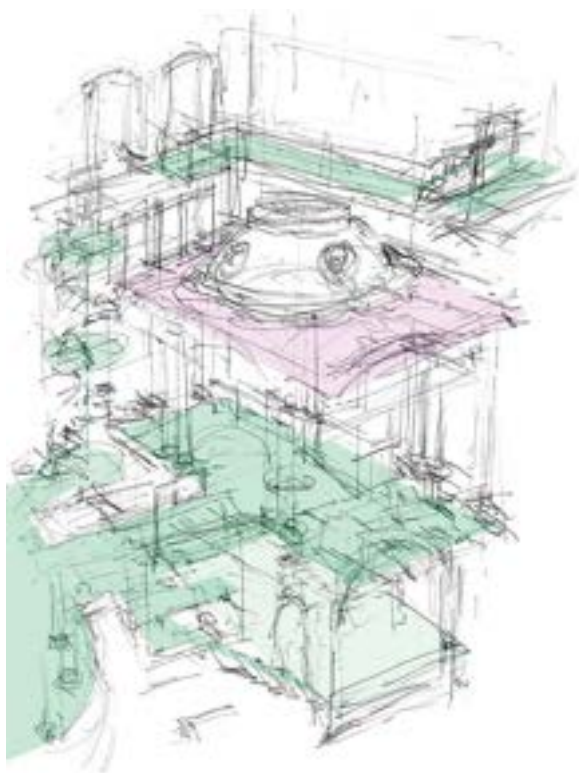


Figura 12. Schema di sovrapposizione degli ambienti interessati dal percorso con partenza dall'accesso alla passerella dal terzo livello uffici.
Figura 13. Vista della chiostroina che sovrasta la chiesa e il sacello.

Nel disegno (figura 12) è rappresentata in maniera schematica la sovrapposizione degli ambienti sull'area del sacello con la possibilità di attivare un percorso articolato su più piani in modo da raggiungere la chiesa direttamente dagli uffici collocati ai piani superiori. Dalla passerella esistente sulla cupoletta della chiesa di S. Aspreno, prevedendo l'inserimento di una chiocciola e l'impegno di piccoli ambienti secondari si consente di attraversare i vari livelli con arrivo diretto al vestibolo con le colonne di S. Pietro ad Aram. Ci si potrà addentrare nella chiesa con suoi transetti dopo averne compresa la volumetria e le compresenze architettoniche dall'alto. Poi attraverso il box vetrato si potrà scendere nell'ipogeo per poi successivamente tornare in superficie e ritrovarsi con l'uscita direttamente sulla via di S. Aspreno.

NOTE

[1] Lo studio di fattibilità per il restauro del sacello di S. Aspreno si è svolto dal 01.04.2014 (firma della Convenzione tra Camera di Commercio di Napoli e Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro) al 13.12.2016 (chiusura dei lavori sulle superfici pittoriche). Si svolgono regolari sopralluoghi per constatare l'evoluzione dello stato conservativo delle superfici a condizioni climatiche invariate.

Stazione appaltante/Committente: MiBACT, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro - RUP: Carlo Cacace

Alta sorveglianza: Soprintendenza speciale per il patrimonio storico, artistico ed etnoantropologico e per il polo museale della città di Napoli, dott. Angela Cerasuolo; attualmente Angela Schiattarella e Barbara Balbi

Coordinamento generale della progettazione e Direzione dei lavori: Francesca Romana Liserre

Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione: Rocco D'Urso

Progettazione tecnico-scientifica degli interventi, direzione operativa: Anna Maria Marinelli, Barbara Provinciali

Responsabile dello studio storico-artistico: Giuliano Romalli
Coordinamento delle indagini scientifiche: Anna Maria Pietrini
Progettazione delle indagini chimiche: Paola Santopadre, Giancarlo Sidoti, Lucia Conti
Progettazione delle indagini biologiche: Marco Bartolini
Progettazione dei rilievi microclimatici: Carlo Cacace
Progettazione delle indagini fisiche e multispettrali: Fabio Aramini
Documentazione fotografica: Edoardo Loliva Documentazione grafica: Sergio Tagliacozzi
Responsabile dei sensori per il monitoraggio statico: Roberto Ciabattoni
Attività di logistica e montaggio degli impianti: Luciano Cinone, Flavio Garzia, Alessandro Pierangeli
Allestimento del cantiere: ZP elettronica (impianto elettrico); ing. Alessandra Sermoneta: progettazione dell'impianto di ventilazione
Impresa appaltatrice: Davide Rigaglia

NUOVI APPROCCI ECOCOMPATIBILI PER LA CONSERVAZIONE E PROTEZIONE DEGLI IPOGEI DIPINTI DI TARQUINIA (VT)

Maria Cataldi*, Adele Cecchini, Chiara Scioscia Santoro***, Daniele Spizzichino****, Gabriele Leoni*****, Paolo Maria Guarino*******

- * Archeologa, Presidente dell'Associazione no profit "Amici delle tombe dipinte di Tarquinia", già direttore del Museo e della Necropoli di Tarquinia, info@amicitombeditarquinia.eu.
- ** Restauratrice, segretaria dell'Associazione no profit "Amici delle tombe dipinte di Tarquinia", info@amicitombeditarquinia.eu.
- *** Funzionario Restauratore Soprintendenza Speciale Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Roma chiara.sciosciasantoro@beniculturali.it.
- **** ISPRA Dipartimento per il servizio geologico d'Italia, daniele.spizzichino@isprambiente.it
- ***** ISPRA Dipartimento per il servizio geologico d'Italia, gabriele.leoni@isprambiente.it
- ***** ISPRA Dipartimento per il servizio geologico d'Italia, paolomaria.guarino@isprambiente.it

Abstract

Il sito archeologico della necropoli Etrusca di Tarquinia (VT), inserito nel 2004 nel World Heritage List dell'UNESCO, già da anni è sottoposto ad un piano annuale di monitoraggio e manutenzione programmata finalizzato alla salvaguardia delle preziosissime pitture degli ipogei. L'Associazione no-profit "Amici delle Tombe dipinte di Tarquinia", la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio dell'area metropolitana di Roma, la provincia di Viterbo e l'Etruria meridionale e il Polo Museale del Lazio, insieme all'Università di Roma Tre e di Roma Due - Tor Vergata - e l'ISPRA, nell'ambito di un programma di CONSERVAZIONE PREVENTIVA, stanno lavorando ad un progetto di sistematizzazione di uno "standard metodologico" da utilizzare per la risoluzione dei problemi derivanti dalle variazioni climatiche sempre più repentine che rischiano di compromettere l'equilibrio dell'ecosistema presente nel sito archeologico. I quattro punti del progetto sono i seguenti: 1) ripristino dei tumuli o delle corrette pendenze del terreno al di sopra delle camere ipogee; 2) ripristino, alla base dei tumuli, delle "formette di scolo" per la regimentazione delle acque meteoriche; 3) protezione dei tumuli e delle aree soprastanti gli ipogei mediante un manto erboso selezionato; 4) monitoraggio del dissesto idrogeologico e consolidamento strutturale.

Introduzione

(Maria Cataldi)

L'avvio di un nuovo percorso per la tutela e la valorizzazione delle tombe dipinte di Tarquinia ebbe inizio nei primi anni '80 del secolo scorso, anni in cui lo stesso Massimo Pallottino, con tutta l'autorevolezza della sua personalità, ammoniva la Soprintendenza a chiudere definitivamente le tombe se si voleva consegnarle alle generazioni future.

La visita era allora limitata a 5-6 sepolcri e, onde consentire un adeguato periodo di "riposo", le tombe fruibili ruotavano con periodicità annuale (in seguito mensile), ma il pubblico entrava ancora, pur se in piccoli gruppi e in numero limitato, all'interno della camera funeraria; nonostante questi accorgimenti, il deterioramento delle pitture non diminuiva in quanto dovuto essenzialmente alle variazioni termo igrometriche che si verificano all'interno del vano dipinto nel momento in cui questo viene aperto e visitato.

Il lungo percorso che ha portato alla situazione attuale, che vede ormai attrezzati e aperti al pubblico numerosi ipogei (32 per l'esattezza), coinvolse inizialmente un gruppo di lavoro costituito dallo staff di funzionari e tecnici della Soprintendenza, con il sostegno dell'allora Istituto Centrale del Restauro, ma anche del Centro studi cause di deperimento e metodi di conservazione delle opere d'arte del CNR, dell'ICCROM e del laboratorio di analisi dei Musei Vaticani nonché con il fondamentale supporto dei restauratori, per la messa a punto delle metodologie più appropriate per il restauro di dipinti in ambienti ipogei.

Tutta una serie di accorgimenti fu messa allora in atto nel corso degli anni; accorgimenti finalizzati alla conservazione dei dipinti ma che consentissero al contempo la fruizione degli stessi. Mi riferisco in particolare all'installazione delle barriere trasparenti in corrispondenza delle porte di ingresso delle camere sepolcrali, all'installazione di corpi illuminanti a luce fredda con pulsante temporizzatore, all'areazione dei *dromoi*, alla parziale sistemazione delle pendenze del terreno e alla ricostituzione di alcuni tumuli per cercare di ottimizzare la canalizzazione delle acque superficiali, ai diserbi chimici dei terreni sovrastanti le sepolture atti a bloccare la crescita in profondità degli apparati radicali, alla disinfestazione dei vani dipinti per la devitalizzazione dei microorganismi biodeteriogeni e per l'eliminazione degli insetti che scavando micro gallerie nel banco roccioso danneggiano la pellicola pittorica, nonché ovviamente agli interventi di restauro dei dipinti e alla periodica manutenzione delle superfici restaurate.

Quanto sopra detto, ovviamente non costituisce un traguardo definitivo; occorre infatti procedere costantemente nella verifica dei dati e nella ricerca al fine di ottimizzare il sistema.

A tale scopo nel 2012 un gruppo di professionisti, impegnati da anni nello studio delle problematiche tecnico-scientifiche di cui sopra, costituì l'Associazione no-profit "Amici delle tombe dipinte di Tarquinia" nella convinzione che fosse doveroso da parte della società civile affiancare gli Enti istituzionalmente preposti alla tutela e valorizzazione delle tombe (attualmente la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per l'area metropolitana di Roma la provincia di Viterbo e l'Etruria Meridionale, Sabap-Rm-met, ed il Polo Museale del Lazio, Pm-Laz) nell'opera di salvaguardia e valorizzazione di questo inestimabile patrimonio culturale. In quest'ottica l'Associazione intende supportare, per quanto possibile e, sempre in accordo con gli Enti istituzionali, tutti quegli interventi di manutenzione che vanno eseguiti senza soluzione di continuità ma anche, e soprattutto, promuovere nuove ricerche e studi con il coinvolgimento di Enti, Istituzioni, Università e privati che siano interessati alle stesse finalità.

Conservazione preventiva per la Necropoli di Tarquinia

(Adele Cecchini, Chiara Scioscia Santoro)

La necropoli etrusca di Tarquinia si estende per circa 6 km lungo la collina dei Monterozzi ed è caratterizzata da più di 200 tombe dipinte scavate nel "macco", un calcare fossilifero che, per la sua resistenza fisico-meccanica debole ha reso facile l'escavazione degli ipogei, all'interno dei quali si conservano le più importanti testimonianze della pittura etrusca dal VII sec. al II sec. a.C. Specifichiamo subito che i dipinti murali etruschi non sono affreschi, ce lo dicono le fonti e lo dimostrano le indagini scientifiche; [1] sono pitture eseguite con gli stessi pigmenti utilizzati per l'affresco, stesi direttamente sul banco roccioso nelle tombe di VII secolo a.C., su uno scialbo o strato preparatorio di creta nelle tombe di VI secolo ed in quelle della prima metà del V secolo a.C., mentre, nelle tombe di IV e III secolo i pigmenti sono stesi su uno strato di calce.

Questa particolare tecnica di esecuzione rende le pitture estremamente vulnerabili a tutti quei fattori che turbano il delicato equilibrio interno degli ipogei. Tali fattori possono essere variazioni termoisometriche, infiltrazioni d'acqua, insetti, radici, e possono manifestarsi se gli ambienti non sono abbastanza isolati e protetti dall'esterno. In un'ottica di salvaguardia di queste preziose ed uniche testimonianze dell'arte etrusca, la **conservazione preventiva** costituisce oggi l'operazione più utile da realizzare per la manutenzione degli ambienti ipogei in generale e la più necessaria nel caso delle tombe dipinte di Tarquinia.

A tal proposito è stato elaborato un progetto che, attraverso la protezione e il controllo della vegetazione erbacea presente al di sopra degli ipogei, mira alla risoluzione di un duplice problema: quello termo-climatico all'interno delle camere e quello della diffusione delle radici più sottili che si infiltrano nel terreno in profondità. Il progetto è in funzione su due ipogei: la tomba del Fior di Loto (fine VI a.C.) e la tomba delle Leonesse (530-520 a.C.). Scopo della sperimentazione è quello di selezionare un materiale assolutamente naturale che, per le proprie caratteristiche intrinseche, riesca a mantenere quanto più possibile stabili i parametri termo-climatici all'interno degli ambienti ipogei i quali, nonostante la chiusura delle camere con porte a vetri termici, subiscono tuttavia le forti sollecitazioni provenienti dal terreno soprastante con fenomeni di degrado sulle delicate superfici dipinte. Da un anno e mezzo è stato piantumato un manto erboso selezionato che dovrebbe consentire di mantenere costante la temperatura del terreno e, di conseguenza, della sottostante camera ipogea, e, al tempo stesso, essere in grado di contenere la crescita di vegetazione erbacea con radici a fittone che penetrano in profondità nel terreno attraverso il banco calcareo fino all'interno delle camere funerarie.

Sopra alcune tombe, come la tomba della Mercareccia, dei Vasi Dipinti, della Porta di Bronzo e tante altre, cresce anche una vegetazione arborea che provoca l'infiltrazione all'interno degli ipogei di radici più consistenti e pericolose; proprio in queste tombe si sono verificati, infatti, i maggiori danni agli apparati pittorici. I pronti interventi di restauro che è stato possibile eseguire con particolari metodologie hanno permesso, in alcuni casi - come per la tomba dei Vasi Dipinti - di salvare le pitture che erano notevolmente obliterate e fortemente compromesse dagli apparati radicali; (Figure 1 e 2) per lo stesso motivo sono in pessime condizioni anche i dipinti della tomba della Porta di Bronzo, della tomba delle Iscrizioni e di molti altri ipogei. Lo studio e l'individuazione di queste radici sono all'attenzione della professoressa Giulia Caneva (Dip. Scienze, Univ. Roma Tre); nel frattempo si è intervenuti eliminando quelle piante arboree più nocive proprio per i loro apparati radicali.

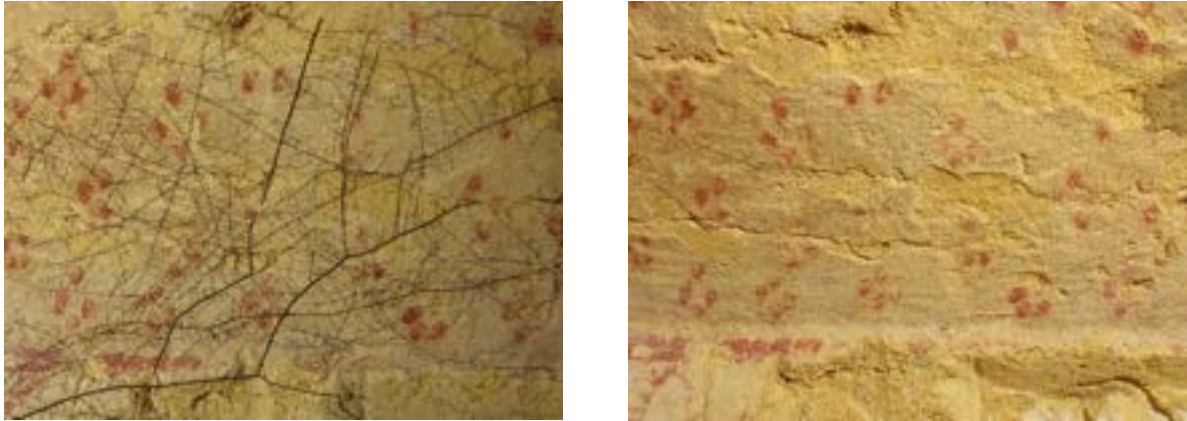


Figure 1 e 2. Tomba dei Vasi Dipinti, particolare del soffitto prima e dopo la rimozione delle radici e il consolidamento della superficie.

Il problema era senz'altro noto già agli Etruschi i quali avevano protetto i preziosi ipogei con dei tumuli che, fantasiosamente, Luigi Canina raffigura (Figura 3) e che hanno dato il nome alla Necropoli cosiddetta “dei Monterozzi”. Questi tumuli oggi, su diverse tombe, non esistono più e andrebbero ripristinati con metodologie e materiali idonei e, in parte, simili a quelli utilizzati dagli antichi i quali sfruttavano il materiale di risulta dello scavo dell'ipogeo. [2] Il macco veniva opportunamente frantumato più o meno sottile, sistemato e compattato dentro una cornice circolare di blocchi sistemati al di sopra dell'ipogeo, come si può osservare per i tumuli nell'area della tomba delle Pantere. Claudio Bettini, che si occupò della conservazione delle tombe negli anni ottanta del secolo scorso, fece ricostituire alcuni tumuli - come ad esempio quello della tomba della Caccia e Pesca - con materiali più leggeri come l'argilla espansa. L'assenza dei tumuli comporta che, sulla superficie al di sopra delle camere ipogee, si possano formare pericolosi avvallamenti - come nel caso della tomba del Tifone, della tomba degli Scudi, della tomba dei Tori ecc. - in cui si accumula acqua piovana che si infila nel terreno sottostante per fuoriuscire dal soffitto della tomba provocando il distacco dell'intonaco; questo, ad esempio, è ciò che è accaduto nella tomba dei Demoni Azzurri e nella tomba dei Tori.



Figura 3. Ricostruzione della Necropoli dei Monterozzi di Luigi Canina, sec. XIX

Nell'ottica di una conservazione preventiva all'interno della Necropoli di Tarquinia, il primo fattore da tenere presente e sviluppare sarà dunque il ripristino corretto delle pendenze del terreno e dei tumuli, laddove gli archeologi confermano la loro originale esistenza, al di sopra delle camere ipogee.

Alla base dei tumuli - che saranno costituiti da materiale idoneo e dal *macco* stesso - dovranno essere realizzate le cosiddette “formette di scolo”, tanto citate e considerate nei documenti del secolo XIX. Tali formette avevano la specifica funzione di raccogliere e convogliare l'acqua che percolava dal tumulo al di fuori dell'area della tomba, evitando di farla ristagnare alla base per poi infiltrarsi all'interno della camera ipogea.

Una volta ripristinati i tumuli o le corrette pendenze del terreno e realizzate le “formette di scolo” sarà possibile piantumare, nello strato di terra sommitale alle camere, una tipologia di manto erboso che funzioni da ulteriore protezione: una sorta di guaina naturale che isoli gli ipogei dalle sollecitazioni termiche esterne, particolarmente dannose durante i cambi stagionali.

Il tumulo della tomba del Fior di Loto e quello della tomba delle Leonesse sono i più alti e ben conservati; il tumulo della tomba delle Leonesse, incredibilmente, conserva ancora un frammento di una formetta di scolo. Per questo motivo, i due tumuli sono stati scelti, in accordo con la Soprintendenza, per avviare una sperimentazione la verifica della quale è, attualmente, sotto la supervisione e la regia della professoressa Giulia Caneva. È stato avviato uno studio sul controllo dell'efficacia del manto erboso e dell'interazione delle radici con gli ipogei, con il coinvolgimento di alcuni ricercatori/borsisti del Dip. Scienze (F. Bartoli, E. Cicinelli, D. Isola) e mediante lo svolgimento di una tesi di laurea magistrale dei corsi di studi di Biodiversità e gestione di Ecosistemi (S. Langone), grazie anche a finanziamenti disponibili nel progetto bilaterale Italo-Koreano (MAECI) in corso su tematiche di conservazione di beni culturali ipogei. Il programma delle verifiche da realizzare comprende:

- l'individuazione e la selezione delle piante ospiti che nel ciclo di un anno e mezzo sono cresciute per determinare le loro caratteristiche e verificare che le radici non siano andate in profondità.

- l'acquisizione dei valori di Temperatura del terreno soprastante gli ipogei e dei valori di Umidità e Temperatura dell'aria esterna e interna degli ipogei. Il programma sarà attuabile grazie alla collaborazione del professore Sandro Massa, vicepresidente dell'Associazione “Amici delle tombe dipinte di Tarquinia”, nonché colui che ha ideato e progettato la chiusura delle tombe dipinte con le porte trasparenti.

La verifica e il confronto sono necessari per comprendere se la protezione del terreno con il manto erboso mantiene stabili le condizioni termoigrometriche sia del terreno sia degli ambienti ipogei. (Figure 4, 5, 6)



Figure 4 e 5. Il manto erboso sui tumuli delle tombe delle Leonesse e Fior di Loto nel 2017, appena impiantato.



Figura 6. Ricostruzione virtuale di un tumulo nell'area delle tombe esterne – M. Legni, Architetto Designer's-

Il controllo del dissesto geologico: il monitoraggio e il consolidamento strutturale

(Daniele Spizzichino, Gabriele Leoni, Paolo Guarino)

La conservazione preventiva delle tombe dipinte di Tarquinia prevede anche il controllo del dissesto geologico per tutti gli ipogei che si trovano situati lungo la cosiddetta Ripa.

Nel corso dell'anno 2017, in alcune tombe del confine nord della necropoli dei Monterozzi, si sono manifestate evidenti lesioni. In seguito alla richiesta della Soprintendenza competente, l'ISPRA (Dip. per il Servizio Geologico d'Italia) e l'Università di Bologna (DICAM) hanno avviato uno studio congiunto delle condizioni di stabilità delle tombe più a rischio. Obiettivo dello studio è stato l'inquadramento geologico, geomorfologico, meteo-climatico e geotecnico della collina della necropoli e la verifica delle condizioni di instabilità potenziale e di rischio, in considerazione delle variazioni climatiche recenti.

L'anno 2017 è stato infatti caratterizzato dai minimi storici pluviometrici e dai massimi termici degli ultimi quaranta anni. Lo studio si è concentrato in particolare sulle tombe poste al bordo della cornice morfologica costituita dalla formazione calcarenitica del Macco di Tarquinia. I banconi calcarenitici del Macco, che costituiscono la spianata sommitale della Collina dei Monterozzi, al contatto con le sottostanti argille plioceniche di base, che sono duttili e più facilmente erodibili, subiscono alterazione superficiale e disfacimento meccanico, lungo linee di fratturazione prevalentemente ortogonali e longitudinali al ciglio delle scarpate. La fratturazione, oltre alla presenza nell'ammasso roccioso di orizzonti sabbiosi e poco cementati, sono causa di elevata permeabilità. Il conseguente comportamento meccanico della roccia scavata per la realizzazione degli ipogei investigati, varia pertanto anche su modesti volumi, e la dissoluzione risulta il processo morfogenetico più attivo (carsificazione). La generale stabilità dell'ammasso calcarenitico si interrompe lungo la scarpata che la delimita e risulta soggetta a diverse tipologie di fenomeni di instabilità. Il ciglio dell'altopiano, impostato su calcarenite, presenta un profilo fortemente irregolare, caratterizzato da rientranze e sporgenze morfologiche di origine erosiva (nicchie di frane antiche) o strutturali, queste ultime legate all'esistenza di un fitto reticolato di fratture ortogonali fra loro.

L'analisi geomorfologica di dettaglio ha permesso di evidenziare la presenza di processi riconducibili principalmente a fenomeni di: crollo, ribaltamento e colamento lento. Inoltre il contrasto di competenza tra il substrato plastico delle argille e l'orizzonte rigido delle calcareniti, porta anche a fenomeni cosiddetti di "*lateral spread*", causato dal movimento delle argille sottostanti che, esercitando una sollecitazione di trazione sul Macco, provocano la formazione di discontinuità parallele al fronte (*stress release*) e l'allargamento di quelle preesistenti fino al distacco di costoni di roccia.

I costoni distaccati che poggiano sulle argille possono dunque crollare, ribaltare o "galleggiare" su di esse venendo lentamente allontanati dalla scarpata (Cattuto *et al.*, 2006). Gli ipogei più esposti (tomba della Porta di Bronzo, tomba delle Iscrizioni e tomba dei Vasi Dipinti) sono stati oggetto di una campagna geomatica di estremo dettaglio attraverso l'utilizzo combinato di rilievi con stazione totale topografica, laser scanner, SAPR (DSM) e rilievo fotogrammetrico digitale (Figura 7).



Figura 7. Modellazione 3D della Tomba dei Vasi dipinti e del versante.

È stato quindi possibile generare un modello tridimensionale di precisione millimetrica finalizzato sia alla semplice componente documentale del rilievo sia per la implementazione di modelli di stabilità bidimensionali che tengono conto dell'interazione tra versante e ipogeo. In seguito ai primi sopralluoghi (dicembre 2017) è stato inoltre implementato un sistema di monitoraggio deformometrico attraverso l'installazione di fessurimetri ottici e mire a lettura manuale con calibro, sulle principali fratture presenti nei tre ipogei.

Obiettivo principale del sistema di monitoraggio, le cui letture trimestrali sono ancora in corso, è la verifica dei potenziali trend deformativi, della loro cinematica ed il controllo dell'evoluzione nel tempo a fini conservativi (Figura 8).

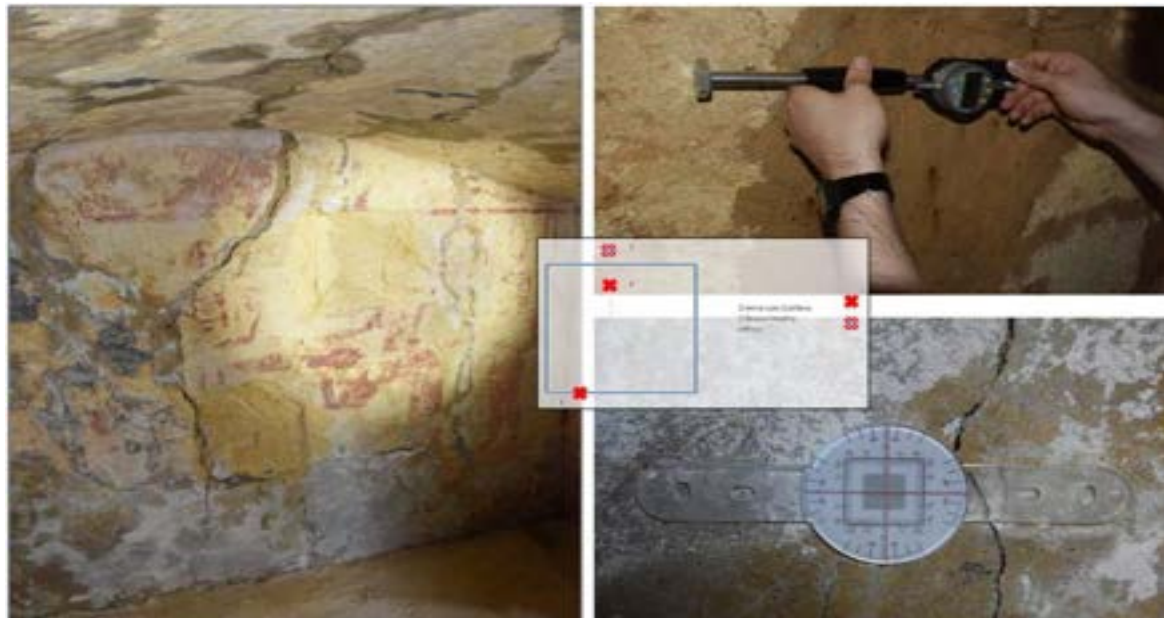


Figura 8. Monitoraggio delle deformazioni delle fratture.

Nel corso del 2018 il Macco è stata oggetto di prove di sito e di laboratorio, per definirne le proprietà fisico-meccaniche e le caratteristiche di resistenza e deformabilità da utilizzare nell'implementazione dei modelli di stabilità. Il rilievo strutturale e la relativa analisi cinematica hanno permesso di individuare i cinematismi potenziali più frequenti cui il versante è soggetto (Spizzichino et al, 2019). Tutte le informazioni raccolte sono state quindi sintetizzate in un modello geologico - geotecnico del versante e degli ipogei. È stata quindi effettuata un'analisi numerica del versante tramite un codice di calcolo agli elementi finiti (Plaxis2D) per la verifica degli stati tensionali e la localizzazione delle zone di concentrazione di stress e sforzi di taglio (Figura 9).

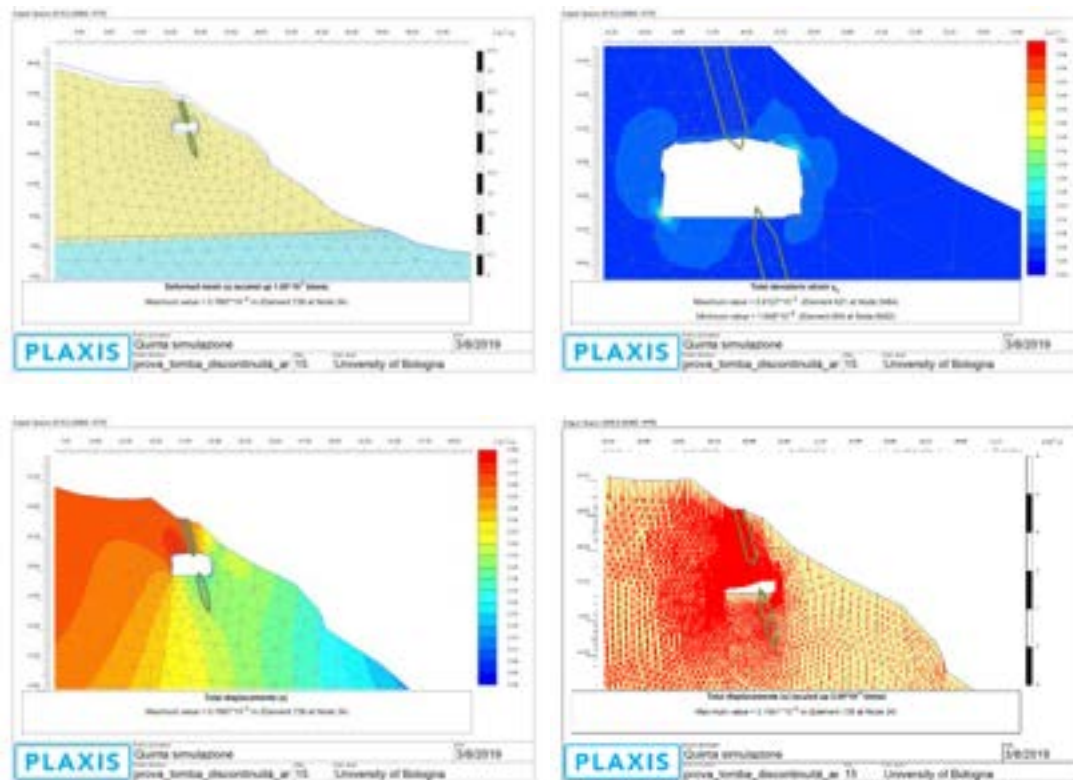


Figura 9. Risultati della simulazione numerica effettuata con Plaxis 2D ® per la Tomba dei Vasi Dipinti.

Le analisi svolte, in particolare quella numerica, hanno permesso di escludere fenomeni di instabilità del versante nelle condizioni attuali, confermando la stabilità generale del fronte in assenza di eventi meteo climatici eccezionali o sollecitazioni sismiche (Spizzichino et al, 2019). Lo studio ha consentito di individuare in via preliminare misure di mitigazione e conservazione a basso impatto per la salvaguardia del sito da fenomeni di dissesto indotti dai cambiamenti climatici.

Risultati principali:

- lo studio rappresenta un modello prototipale esportabile dal punto di vista teorico e metodologico;
- la caratterizzazione fisica e meccanica del “Macco” è stata effettuata per la prima volta;
- si è fatto largo uso di tecniche di rilievo topografico e geomatico anche a basso costo e di tipo speditivo.

I dati di monitoraggio manuale e le simulazioni numeriche e effettuate indicano l’attuale stabilità della Tomba dei Vasi Dipinti nelle condizioni attuali.

Proposte di intervento a breve termine

- prosecuzione del monitoraggio (con frequenza minore);
- realizzare opere di raccolta e drenaggio delle acque dalla sommità al piede del versante e l’utilizzo di tecniche areali (manto erboso) a protezione degli ipogei;
- regolamentare la lavorazione del terreno in particolare sul ciglio del pianoro.

Proposte di intervento a lungo termine

- Consolidamento della cornice esterna del Macco attraverso l’utilizzo di barre passive con tecnica a scomparsa della piastra e del bullone;
- Interventi di drenaggio profondo al contattato tra calcarenite e argille

Conclusioni

L'Associazione no profit "Amici delle Tombe dipinte di Tarquinia", la Sabap-Rm –met e il Pm-Laz, grazie alla collaborazione dell'ISPRA e dell'Università Roma Tre, in questi ultimi anni (2017-2019), hanno avviato un progetto, con una serie di sperimentazioni e interventi nell'area delle tombe dipinte di Tarquinia per cercare di opporsi al degrado e ai danni che le modificazioni climatiche sempre più variabili ed incontrollabili producono sui dipinti delle camere ipogee che, come specificato in principio, e teniamo a sottolineare, non sono realizzati con la tecnica dell'affresco bensì con pigmenti applicati direttamente sul supporto calcareo o su un sottile strato di natura argillosa senza legante e che, solo in rarissimi casi, e per motivi fortuiti, hanno subito un processo di carbonatazione. Le sperimentazioni e gli interventi sono stati condotti con tecniche prive di impatto negativo sull'ambiente o sull'ecosistema circostante, cercando ogni volta soluzioni che fossero ecosostenibili e durature nel tempo. Siamo convinti che la ricerca fino ad ora effettuata possa dare ottimi risultati e, soprattutto, fornire un modello di intervento applicabile a tutti quei contesti che presentano caratteristiche simili a quelle della Necropoli dei Monterozzi di Tarquinia.

NOTE

[1] Per la tecnica di esecuzione A. Cecchini: *le tombe dipinte di Tarquinia vicenda conservativa, restauri, tecnica di esecuzione*, pp. 95-100, Kermes quaderni, Firenze 2012. Per i pigmenti si veda la recente pubblicazione di G. Barone, P. Mazzoleni, A. Cecchini, A. Russo "In situ Raman and pXRF spectrtoscopic study on the wall paintings of Etruscan Tarquinia tombs" in "Dyes and Pigments" 150, 2018 XXX-XXX

[2] A proposito dei tumuli e della loro costituzione si veda il testo di Richard E. Linington: "Indagini nella zona dei tumuli del Calvario" in "Alle origini di Tarquinia: scoperta di un abitato Villanoviano sui Monterozzi", in *Studi Etruschi* vol. LXVI (SERIE III), pp. 2-10, Firenze 1978.

BIBLIOGRAFIA

1. Barone Germana, Mazzoleni Paolo, Cecchini Adele, Russo Alfonsina "In situ Raman and pXRF spectrtoscopic study on the wall paintings of Etruscan Tarquinia tombs" in "Dyes and Pigments" 150, 2018 XXX-XXX
2. Cattuto Carlo, Gregori Lucilia, Milano Michele, Rapicetta Silvia, "Condizionie geomorfologiche e stabilità dell'acropoli di Tarquinia Vecchia", *Il Quaternario* 19(2), 2006, pp. 225-230.
3. CecchinI Adele, "Le tombe dipinte di Tarquinia vicenda conservativa, restauri, tecnica di esecuzione" Nardini editore; Firenze 2012, pp. 95-100
4. Linington E. Richard, F. Delpino, M.Pallottino"Alle origini di Tarquinia: scoperta di un abitato Villanoviano sui Monterozzi", in "Studi Etruschi" vol. LXVI (SERIE III), pp. 2-10, Firenze 1978.
5. Spizzichino Daniele, Leoni Gabriele, Guarino Paolo M., Boldini Daniela, Mengoni Saverio, Marino Ermanno, Cecchini Adele, Trucco Flavia, Beatrice Casocavallo, in *Slope instability induced by climate changes on the Etruscan tombs at the Necropoli di Monterozzi (Tarquinia, Central Italy)* – Proceeding of CONVEGNO INTERNAZIONALE DI STUDI Monitoraggio e manutenzione delle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico, degrado chimico-ambientale. (Roma, Parco archeologico del Colosseo, Curia Iulia, 20-21 marzo 2019, in press.

IL DESTINO DI UNO STACCO ECCEZIONALE: IL CASO DELLA CHIESA RUPESTRE DI SAN VITO VECCHIO DI GRAVINA IN PUGLIA

Maria Carolina Gaetani*, Filippo Edoardo Capasso, Manuel Giandomenico*****

* Docente restauratore, ISCR, via di S. Michele 23, 00153, Roma, +393483307410, cgaetani@libero.it

** Laureando, ISCR, Via Luigi Lavista, 75100, Matera, +393485997305, fe.capasso@libero.it

***Laureando, ISCR, Via Luigi Lavista, 75100, Matera, +393331204108, giandomanuel95@outlook.it

TEMA: Chiese rupestri e ipogei

Abstract

Il pessimo stato di conservazione degli affreschi della cripta di San Vito Vecchio a Gravina in Puglia, staccati più di sessant’anni fa e oggi a rischio, ci invita a riflettere sulle difficili scelte operative che gli ambienti rupestri spesso impongono a chi si occupa della loro conservazione e più in generale sulle implicazioni etiche e pratiche dell’operazione di estrazione dei dipinti murali.

Il mirabile ciclo affrescato, comprendente un monumentale Cristo pantocratore nell’abside e due teorie di santi sulle pareti laterali, viene datato tra la fine del XII secolo e la prima metà del XIII e rappresenta uno tra i complessi meglio conservati della pittura rupestre medievale pugliese. Nel 1957 l’Istituto Centrale per il Restauro attese allo stacco totale degli affreschi, secondo il progetto del suo direttore Cesare Brandi che avrebbe voluto riunire diverse testimonianze pittoriche della civiltà rupestre meridionale in un unico museo dell’arte bizantina. L’estrazione dei dipinti venne così eseguita conservando, grazie a controforme e supporti rigidi opportunamente sagomati, le forme e i volumi della cripta. L’intervento, considerato eccezionale per quell’epoca, riscosse notevole successo quando, nel 1958, l’intera chiesa rupestre ricomposta venne esposta nel Padiglione italiano dell’Esposizione Universale di Bruxelles. Questa fu la prima tappa di un percorso espositivo che vide il monumento viaggiare per diversi musei europei fino a trovare la collocazione definitiva solo dieci anni dopo a Gravina, presso la Fondazione Ettore Pomarici Santomasi.

Attualmente, inadeguate condizioni conservative stanno compromettendo l’integrità di questi affreschi, la cui storia, circa il difficile problema della conservazione degli edifici rupestri nel loro contesto ambientale, può ritenersi emblematica.

I principi teorici e pratici che sottendono la conservazione preventiva e alla manutenzione programmata, e che circoscrivono oramai l’impiego dello stacco a situazioni di emergenza, devono essere adottati nella gestione e nella tutela degli ambienti rupestri.

Oltre al danno procurato ai dipinti della chiesa rupestre di Gravina, decontestualizzati in favore di una presunta “migliore” conservazione museale, va preso in esame il grave detrimento del sito originale da cui tali dipinti sono stati staccati; infatti la chiesa, privata del suo ciclo pittorico, è caduta nell’oblio e oggi versa in stato di totale abbandono.

Inquadrando il monumento come bene strettamente connesso al contesto paesaggistico e lo stesso paesaggio come bene culturale, il contributo si interroga sulle modalità di un nuovo intervento di restauro che dovrà affrontare la conservazione di un supporto il cui valore storico richiede un’attenta riflessione teorica, e sulla fattibilità di una ipotesi di ricollocazione dei dipinti nel sito originario.

Introduzione

Il visitatore che raggiunge Gravina in Puglia non può esimersi dal fermarsi nel museo della Fondazione Ettore Pomarici Santomasi, allestito in uno storico palazzo nobiliare. Lì, al piano interrato, troverà un ciclo pittorico (datato dal XII al XIII secolo) di notevoli dimensioni, in quella che, a prima vista, sembrerebbe una vera cripta. In seguito, un cartello esplicativo lo informerà che l’ambiente che accoglie i dipinti, staccati nel 1957 dalla chiesa originaria di San Vito Vecchio, presso la contrada le Fornaci, non è originale. La struttura di supporto su cui i dipinti sono attualmente allestiti ripropone fedelmente nelle forme, nei volumi e nei colori quelli della chiesa da cui provengono.

A stupirci, oltre alla perizia nell’esecuzione dello stacco e l’ingegno con cui il supporto è stato progettato, è l’importanza che questo monumento riveste nella storia della conservazione delle chiese rupestri. Rappresenta, infatti, uno dei primi momenti di riflessione sull’arte rupestre medioevale del Sud Italia in cui i monumenti

vengono reconsiderati nella loro totalità e riletti come un unicum: “La ragione dell’importanza di queste pitture è assai complessa proprio perché, presa una per una, non possono aspirare ad essere considerate opere d’arte assolute, mentre nel loro insieme, come documentazione di un ramo collaterale della pittura bizantina, hanno un’importanza indissolubile e costituiscono ormai un complesso unico, che va dal secolo X al secolo XIV” [1]. La valutazione delle opere nel loro insieme, maturata in prima persona da Cesare Brandi, non si limitò ad un giudizio storico-artistico, ma si estese anche agli aspetti conservativi; il direttore dell’allora ICR aveva compreso che il problema andava inquadrato globalmente: “Bisogna infatti tener presente che gli affreschi delle cripte basiliane sono una serie che non ha riscontro né in Grecia, né in Siria, ma solo in Cappadocia, ovviamente con altra facies culturale e figurativa. Lasciare perdere del tutto questo patrimonio tanto compromesso non è degno di una nazione civile” [2].

Nel confrontarsi nuovamente sulla conservazione delle chiese rupestri, appare evidente che l’intuizione brandiana rappresenta, a distanza di sessant’anni, ancora il punto di partenza, l’unico approccio metodologico riferibile a questo complesso di opere che non può essere considerato se non nella sua unitarietà. Il progetto brandiano non si limitava all’immediatezza della leggibilità pittorica o alla restituzione di un codice figurativo, ma si proponeva di valorizzare queste testimonianze artistiche riunendole in un museo a loro dedicate.

Sebbene tale approccio presenti i limiti teorici propri di quel periodo storico, quali la scelta di privare i dipinti del loro contesto architettonico tramite lo stacco, si contraddistingue tutt’oggi per la sua lungimiranza nella volontà di salvaguardare questo patrimonio in maniera unitaria, contrariamente a quanto è stato realizzato nei decenni successivi. Non è raro imbattersi in edifici rupestri semiconfinati la cui specificità è stata stravolta da inadeguati interventi di recupero, oppure in interventi *site-specific*, che hanno slegato gli edifici dal loro contesto rupestre a favore di una promozione turistica mirata a valorizzare solo i siti di maggiore attrattiva culturale.

Il progetto di Cesare Brandi

Dalla fine della seconda guerra mondiale l’Italia usciva devastata da bombardamenti che non avevano risparmiato i suoi maggiori monumenti d’arte. Tra gli esponenti del mondo della cultura, da un lato persisteva il timore di nuovi conflitti e dall’altro si affermava un atteggiamento positivo verso il recupero del patrimonio distrutto dalla guerra.

Esemplificativa di questa temperie culturale è la raccolta di lettere pubblicate da Calamandrei sulle pagine della sua rivista, firmate da Longhi, Venturi e Bianchi Bandinelli. *Per la salvezza del nostro patrimonio artistico* [3] rappresenta l’accurato appello di chi vedeva nella tecnica dello stacco l’unica via perseguibile per salvaguardare la nostra pittura murale: era necessario al più presto organizzare e allestire un piano per la rimozione dei principali cicli pittorici parietali e un piano tecnico e geografico per creare rifugi per queste opere. Le motivazioni di tanta apprensione andavano per lo più ricercate nelle esperienze fortemente traumatiche vissute in prima persona da alcuni studiosi, quali il bombardamento del Camposanto di Pisa e del Cenacolo vinciano. Fu Longhi a dare inizio a una nuova stagione sulla conservazione dei dipinti murali: a partire dalla sua mostra *Il Trecento bolognese*, in cui espose il ciclo di Vitale da Bologna [4], i dipinti murali staccati furono paragonati a dipinti mobili, godibili alla stessa stregua poiché oramai accessibili ad una visione ravvicinata, laddove, ancora in situ, sarebbero stati ammirati unicamente in occasione di un restauro. Le conseguenze furono inevitabili, e da quel momento ogni manifestazione di una certa rilevanza culturale avrebbe mostrato cicli di dipinti il cui stacco sarebbe stato programmato in funzione dell’evento espositivo [5].

In questo contesto culturale in cui prevaleva l’allarmismo, si discostò l’esperienza dell’Istituto Centrale per il Restauro che, sin dai primi anni della sua istituzione, pur trovandosi ad intervenire in situazioni d’emergenza che avevano costretto a staccare decorazioni parietali, aveva sempre eseguito questo tipo di intervento in maniera ragionata.

E’ in questi anni che nel corso dei suoi viaggi in Puglia Brandi rilevò la criticità dello stato di conservazione delle chiese rupestri, e constatò [6] come tale patrimonio si fosse ridotto di un terzo rispetto alle ricognizioni effettuate da Medea, Lenormant, Berteaux, di qualche decennio precedenti. A questi siti, per lo più utilizzati dalle popolazioni locali come “asilo di capre e di pastori” [7] veniva negato il valore di testimonianza storica. Il progresso sociale, economico e tecnologico riguardava essenzialmente i centri urbani e una realtà periferica come quella delle campagne pugliesi stentava a progredire. Le cripte venivano percepite in maniera duplice e discordante: come oggetto dalla popolazione e come soggetto da pochi studiosi. Questa constatazione indusse Brandi ad elaborare un nuovo modello di fruizione, un museo che sarebbe diventato il fulcro di un’intera cultura e di una rinnovata concezione del museo stesso. Una preliminare ricognizione del territorio avrebbe permesso di definire una mappatura dello stato di conservazione degli apparati decorativi. Successivamente si sarebbe

proceduto con l'estrazione di tutti i dipinti recuperabili e, previa selezione, delle porzioni più rappresentative di quelli compromessi. Qualora il monumento fosse ancora adibito al culto, Brandi proponeva di sostituire la decorazione asportata con una copia a colori su stampa.

Fu poi oggetto di dibattito la destinazione finale di queste opere: da un lato il progetto di unificare il patrimonio decorativo in un'unica sede, a Lecce; dall'altro l'ipotesi della sua dislocazione in tre diverse sedi museali corrispondenti alle tre aree di maggiore rappresentanza del fenomeno rupestre: Lecce per il Salento, Matera per la Murgia e Reggio Calabria per la Calabria. Nel propendere per la prima ipotesi, fin da subito fu chiara la consapevolezza che non si sarebbe trattato di un progetto di semplice realizzazione. Le difficoltà principali erano rappresentate, indubbiamente, dall'ingente impegno economico necessario per questa operazione.

Sulla scorta di tale progetto, nel '55 alcuni tecnici dell'Istituto Centrale del Restauro [8] diretti da Brandi procedettero con lo stacco della Cripta di Santa Maria a Poggiardo [9]. L'esperienza maturata nel sito in provincia di Lecce portò a concludere che le metodiche operative di rimozione dei dipinti e del loro restauro adottate di consueto non fossero applicabili indistintamente su qualsiasi chiesa rupestre: "non è in alcun modo possibile l'applicazione della tecnica dello strappo e dello stacco, normalmente adottata, ma è necessario procedere alla resecazione della roccia, con fatica e dispendio che può essere anche imprevedibile, poiché la difficoltà di tal genere di lavoro può essere misurata soltanto dopo che esso è stato compiuto, non certo prima" [10]. Pertanto, nell'intervento condotto presso la Chiesa di San Vito Vecchio si adoperò la tecnica dello stacco a massello, avvalendosi anche dell'aiuto di manodopera locale per tagliare la pietra di supporto. Mentre le decorazioni della chiesa di Poggiardo furono esposte come singoli pannelli, i dipinti di Gravina furono staccati nell'ambito di un progetto che proponeva, per una sede museale, una ricostruzione fedele della chiesa da cui erano stati estratti.

L'intervento, ritenuto eccezionale, venne acclamato a Bruxelles, in occasione dell'Esposizione Universale del '58, quando gli affreschi vennero esposti con il loro nuovo supporto nel padiglione italiano. Le ragioni di questo successo, riscosso a livello nazionale ed internazionale, risiedettero in "una tecnica moderna e perfetta, che lascia intatte le pitture anche nella loro forma architettonica" [11]. In seguito il monumento fu esposto alla Mostra delle Cripte pugliesi ai Mercati Traianei e alla Mostra dell'arte Bizantina ad Atene, per trovare la collocazione definitiva solo dieci anni dopo a Gravina, presso la Fondazione Ettore Pomarici Santomasi.

Il progetto di Brandi naufragò per difficoltà di ordine burocratico ed economico e per le rimozioni delle comunità locali poco disposte a cedere definitivamente le loro opere a un museo che non fosse quello della città di provenienza. Esemplificativo fu il caso di Gravina, la cui cittadinanza si rivolse ad esponenti della politica nazionale per scongiurare il rischio di perdere la podestà del Bene: "il Comune è disposto a compiere quanto necessario per la conservazione e la custodia della grotta e degli affreschi" [12].

San Vito Vecchio: la situazione attuale

Attualmente il sito da cui furono estratti gli affreschi è in stato di abbandono e mostra al suo interno i segni dell'operazione di stacco, vere e proprie ferite ancora aperte. Ulteriori tagli, riferibili al momento in cui il luogo di culto fu utilizzato come cava per l'estrazione di calcare, ne alterano il prospetto. In analoghe condizioni versano gli altri siti di interesse storico artistico del Parco delle Murge, abbandonato alla più totale incuria.



Fig. 1: La facciata del sito di San Vito Vecchio in contrada delle Fornaci. A sinistra si notano i tagli eseguiti durante le operazioni di estrazione della pietra.



Fig. 2: tagli inferti durante l'operazione di stacco a massello dei dipinti sulle superfici delle pareti interne

Nel museo, la struttura di sostegno e il supporto dei dipinti staccati riproducono in maniera fedele la struttura architettonica della cripta. Il sistema è costituito da uno scheletro ligneo, composto da un modulo quadrato che si ripete e che al suo interno presenta una rete metallica affogata in uno strato di gesso su cui si ancorano i dipinti. In occasione della sua definitiva ricollocazione, per conferirgli maggiore stabilità, l'ambiente rupestre ricostruito venne reso solidale alle pareti del palazzo che lo ospitava con vincoli lignei e metallici. La struttura fu poi collocata su una base costituita da conci di calcarenite locale in modo da distanziare i dipinti dal suolo e rialzare la decorazione fino alla quota originale.



Fig. 3 a,b e c: a) telaio ligneo che costituisce lo scheletro portante del supporto;
b) applicazione della rete metallica di rinforzo all'interno del telaio;
c) due tecnici dell'Istituto mentre provano il posizionamento dei dipinti sul nuovo supporto

Il sito originario, privato dei suoi affreschi, nel tempo ha perso di interesse. Tuttavia, nonostante sessant'anni di incuria e abbandono, aggravato dalla presenza di un foro nella volta [13], l'edificio oggi non presenta particolari danni e alcuni frammenti di affreschi, risparmiati allo stacco, appaiono ancora in discrete condizioni conservative. Sono riscontrabili le tipologie di degrado proprie degli ambienti rupestri: veli carbonatici, lacune e abrasioni di natura antropica causate probabilmente dall'utilizzo del sito da parte di pastori, ma non si rilevano gravi distacchi dell'intonaco e della pellicola pittorica.

Differente appare la situazione all'interno del museo, poiché si riscontrano problemi conservativi a carico della pellicola pittorica e della struttura di sostegno [14]. Infatti, la scelta nel 1968 di collocare il ciclo nella sala del piano interrato del palazzo ospitante ha determinato, da allora ad oggi, una serie di criticità. L'ambiente non risulta stabile dal punto di vista termoigrometrico poiché è comunicante con l'esterno tramite una piccola grata collocata a circa 70 cm al di sopra del piano stradale, che in caso di abbondanti piogge favorisce l'ingresso dell'acqua all'interno dell'ambiente. L'integrità del dipinto risulta anche compromessa da umidità di risalita [15] veicolata all'interno della struttura dal filare di conci di calcarenite posto alla base dei dipinti. La presenza di uno strato di gommalacca sulla pellicola pittorica ne riduce la traspirabilità, impedendo i normali e fisiologici scambi termoigrometrici tra il dipinto e l'ambiente esterno. Questi fattori, nel loro complesso, sono responsabili dei difetti di adesione della pellicola pittorica, che si presentano come sollevamenti a tenda e cadute in forma di scaglie.

Anche i materiali impiegati per la realizzazione della struttura di sostegno, quali il ferro e il gesso, fortemente degradabili in condizioni di umidità, potrebbero essere causa dei danni a carico della pellicola pittorica e del supporto stesso. Inoltre, detriti e frammenti ascrivibili al supporto, rilevati nell'intercapedine fra la struttura di sostegno e le pareti dell'edificio, fanno ipotizzare che i vincoli lignei e metallici che rendono solidale la struttura di sostegno dei dipinti con le mura del palazzo, ossidati, siano causa di degradazione; è altresì possibile che le vibrazioni prodotte dal traffico veicolare inducano sollecitazioni meccaniche in grado di generare tensioni che producono microfratture e scagliature del supporto.

La compagine del monumento è quindi ripetutamente sottoposta a sollecitazioni che concorrono simultaneamente all'inevitabile decadimento entropico.

L'eredità di Brandi

Qual è il futuro di questo stacco eccezionale? Sicuramente è necessario intervenire sulle criticità conservative dell'opera nel museo, eliminando le origini del fenomeno di risalita capillare e promuovendo una campagna di indagini microclimatiche che fornisca dati utili alla sua corretta conservazione e fruizione.

Dopo un'accurata analisi strutturale, si dovrebbe valutare l'opportunità di rimozione dei vincoli metallici e lignei che trasmettono le sollecitazioni meccaniche al supporto.

Eliminate le cause del degrado, si dovrà procedere con una revisione del restauro brandiano. Questa fase riguarderà prevalentemente i trattamenti eseguiti sulla pellicola pittorica; una riflessione a parte richiederà il supporto: il suo valore storico è da anteporre alla ricerca delle soluzioni più aggiornate dal punto di vista tecnologico e prestazionale, che nell'arco di diversi anni diventano obsolete al ritmo dell'innovazione scientifica. L'intervento della chiesa di San Vito Vecchio rappresenta un pilastro della storia del restauro delle chiese rupestri e pertanto riteniamo che il suo supporto debba essere conservato.

Il recupero dei dipinti della chiesa di Gravina ha rappresentato il momento fondamentale della realizzazione di un progetto lungimirante, che mise a fuoco il problema della conservazione degli edifici rupestri i cui termini, tutt'oggi, ci troviamo ad affrontare. Mancano, infatti, un catalogo che raggruppi tutte le chiese rupestri medievali del Sud Italia interessate da analoghi fenomeni di degrado (gli autori di questo testo si stanno adoperando per la sua progettazione) e una schedatura che individui le specificità di queste opere. Manca anche un protocollo d'intervento che fornisca indicazioni metodologiche e che non si configuri come una lista di operazioni da applicare indifferentemente.

L'assenza di questi strumenti conoscitivi contribuisce alla progressiva perdita di consapevolezza di un patrimonio che è strettamente legato al suo territorio. Il fenomeno delle chiese rupestri è infatti indissolubilmente connesso al suo paesaggio, costituito da una roccia che si lascia facilmente scavare, modellare e abitare. La simbiosi tra paesaggio e presenza antropica a Gravina è dovuta alla morfologia del suo territorio, dove l'abitato nei secoli si è sviluppato a ridosso di quel fenomeno geologico che è la gravina, tanto da determinarne l'identità e il nome stesso della città. Pertanto non si può affrontare un intervento conservativo se non prendendo in considerazione l'intero habitat rupestre: il contesto tutto riveste grande importanza ed è costituito dai luoghi, dalla popolazione, dalle opere e dalla cultura della conservazione che le ha trasmesse a noi. Sarà quindi necessaria un'adeguata campagna di sensibilizzazione che miri a rendere i cittadini più consapevoli della storia e della ricchezza che il loro territorio offre.

All'interno del museo della Fondazione Pomarici, le vicende storiche relative al ciclo pittorico di San Vito Vecchio non sono di immediata comprensione: le informazioni offerte a chi legge, se ritenute già minime da uno specialista del settore, possono apparire oscure ad un visitatore estraneo al mondo della conservazione, oltre che poco interessanti. I dati utili alla piena comprensione di quest'opera sono la sua contestualizzazione storica come edificio di culto rupestre e le vicende conservative che hanno interessato i dipinti e il sito da cui questi provengono, senza dimenticare l'importanza che questo intervento ha assunto nel progetto di Brandi. Queste informazioni sono necessarie affinché il visitatore non confonda la chiesa originale con la struttura di sostegno realizzata per i dipinti staccati, e comprenda che l'operazione di stacco costituisce sempre un evento traumatico che determina la separazione fisica e concettuale degli apparati decorativi dal loro contesto architettonico. L'esperienza di visita non può considerarsi veramente completa se non accompagnata da un'escursione al sito originario che ha perso la sua sacralità, ma non il valore di testimonianza storica. Il percorso potrebbe estendersi alla visita dell'intero parco rupestre gravinese che custodisce ulteriori siti di interesse per i quali oggi è necessario un progetto di riqualificazione globale. Ma prestando attenzione a non incorrere nel rischio di una fruizione incontrollata, che trascurando l'identità dell'ambiente, ne stravolge la destinazione: siano di esempio le chiese rupestri semi-confiniate, convertite in musei chiusi con dannose conseguenze per l'integrità dei dipinti in esse custoditi. In questi edifici si constata di frequente la presenza di sorgenti luminose dalle caratteristiche tecniche non idonee, applicate per illuminare porzioni degli apparati decorativi originariamente buie, causando sulle superfici la proliferazione di patine biologiche. Altre volte, le biglietterie si inseriscono all'interno degli edifici, costituendo un ingombro visivo che ne compromette la godibilità totale.

Nell' "età del turismo" [16] è certamente più difficile contemperare le esigenze della fruizione con quelle per una corretta conservazione, tuttavia, se si vuole ipotizzare il destino della chiesa di San Vito Vecchio, si spera che venga dettato o guidato da competenza e buon senso e dai più sinceri interessi per le radici di una cultura che affondano nella solida pietra delle gravine millenarie.



Fig. 4: I dipinti staccati e allestiti nel nuovo supporto, così come appaiono nella sala del museo della fondazione Ettore Pomarici Santomasi di Gravina

Ringraziamenti

Troviamo doveroso ringraziare la Fondazione Ettore Pomarici Santomasi per averci permesso di condurre questo studio e aver autorizzato la diffusione del materiale fotografico. Rivolghiamo anche un sentito ringraziamento alla dott.ssa D'Agostino e alla dott.ssa Zingarelli, rispettivamente responsabili dell'Archivio storico dell'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro e dell'Archivio storico di Bari, per la disponibilità dimostrataci. E infine ringraziamo l'amico e collega Sokol Muca per il continuo e costruttivo confronto.

NOTE

[1] Brandi, 1960, citato da Gelli, 2015, pp. 50-52

[2] ASICR, fasc. II A1, Lecce, cripte eremitiche della Puglia. *Lettera di Brandi al Direttore Generale delle Antichità e Belle Arti*, 23 dicembre 1954

[3] Bianchi Bandinelli, Venturi, Longhi, 1950, p. 1402

[4] La mostra, inaugurata nel 1950, raccoglieva le testimonianze dell'esperienza pittorica del Trecento bolognese e, secondo il suo curatore, il ciclo affrescato da Vitale da Bologna ed aiuti nella ex-chiesa di Santa Apollonia di Mezzaratta (BO) doveva essere staccato per poter essere lì esposto. Per un maggiore approfondimento della vicenda legata a questi dipinti cfr. Volpe A., Mezzaratta, Bologna 2005.

[5] Ciancabilla, 2014, pp. 52-53

[6] ASICR, fasc. II A1, Lecce, cripte eremitiche della Puglia. *Lista confronto chiese rupestri con legenda*

[7] Archivio Storico Istituto Centrale del Restauro, fasc. II A1, Lecce, cripte eremitiche della Puglia. *Lettera di Brandi al Soprintendente alle Gallerie e ai Monumenti di Bari*, 5 novembre 1953

[8] I lavori furono eseguiti da Stefano Locati e Giuseppe Moro sotto la supervisione tecnica dello storico dell'arte Roberto Carità;

[9] L'intervento di stacco dei dipinti murali della chiesa di Santa Maria degli Angeli a Poggiardo fu il primo stacco condotto in seno al progetto di Brandi;

[10] AISCR, fasc. II A1, Lecce, cripte eremitiche della Puglia. *Lettera di Brandi alla Cassa per il Mezzogiorno*, 31 gennaio 1957

[11] P. Bucarelli, *Tesori famosi sottratti alla rovina*, in "La Sera", 22 aprile 1958

[12] Archivio di Stato di Bari, BA XXIII - busta 30, *Lettera di Francesco Lonero, presidente dell'Ente Provinciale per il turismo, al Ministro della Pubblica Istruzione*, 30 giugno 1962

[13] Questo foro era già presente al momento del primo sopralluogo di Brandi: "Segui la ricerca di della cripta di San Vito Vecchio. E questa era data come rinchiusa in un orto e che vi si accedesse dall'alto. [...] Arrivati in cima ecco che vi si scopre l'orifizio, che, quando, invece di esserci un baratro, lì c'era un orto, dava un accesso dal soffitto. Era la volta di calarsi. E sotto i nostri piedi rotolarono le pietre che dovevano servire a scendere. Io pensavo amaramente a chi si illude di farci del turismo, con codeste cripte, e vorrebbe lasciare i dipinti sul posto.

Questa di San Vito, che da cripta sotto terra era diventata uno spezzone di sasso da arrampicarsi come su una parete di montagna, non si sa a chi potesse essere dedicata, se agli studiosi o ai rocciatori”. Brandi, 2018

[14] Massari G., *Gli affreschi malati di San Vito Vecchio di Gravina vanno curati e salvati*, in *Giornale di Puglia*, 30 agosto 2014

[15] Le indagini termografiche eseguite dal dottor Fabbretti nel 2013 mostrano più chiaramente l'intensità del fenomeno. Cfr. *Indagini conoscitivo-diagnostiche preliminari all'intervento conservativo-manutentivo e di restauro*, G. Fabbretti, Roma, 14/05/2013

[16] D'Eramo, 2017

BIBLIOGRAFIA

1. Bianchi Bandinelli R., Longhi R., Venturi L., *Per la salvezza del nostro patrimonio artistico*, in *Il Ponte*: rivista mensile diretta da Piero Calamandrei, La Nuova Italia, Firenze, 1950
2. Brandi C., *Teoria del restauro*, Einaudi, Torino, 2016;
3. Brandi C., *Pellegrino di Puglia*, Bompiani, Milano, 2018;
4. Ciancabilla L., Spadoni C. (a cura di), *L'incanto dell'affresco. Capolavori strappati da Pompei a Giotto, da Correggio a Tiepolo*, catalogo della mostra, Ravenna, Mar, 16 febbraio-15 giugno 2014, Cinisello Balsamo, 2014, 2 voll.;
5. D'Eramo M., *Il selfie del mondo. Indagine sull'età del turismo*, Feltrinelli, Milano, 2017;
6. Gelli U., *Musei interrotti. Brandi (e Minissi) in Puglia*, Manni, Lecce, 2015;
7. D. Giordano, *La Puglia nei documenti, il comprensorio rupestre appulo-lucano: casali e chiese da Gravina al Bradano*, Levante, Bari, 1991, pp. 106-112;
8. Medea A., *Gli affreschi delle cripte eremitiche pugliesi*, Roma 1939;
9. Mora P., Mora L., Philippot P., *La Conservazione delle pitture murali*, Compositori, Bologna, 1999, pp.265-308;
10. Settis S., *Italia S.p.A.*, Einaudi, Torino, 2016;
11. Urbani G. (a cura di), *Problemi di conservazione: atti della Commissione per lo Sviluppo Tecnologico della Conservazione dei Beni Culturali*, Compositori, Bologna, 1973;

I COMPLESSI RUPESTRI DEL PARCO DELLA MURGIA MATERANA. PROPOSTA METODOLOGICA DI SCHEDATURA CONSERVATIVA

Francesca Castiello*, Erika Maddalena, Cesare Crova*****

*Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, via Luigi La Vista n. 5, 75100, Matera,
+39 3294147439, castiello_francesca@hotmail.it

**Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, via Luigi La Vista n. 5, 75100, Matera,
+39 3341769793, maddalena@live.it

***Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, via di san Michele n. 25, 00153, Roma,
+39 3394588513, cesare.crova@beniculturali.it

Abstract

Nell’ambito del corso di *Patologie dell’architettura* della SAF di Matera dell’Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro sono stati affrontati temi di ricerca sulla conservazione dei complessi rupestri materani. In particolare, il degrado causato dalle particolari condizioni ambientali ha innescato una risoluta volontà di approfondirne lo studio per garantire la migliore conservazione delle decorazioni pittoriche e l’integrità strutturale di questi siti. Partendo da un caso di studio rappresentativo è stata elaborata una proposta di implementazione del sistema di georeferenziazione, esistente all’interno del programma coordinato dall’Ente Archeologico Storico Naturale delle Chiese Rupestri del Materano, attraverso la creazione di una scheda conservativa. In collaborazione con l’Ente Parco è stato possibile delinearne una che, oltre ai dati storici e architettonici, permetta di indagare gli elementi costitutivi, le tecniche costruttive, le alterazioni e quelle informazioni relative al monitoraggio ambientale e alle indagini diagnostiche. Sarà così possibile attraverso una scheda semplice e intuitiva, poter avere una panoramica complessiva che abbracci la storia e lo stato di conservazione di un determinato bene, inserito in un percorso di sentieri culturali.

Introduzione

Il Parco Archeologico Storico Naturale delle Chiese Rupestri del Materano, detto anche Parco della Murgia Materana, istituito nel 1990 comprende i territori dei Comuni di Matera e Montescaglioso, si estende per circa 8000 ettari di superficie, al confine orientale tra la Basilicata e la Puglia; insieme ai Sassi di Matera è nel patrimonio UNESCO e custodisce al suo interno rari esempi di *habitat* rupestre [1]. Nel parco sono presenti attestazioni di insediamenti in grotta sin dal periodo Neolitico, ma sarà nel Medioevo che lo sviluppo del monachesimo benedettino prenderà piede lasciando testimonianza in molte chiese rupestri; degni di nota sono anche i casali rupestri e le cappelle funerarie legate alle istituzioni religiose e alle esigenze della popolazione locale [2]. La presenza di grotte e la geomorfologia del banco roccioso sono il motivo principale della scelta del luogo; infatti, il territorio materano è caratterizzato da rocce sedimentarie carbonatiche, che si distinguono in due tipologie, il “calcare di Altamura” e la “calcarenite di Gravina”, per cui il materiale molto tenero e facilmente lavorabile favorisce la realizzazione di grotte artificiali realizzate scavando la roccia.

Dal punto di vista geologico, il “calcare di Altamura” risale al Cretaceo superiore ed è caratterizzato da granuli prevalentemente microscopici con gusci di animali marini e alghe [3]. La sovrastante “calcarenite di Gravina” è invece geologicamente più recente, poiché la stessa area è stata soggetta a una seconda fase di subsidenza con conseguente innalzamento del livello marino. Essa è caratterizzata da rocce carbonatiche con granuli riconoscibili anche ad occhio nudo. La rapida diagenesi sviluppatasi a seguito dei processi fisico-chimici e della pressione esercitata dai sedimenti carbonatici, ha conferito al materiale un discreto grado di compattezza.

Tali caratteristiche sono elementi connaturanti delle 58 chiese rupestri del Parco le quali sono visitabili grazie a sentieri geolocalizzati e a 30 guide formate e abilitate dall’Ente Parco. Tuttavia è difficile un controllo degli accessi agli ambienti rupestri, in quanto non tutti gli accompagnatori chiedono l’autorizzazione all’Ente Parco per la visita; inoltre, circa l’80% delle chiese sono private. Un aspetto importante è perciò la sinergia che si dovrebbe innescare tra i proprietari, le guide turistiche e gli Enti di ricerca, con il fine comune della salvaguardia e della valorizzazione di questo importante patrimonio culturale.

Il contributo che segue indaga l’argomento soffermandosi su un caso di studio all’interno del Parco, la chiesa di sant’Eustachio, allo scopo di inquadrare i problemi di conservazione più comuni presenti nelle chiese rupestri, proponendo una scheda conservativa che implementi il database esistente e documenti lo stato di fatto, l’approccio metodologico e le soluzioni per intervenire nel concreto. Si parte dunque dallo studio della calcarenite organogena che caratterizza il banco roccioso lucano, di cui è ormai nota l’interazione fisico-chimica con l’ambiente e quindi il comportamento geologico dei materiali costitutivi. La dinamicità o staticità delle rocce, infatti, dipende dai gradienti termici determinati e influenzati dai cambiamenti climatici e dalla pressione antropica. Trascurare i fattori che compromettono la conservazione del bene è l’errore che non bisogna

commettere, perché comporta rischi non solo dal punto di vista conservativo del patrimonio artistico, culturale e iconografico, ma soprattutto problemi legati a fenomeni di degrado che potrebbero provocare possibili crolli. Esso costituisce un pericolo non solo per il costruito, che andrebbe inesorabilmente perso, ma anche per le conseguenze sull’*habitat* naturalistico e faunistico nell’immediato circondario.

[F.C.-E.M.]

Le chiese rupestri del materano

Le chiese rupestri sono una presenza originale e caratteristica delle campagne pugliesi e materane, ritenute a torto grotte informi, copie imperfette della più nobile costruzione in muratura. È un’edilizia minore, ma dotata di ricca fantasia e una robusta vena rustica, che spesso ha conservato inalterata l’originaria spazialità interna, viceversa snaturata nelle fabbriche in muratura [4].

Complessivamente tra Puglia e territorio materano sono 380 le chiese rupestri classificate, strutture nate a partire dall’età medievale, scavate nella roccia costituita da un materiale tenero come la calcarenite di Gravina, facile da cavare, che ha favorito lo sviluppo di un *habitat* rupestre, costituito da casali e chiese dotate di decori architettonici con affreschi spesso molto raffinati [5].

Si tratta di una produzione architettonica che, secondo il Venditti, trova i suoi archetipi in quella bizantina, ritenuta un tipo di struttura troglodita, dove va messa in evidenza la capacità di adattare il sistema alla natura del luogo e ai caratteri dell’insediamento [6]. Per lo studioso, alcune delle chiese del materano sono da attribuire all’opera dei monaci basiliani, benché molte rivelino strutture ispirate alla produzione architettonica orientale, desumibili da alcuni particolari imposti della liturgia bizantina, come le iconostasi, le cattedre o l’orientamento delle tre absidi verso levante, ma anche per lo svolgimento planimetrico d’insieme e non mancano particolarità morfologiche, come le nicchie intagliate sulle pareti rocciose, che rimandano a esempi dell’Asia minore e della Cappadocia, o le cupole ricavate nel masso tufaceo [7]. In alcuni casi possono derivare dalla convergenza tra l’arte rupestre basiliana, secondo l’asse sud-nord, con quella pittorica benedettina delle grotte e degli oratori di Campania e Molise, discendente seguendo l’asse nord-sud, dove tradizione greca e orientale incontra quella latina e franco-germanica [8]. Benché scavata, l’architettura bizantina delle chiese rupestri rappresentava un *unicum* perché ne associava una costruita, in positivo, a una escavata, perciò in negativo, che qualche volta tentava nella tecnica differente di seguire quanto più era possibile da vicino i modi dell’altra; due indirizzi diversi, ma che potevano e dovevano coesistere allo stesso tempo e all’interno dello stesso territorio, perché espressione di una corrente più colta della popolazione e dell’alto clero, da un lato, e del popolo e del monachesimo, dall’altro [9].

Lo studio di questo tipo di architetture è relativamente recente; quelli iniziali sono della prima metà del XIX secolo con il Volpe, mentre è alla fine del secolo che si inizieranno ad avere gli elenchi grazie al Diehl, al Bertaux, al Di Fraia, ai quali fecero seguito i lavori del Catanuto e del Gabrieli, fino a giungere ai lavori sistematici del gruppo de La Scaletta e di Dell’Aquila-Messina i quali ultimi concentrano l’attenzione su 109 delle 380 chiese rupestri catalogate tra Puglia e Matera [10]. La loro datazione assoluta è spesso difficile, per il pregiudizio che si sia trattato di un’architettura spontanea, precludendo la possibilità di riconoscere affinità formali, linguaggi espressivi comuni, maestranze specializzate, dovendo ricorrere a elementi quali epigrafi o affreschi datati, ma in aiuto giunge un linguaggio architettonico unitario, che sperimenta e codifica forme originali negli edifici di culto [11]. Si passa così dal modello ad aula rettangolare o quadrata (IX-X secolo), in cui l’area presbiteriale è divisa tramite diaframmi che ricordano i plutei delle recinzioni paleocristiane o protobizantine, alla pianta basilicale (fine XI-inizi XII secolo, l’età d’oro dell’edilizia rupestre) a quella a croce greca, in cui gli schemi planimetrici risentono, in alcune di esse, del passaggio dal rito greco a quello latino per via della trasformazione della liturgia o per rinnovate esigenze cultuali, per arrivare alla planimetria libera e incoerente, senza una precisa linea di sviluppo e che si andrà chiudendo in età tardogotica [12]. Una ripresa di interesse si avrà a partire dal XVI secolo, forse per l’impulso della riscoperta dell’ideale pauperistico francescano, anche se nel successivo XVII secolo, complice le nuove esigenze cultuali e il desiderio di modernizzazione, queste strutture saranno abbandonate perché considerate umide e poco confacenti alle celebrazioni liturgiche [13].

[C.C.]

Dalla georeferenziazione GIS ai sentieri culturali

Il patrimonio di chiese rupestri presente nel territorio del Parco della Murgia può essere esplorato attraverso l’utilizzo delle moderne tecnologie al fine di favorirne la conoscenza e la divulgazione, ricavando quindi informazioni utili a delineare anche i processi di manutenzione necessari per una corretta conservazione.

I rilievi architettonici di queste chiese risultano essere particolarmente complessi per la forte irregolarità delle superfici e dei volumi scavati nella roccia. La tecnologia laser scanner consente di realizzare per ciascun ambiente dei modelli tridimensionali precisi in tempi molto ridotti. I vantaggi sono molteplici: innanzitutto la

possibilità di estrapolare dal modello tutte le proiezioni in pianta e alzato; in secondo luogo è possibile un uso combinato con il GIS utilizzando i dati acquisiti in rappresentazioni tridimensionali.

Allo stato attuale sono disponibili sul SITA (Sistema Informatico Territoriale e Ambientale) i rilievi catastali effettuati nel 2003 dall’Ente Parco della Murgia sul patrimonio rupestre materano e montese [14]. Il censimento si è avvalso oltre che del supporto delle fonti bibliografiche, anche di una scheda codificata nella quale sono raccolti i soli dati catastali, la localizzazione e la condizione giuridica del bene. C’è quindi la necessità di implementare la piattaforma esistente sfruttando le potenzialità del Multipatch, una combinazione di superfici tridimensionali, simili agli oggetti convenzionali (punti, linee, poligoni) in formato “shapefile” e di attributi alfanumerici [15].

Le funzionalità interattive all’interno dei sistemi di navigazione con i comandi di interrogazione e visualizzazione 3D potrebbero essere proposte alla comunità GIS permettendo una facile comprensione della realtà 3D tramite il Multipatch proprio grazie alle combinazioni alfanumeriche, cosa che non riesce a fare la fotogrammetria. Inoltre è possibile convertire gli shapefile di tipo multipatch in formati dwg o dxf, per cui hanno facile diffusione nelle comunità GIS [16]. Le rappresentazioni 3D multipatch si possono integrare con le texture e le immagini in modo da realizzare interpretazioni fotorealistiche nel caso di ricostruzioni virtuali di chiese soggette a crolli o di atti vandalici, dando la possibilità all’utente di avere una panoramica più organica di quello che doveva essere lo stato iniziale dei luoghi. Altro vantaggio che si potrebbe ottenere se la georeferenziazione fosse accessibile dal web sarebbe la possibilità di geo-localizzarsi sul sentiero percorso per visitare i vari ambienti rupestri. Esiste infatti una interessante rete costituita da corridoi ecologici che collegano le diverse realtà del Parco, da Matera a Montescaglioso, favorendo il contatto uomo-natura-architettura. È importante pensare che questa interconnessione possa estendersi oltre il Parco murgiano abbracciando un contesto più ampio, di carattere interregionale, che possa quindi includere, oltre ad altri complessi rupestri lucani come quello melfese, anche realtà rupestri pugliesi, calabresi e siciliane. Sarà necessario attrezzare i sentieri con zone di sosta e ristoro, offrendo agli appassionati l’opportunità di assaggiare i prodotti tipici della regione che li ospita.

Infine, in assenza di una puntuale mappatura dello stato di conservazione **ovvero** dei fenomeni di degrado delle superfici delle chiese rupestri, diventa complicato analizzare i casi reali ai fini dei processi decisionali e della gestione dei dati territoriali e ambientali. Il presente contributo vuole proporre l’utilizzo di una nuova tipologia di scheda a corredo di quella già esistente nel SITA che affronti il problema delle chiese rupestri da un punto di vista conservativo e di monitoraggio all’interno di un sistema georeferenziato, un “geo-database” che raccolga le singole unità architettoniche 3D per avere una corretta documentazione e gestione del patrimonio culturale [17].

[F.C.-E.M.]

Chiesa di Sant’Eustachio di Selva Venusio. Problemi di degrado.

La chiesa di Sant’Eustachio (Fig. 1), il cui nome deriva da un affresco raffigurante il santo nella sua iconografia ufficiale, era parte di un complesso rupestre monastico più ampio, costituito da stalle e cisterne ad uso pastorale [18]. La scelta del sito come caso di studio è dovuta all’interessante corredo di informazioni e ai suoi problemi conservativi. All’interno del sistema georeferenziato SITA è schedata col n. 37 e ricade nella località Contrada Selva Venusio. Architettonicamente, i diversi ambienti si distribuiscono con schema centrico su più piani: il cenobio al livello inferiore e la cripta vera e propria al livello sopraelevato. L’accesso avviene tramite scalini intagliati nella roccia che conducono al sentiero sottostante, dal quale si accede in maniera poco agevole alla cripta. L’ambiente che precede la chiesa presenta sepolture ad arcosolio sulle pareti e tombe sul pavimento a dimostrazione dell’uso funerario. Quel che resta della cappella, a seguito di numerosi crolli che ne hanno modificato l’aspetto, sono tre absidi con altare e un pilastro con residuo di arco; procedendo sulla sinistra si accede ad una cappella absidata, introdotta da due archi a tutto sesto. Originariamente la chiesa era interamente affrescata, ma allo stato attuale restano solo una *Pietà*, dietro l’altare, la *Conversione di Sant’Eustachio*, sulla parete di destra, i *Santi Pietro e Paolo*, sulla parete opposta; accanto, una *Madonna con Bambino* priva dei volti e il *Martirio di Santo Stefano*.

La decorazione pittorica è opera di un artista locale databile presumibilmente al XVII secolo, data ipotizzata sulla scorta di confronti con opere coeve e per la presenza di alcune iscrizioni; proprio lo studio epigrafico potrebbe rappresentare un altro degli strumenti di datazione, che permettano di fissare un termine *ante quem*. A riguardo, sarebbe opportuno condurre una campagna fotografica in radenza, creando una banca dati utile a tutti gli studiosi per l’analisi di queste iscrizioni.

Dal punto di vista conservativo emerge la presenza di numerosi graffiti che hanno compromesso il complesso pittorico (Figg. 2-3). Questo rende necessario il loro rilievo di dettaglio, sia per documentare l’atto vandalico come evento che ha caratterizzato storicamente la chiesa, sia per predisporre un progetto di restauro per riconfigurare la leggibilità complessiva dell’opera. I graffiti, se da un lato rappresentano un’azione violenta, che altera la leggibilità dell’opera, dall’altro documentano la difficoltà che esiste nel controllo di un’area così vasta, con diversi punti di accesso, e la poca sensibilità verso questo importante patrimonio culturale dal valore

inestimabile. Diverse sono le patologie che innescano fenomeni di degrado, per esempio le concrezioni carbonatiche, che si sono sviluppate a seguito dei fenomeni di evaporazione e di condensa, con conseguente precipitazione di sali in superficie, particolarmente diffuse nelle zone d'ombra, che si manifestano con un velo biancastro che impedisce la corretta lettura figurativa degli affreschi [19]. Sui dipinti sono inoltre presenti lacune e sollevamenti della pellicola pittorica e fenomeni di decoesione dei diversi strati costitutivi; si osservano problemi legati all'umidità, di risalita capillare e da infiltrazione di acque meteoriche, con conseguente formazione della patina biologica, particolarmente evidente sulle pareti del catino absidale, dietro l'altare e nella porzione crollata del cenobio sottostante. La concentrazione di biodeteriogeni è localizzata anche agli spigoli delle pareti, sia nelle porzioni superiori che in quelle inferiori. Senza dubbio le condizioni di esposizione influenzano la crescita, tanto delle patine biologiche quanto della vegetazione infestante. All'esterno, infatti, è presente una rigogliosa vegetazione arborea ed erbacea, cresciuta in modo spontaneo in prossimità dell'accesso che ostruisce la fruibilità dell'opera. Altri fenomeni sono di carattere **strutturale** che hanno prodotto nei secoli alcuni crolli, il che testimonia la fragilità del territorio e la necessità di prevedere una documentazione dello stato di fatto che venga aggiornata con sistematicità, a cui sia poi associata un'opera di conservazione che favorisca la difesa e la valorizzazione del patrimonio culturale che le chiese rupestri rappresentano.

[F.C.-E.M.]



Figura 1. Matera. Complesso della chiesa di sant'Eustachio.

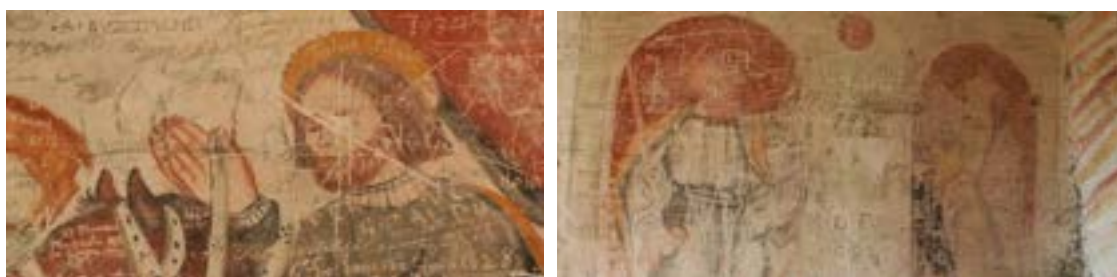


Figure 2 e 3. Matera. Chiesa di sant'Eustachio. Affreschi murali con evidenti segni di degrado da graffiti.

Monitoraggio e indagini multispettrali

Per poter avere un'idea della situazione generale e comportamentale degli ambienti architettonici è indispensabile un loro preventivo monitoraggio, sia esterno che interno alle chiese. Dovranno essere pertanto individuati dei punti di osservazione a quote altimetriche differenti nell'area del Parco, per valutare le differenze dello stress termoigrometrico cui sono sottoposte e per elaborare un piano d'intervento specifico. Per impostare e definire un progetto conservativo a cui faccia seguito una proposta di manutenzione programmata, è indispensabile procedere con l'acquisizione dei dati relativi sia al manufatto che all'ambiente, per poter elaborare un modello di scambi energetici manufatto-ambiente, nonché tra i singoli elementi architettonici che costituiscono il manufatto. Il progetto diagnostico si avvale di tecniche non invasive e non distruttive che

forniscono dati e relative informazioni sul sistema manufatto-ambiente, estensive sia nella dimensione spaziale che temporale, senza perturbare in alcun modo il sistema stesso. Le indagini a cui fare riferimento in questa fase progettuale sono due, microclimatiche e termografiche. Le prime sono finalizzate all'acquisizione delle variazioni di grandezze termo-igrometriche nel tempo, in alcuni punti localizzati opportunamente, mediante strumenti registratori che tengano conto anche della componente antropica e della sua influenza sulla corretta conservazione del bene. Le seconde sono invece orientate a definire, attraverso i dati acquisiti, la struttura nel suo insieme, sia rispetto i diversi elementi che la compongono che all'ambiente circostante. La termografia infatti collabora nella costruzione di mappe di scambio termico tra il manufatto e l'ambiente che vanno a interfacciarsi con i dati microclimatici, offrendo una panoramica generale più completa. L'indagine termografica, inoltre, consente di individuare le zone di rischio che sono quelle sottoposte alla massima sollecitazione termica e permette di comprendere la natura e la distribuzione dei fronti di umidità eventualmente presenti nella struttura, attraverso il supporto di rilievi conduttimetrici puntuali. Questo tipo di indagine può essere un valido supporto per individuare inoltre disomogeneità tecnico-costruttive, altrimenti non rilevabili ad occhio nudo [20].

L'individuazione delle aree preferenziali di degrado, dunque, è un elemento fondamentale per definire un corretto progetto di intervento conservativo poiché consente di determinare un controllo del rischio dei manufatti. Da qui è possibile stilare la lista delle condizioni più urgenti per poter intervenire operativamente ed estendere l'intervento stesso nel futuro, attraverso un progetto di manutenzione programmata. Infine, un'analisi comparata della distribuzione termica superficiale, prima e dopo gli interventi, potrà essere il mezzo con cui valutare l'efficacia dei trattamenti rispetto all'omogeneità di distribuzione.

Accanto a queste indagini viaggia l'analisi multispettrale, finalizzata a fornire informazioni sulle vicende conservative dei dipinti murali, il loro stato di conservazione e l'individuazione dei fenomeni di degrado in atto. Le tecniche di cui si avvale sono anch'esse non distruttive né invasive, finalizzate all'analisi degli elementi presenti sulle pellicole pittoriche e negli strati immediatamente sottostanti ad essa. Si sfruttano le caratteristiche di assorbimento, riflessione e trasmissione, spettrale e differenziale, della superficie stessa. Le analisi multispettrali sono indispensabili per individuare i punti di prelievo più significativi ottimizzandone la dislocazione e il numero. Le strumentazioni microanalitiche forniscono infine i dati che verranno correlati con le indagini multispettrali per poter valutare l'estensione degli elementi costitutivi e dei fenomeni di degrado, costruendo delle mappe tematiche di correlazione rispetto all'intera superficie pittorica indagata.

[F.C.-E.M.]

Proposta di scheda conservativa

La scheda di conservazione è uno strumento utile per una corretta gestione del territorio e del patrimonio culturale che in esso è custodito. Per la salvaguardia dell'ambiente rupestre è pertanto necessario stilare una scheda *ad hoc* che ponga l'attenzione sulle peculiarità della materia costitutiva e le particolari patologie di degrado, la quale si avvarrà di una documentazione fotografica e di una grafica. La fotografia è uno strumento indispensabile alla conoscenza e alla valutazione dello stato di conservazione e dell'entità del danno, dal momento che si avvale anche di particolari tecniche di ripresa, come la radenza che consente di leggere la superficie in maniera più analitica, rilevando fratture/fessure, sollevamenti, distacchi, graffi e tecniche esecutive, posizionando le lampade in una particolare angolazione e a una precisa distanza. A questa farà seguito una documentazione grafica con i software dedicati alla modellazione 2D e 3D, alle quali si farà riferimento per lo studio dello stato di fatto, il monitoraggio e la predisposizione di piani d'intervento attraverso le mappature delle alterazioni e delle patologie di degrado. I software di ultima generazione, infatti, permettono di stimare un giudizio sull'intensità o sull'entità del danno sia dal punto di vista qualitativo (elevato/medio/basso) che quantitativo, elaborando un calcolo in percentuale dell'estensione delle patologie sulla superficie complessiva. Entrambe le documentazioni andranno a corredo delle varie sezioni che costituiscono nell'insieme la scheda conservativa, strutturata secondo un sistema interattivo che permetta di catalogare più informazioni grazie a semplici comandi di interrogazione e visualizzazione 2D e 3D di navigazione.

Nello specifico, la scheda sarà composta da tre parti. Una prima, di carattere generale, in cui saranno raccolti i dati relativi alla descrizione del bene, la collocazione ed esposizione del sito, il nome del curatore, la data del rilievo e il numero della scheda [21]; una seconda, più analitica, che focalizzerà l'attenzione sui materiali costitutivi, le tecniche costruttive, le dimensioni metriche (che facciano riferimento in maniera schematizzata alla mappa georeferenziata), le alterazioni legate a fattori di degrado di tipo fisico-chimico e biologico e gli interventi precedenti di restauro (Fig.4). Una terza, infine, che riguarderà il monitoraggio ambientale e le analisi diagnostiche, entrambe corredate da tavole tecniche dei punti di posizionamento della strumentazione (es. dataloggers, colorimetro, conduttimetro ecc.) e dei punti di prelievo dei campioni. Ciascuna delle tre parti sarà comprensiva di una sezione "note" in cui saranno indicate eventuali osservazioni.

Tutto questo lavoro porterà alla stesura delle linee guida per gli interventi di restauro e la manutenzione programmata. Allo stato attuale, se fossero previsti dei sopralluoghi, potrebbero infatti verificarsi due casi: in

una situazione di degrado avanzato, la messa in sicurezza attraverso un pronto intervento cui segua necessariamente uno di restauro, mentre nei casi in cui lo stato conservativo sia buono si avvierà una campagna di monitoraggio.

Il database così aggiornato permetterà in primo luogo di approfondire lo studio e la conoscenza di questi luoghi, consentendone una corretta datazione e comprensione; in secondo luogo garantirà il controllo dello stato di conservazione del bene offrendo la possibilità di programmare gli interventi manutentivi. Dal momento che il sistema informatizzato consentirà di eseguire ricerche tematiche, sarà possibile selezionare solo con un “clic” tutte le chiese che presentino la stessa patologia. Se l'utente intenderà valutare la ricorrenza di un particolare fenomeno di degrado, inserirà, per esempio, il nome “degrado a rosetta” nell'apposito campo di ricerca e la banca dati automaticamente elencherà gli ambienti che presentino il medesimo tematismo. La scheda inoltre prevede un ulteriore campo d'inserimento in cui, da un *menù* a tendina, sarà possibile digitalizzare la vulnerabilità del bene, ovvero lo stato di conservazione, che verrà schematizzato nelle voci “pessimo, discreto, buono, ottimo” per poter avere in maniera più speditiva la situazione sotto controllo e avviare le operazioni di restauro nei casi più urgenti.

[F.C.-E.M.]

SCHEMA DI RIFERIMENTO	
A. DATI DI RIFERIMENTO	
B. DATI SCHEDA	
C. CARATTERISTICHE DI COLLOCAZIONE/ESPOSIZIONE	
D. DATI TECNICI E STATO DI CONSERVAZIONE	
D.1. STRATI	
D.2. STRATI PREPARATORI	
D.3. STRATI PITTORICI	
E. INDICAZIONE DI ALCUNE AZIONI	
F. DOCUMENTAZIONE	
G. LINEE GUIDA PER GLI INTERVENTI DI RESTAURO E LA MANUTENZIONE	

Esempio di strutturazione della sezione D.3 relativa agli STRATI PITTORICI:	
D.3.1 STRATI PITTORICI	D.3.11 ALTERAZIONI BIOLOGICHE
D.3.2 MATERIALI COSTITUTIVI/TECNICHE	D.3.12 TRACCE DI UMIDITÀ
D.3.3 ISCRIZIONI	D.3.13 EFFLORESCENZE
D.3.4 CRETATURA	D.3.14 TRACCE DI COMBUSTIONE
D.3.5 ALTERAZIONI	D.3.15 STANCIAMENTI
D.3.6 DIFETTI DI COESIONE	D.3.16 VERNICI / PROTETTIVI
D.3.7 DIFETTI DI ADESIONE	D.3.17 ALTERAZIONI VERNICI / PROTETTIVI
D.3.8 ABRASIONI	D.3.18 DEPOSITI SUPERFICIALI / INCROSTAZIONI
D.3.9 LACUNE	D.3.19 INTERVENTI
D.3.10 VELO BIANCO	D.3.20 ALTRO

Nota es. esempio D.3.1-20

Figura 4. Proposta di scheda conservativa con l'esempio del campo D3 relativo agli Strati Pittorici.

Interventi conservativi e manutentivi

Sulla scorta della ricerca bibliografica e di quanto delineato dalle analisi tecniche e sullo stato conservativo, vengono individuate le tipologie e il livello di urgenza degli interventi da effettuare. Nei casi in cui sia necessario agire in maniera tempestiva per bloccare o limitare il degrado delle superfici, si procederà con un pronto intervento in attesa del restauro vero e proprio. Si parla invece di “intervento a breve, medio o lungo termine” in funzione dell'entità delle alterazioni e del degrado in atto, più o meno grave. Successivo all'azione della conservazione, o nel caso in cui invece le opere si conservino in buono stato, sarà un controllo periodico con la *manutenzione programmata*, che eviti l'intervento, più invasivo, del restauro. Per esempio, le ridipinture o i protettivi alterati sono da annoverare tra gli elementi da rimuovere nell'ambito di un intervento a lungo termine, proprio perché essi non inficiano la conservazione dell'opera, ma compromettono esclusivamente la leggibilità del tessuto figurativo.

Nella chiesa di sant'Eustachio, si è proceduto con l'individuazione delle patologie che determinano gli stati di degrado, descritti dalle raccomandazioni UNI NORMAL 1182/2006 sulla definizione dei termini utili per indicare le differenti forme di alterazione e degradazione visibili a occhio nudo [22]. Queste richiederanno una serie di operazioni di *pulitura, consolidamento, riadesione, sostituzione e protezione*; in particolare, la pulitura, da realizzare con mezzi chimici, fisici o dalla combinazione di entrambi a seconda dell'entità del danno, interesserà la rimozione di elementi estranei alla superficie originaria, come le efflorescenze saline, le incrostazioni carbonatiche, la vegetazione infestante, le patine biologiche e i depositi superficiali, conservando le patine, che invece sono il prodotto naturale dell'invecchiamento. Farà seguito un programma di manutenzione, fondamentale tanto quanto le operazioni per la conservazione del bene, la quale scandirà i tempi degli interventi,

le metodologie da seguire e i prodotti da utilizzare, nonché le figure professionali designate a svolgere le singole operazioni [23].

La pianificazione è dunque un'operazione molto importante e complessa che parte dall'analisi visiva diretta e si approfondisce poi sull'aspetto storico, sullo studio del materiale lapideo costitutivo e sull'indagine diagnostica.

Solo attraverso lo studio del materiale, del contesto ambientale e della loro particolare interazione si potrà giungere a soluzioni corrette per il recupero e la conservazione del materiale costitutivo. A tal proposito è necessario revisionare le zone carrabili e di sosta delle auto, in quanto alcune aree corrispondono alle coperture degli ambienti rupestri. Bisognerà perciò pensare a percorsi pedonali che colleghino i parcheggi, da collocare in zone anche più distanti, alle chiese rupestri.

Ogni ambiente rupestre è un caso a sé e ogni scelta metodologica dovrà essere calibrata e studiata caso per caso.

[F.C.-E.M.]

Conclusioni

L'obiettivo primario del lavoro presentato resta la manutenzione programmata che punti, se non a eliminare le cause di degrado, almeno a rallentarne i fenomeni e a prolungare la vita dell'opera. La programmazione, tuttavia, è possibile solo attraverso un continuo e periodico controllo dello stato d'avanzamento del degrado. Il monitoraggio è di conseguenza un'operazione imprescindibile della tutela, la quale si esercita anche attraverso l'informazione e la valorizzazione.

È attraverso la schedatura che si può avere una stima dello stato di conservazione degli ambienti rupestri per indirizzare in maniera mirata l'azione di conservazione, delineandone le priorità. Da questo momento ogni intervento conservativo sul bene e le analisi diagnostiche saranno documentate in modo puntuale e tutto confluirà nel database, il che faciliterà anche future azioni conservative. Inoltre la banca dati così formata sarà un prezioso documento utilizzabile da studiosi e ricercatori, che in ogni momento potranno approfondire ambiti di ricerca e ampliare così le informazioni tratte da questa scheda.

Il Parco della Murgia Materana attraverso il sistema di percorsi attrezzati e campagne di sensibilizzazione della popolazione locale e dei turisti, potrà implementare la promozione culturale e migliorare l'economia del territorio. I sentieri che interconnettono i siti rupestri potranno diventare essi stessi motivo di attrazione e allo stesso tempo strumenti con i quali esercitare un controllo sull'ambiente. Sarà quindi importante anche un monitoraggio degli accessi per avere una stima dei flussi e della conseguente pressione antropica così da poter mettere in atto metodologie idonee alla conservazione del patrimonio culturale e del sistema paesaggistico che lo caratterizza.

[F.C.-E.M.-C.C.]

NOTE

[1] <http://www.parcomurgia.it/ita/web/index.asp?nav=2>.

[2] Radicchi 2010, pp. 47-49.

[3] <http://www.parcomurgia.it/ita/web/item.asp?nav=3>

[4] Dell'Aquila - Messina 1998, pp. 1-2.

[5] *San Nicola dei Greci* 1990, p. 17.

[6] Venditti 1967, pp. 199-200.

[7] Ivi, pp. 327-328; Rizzi 1969, pp. 111-155.

[8] Gabrieli 1936, p. 5.

[9] Gabrieli 1957, p. 240.

[10] Volpe 1842, *ad indicem*, Diehl 1894 [1967], pp. 151-159; Bertaux 1903, pp. 132, 134 fig. 49, 151 fig. 64, 152; De Fraia 1923, pp. 163-190, Catanuto 1932, *ad indicem*, Gabrieli 1936, pp. 31-64, Dell'Aquila - Messina 1998, pp. 146-261 (184-210 per le chiese di Matera) e 263-269 (266-268 per Matera).

[11] Dell'Aquila - Messina 1995, p. 17.

[12] Ivi, p. 19; Di Pedè 2001, pp. 21-22

[13] Dell'Aquila - Messina 1995, p. 20; Di Pedè 2001, p. 23.

[14] Radicchi, 2010, pp. 47-49

[15] Caprioli-Scognamiglio 2010, p. 466.

[16] Ivi, p. 467.

[17] *Ibidem*.

[18] Padula-Motta-Lionetti 1995, pp. 120-121.

[19] I.C.R. 1979, pp. 66-67.

[20] Crova - Miraglia 2018, pp. 135-146.

[21] Marcone-Capanna, vol. 2, 2013, pp. 9-19.

[22] UNI 11182-2006.

[23] Crova 2006, pp. 151-153.

BIBLIOGRAFIA

1. Volpe Francesco Paolo, *Descrizione ragionata di alcune chiese de' tempi rimoti esistenti nel suolo campestre di Matera*, Stamperia della Sirena, Napoli, 1842.
2. Diehl Charles, *L'art byzantin dans l'Italie méridionale*, Librairie, Paris, 1894 [L'Erma di Bretschneider, Roma, 1967].
3. Bertaux Emile, *L'Art dans l'Italie méridionale*, Albert Fontemoing, Paris, 1903.
4. De Fraia Luigi, *Il Convitto Nazionale di Matera. Origine e vicende*, Tipografia Conti, Matera, 1923.
5. Catanuto Nicola, *Breve elenco topografico di chiese, cappelle e monasteri bizantini nelle regioni della Basilicata e della Calabria*, manoscritto, 1932.
6. Gabrieli Giuseppe, *Inventario topografico e bibliografico delle cripte eremitiche basiliane di Puglia*, Fratelli Palombi, Roma, 1936.
7. Cappelli Biagio, *Chiese rupestri del Materano*, in *Calabria nobilissima*, a. X, nn. 31-32, Tipografia G. D'Agostino, Napoli, 1956, pp. 45-59.
8. Cappelli Biagio, *Le cappelle rupestri del materano*, in *Archivio Storico per la Calabria e la Lucania*, a. XXVI, ff. III-IV, Collezione Meridionale Editrice, Roma, 1957, pp. 223-290 con 3 tavole fuori testo.
9. Venditti Arnaldo, *Architettura bizantina nell'Italia meridionale*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 1967.
10. Rizzi Alberto, *Monachesimo bizantino e chiese rupestri in Basilicata. Aspetti e problemi*, in *Deltion Christian Archaiol Etaireias*, 5, s.e., Atene, 1969, pp. 111-140.
11. I.C.R., *Fattori di deterioramento. Corso sulla manutenzione di dipinti murali-mosaici-stucchi*, in *Dimos*, parte II, modulo 1, 1979, s.e., Roma.
12. *San Nicola dei Greci. Un esempio di catalogazione informatica dei beni culturali*, IEM Editrice, Matera, 1990.
13. Padula Mauro, Motta Camilla, Lionetti Gianfranco, a cura di, *Chiese e Asceteri rupestri di Matera*, Edizioni De Luca, Roma, 1995.
14. Dell'Aquila Franco, Messina Aldo, *Considerazioni sull'architettura delle chiese rupestri del Materano*, in Padula Mauro, Motta Camilla, Lionetti Gianfranco, a cura di, *Chiese e Asceteri rupestri di Matera*, Edizioni De Luca, Roma, 1995, pp. 17-20.
15. Dell'Aquila Franco, Messina Aldo, *Le chiese rupestri di Puglia e Basilicata*, Mario Adda, Bari, 1998.
16. Di Pede Mariagrazia, *La chiesa di S. Maria della Valle a Matera. Storia, arte e fede in un santuario rupestre*, Altrimedia Edizioni, Matera-Roma, 2001.
17. Crova Cesare, *Insedimenti e tecniche costruttive murarie medievali. Il Latium adiectum e la Terra Laboris*, Pubblicazioni Cassinesi, Montecassino, 2006.
18. UNI 11182, *Materiali lapidei naturali e artificiali. Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni*, S.E., Milano, 2006.
19. Radicchi Giuseppina, *I luoghi di culto nel Parco della Murgia Materana*, Centro stampa, Matera 2010.
20. Caprioli Mauro, Scognamiglio Alfredo, *Rilievo laser del "Convicinio S. Antonio" al rione "Sassi" (Matera)*, in *Atti della 14ª Conferenza Nazionale ASITA* (Fiera di Brescia, 9-12 novembre 2010), S.E., Milano 2010, pp. 463-468.
21. Marcone Anna Maria, Capanna Francesca, *Approccio metodologico alla realizzazione del progetto conservativo*, in Bon Valsassina Caterina, Capanna Francesca, Ioele Marcella, a cura di, *Ajanta Dipinta. Studio sulla tecnica e sulla conservazione del sito rupestre indiano*, vol. 2, Gangemi Editore, Roma, 2013, pp. 9-18.
22. Crova Cesare, Miraglia Francesco, *Use and efficacy of thermography for stratigraphic analysis of historical buildings*, in *Conservation Science in Cultural Heritage*, vol. 18, Mimesis, Sesto San Giovanni, 2018, pp. 135-146.

SITOGRAFIA

- <http://www.parcomurgia.it/ita/web/index.asp?nav=2> (consultato il 24 luglio 2019)
<http://www.parcomurgia.it/ita/web/item.asp?nav=3> (consultato il 24 luglio 2019)

UN'ESPERIENZA DI RILIEVO SPEDITIVO DEI FENOMENI DI DEGRADO PRESENTI IN ALCUNI AMBIENTI RUPESTRI DI MATERA

Silvia Seller*, Annamaria Giovagnoli**, Eleonora Panella ***

* Architetto restauratore, Libero professionista, via Cortina D'Ampezzo 183, 00135, Roma, 3393806257, silvia.seller@libero.it

** Chimico, ex ISCR, Via Nemorense 18, 00199, Roma, 3338503449, annamaria.giovagnoli@gmail.com

*** Restauratrice, Libero professionista, via Gregorio VII n. 350, 00165, Roma, 3393796590, eleonorapanella@yahoo.it

Abstract

Lo studio proposto dà conto di parte del lavoro svolto, nell'ambito del progetto ArTeK, dal gruppo di ricerca coordinato dalla dott.ssa Annamaria Giovagnoli dell'Istituto Superiore di Conservazione e Restauro. Vengono qui esposti i risultati dello studio sullo stato di conservazione delle chiese rupestri di Matera. Tali risultati sono frutto di una campagna di rilievi speditivi che ha consentito di valutare le tipologie di degrado presenti in questo tipo di ambienti, specificandone puntualmente la collocazione e l'estensione. Sono poi state redatte delle Schede di Vulnerabilità Classica, che hanno contribuito ad alimentare il data base nazionale di Carta del Rischio. L'analisi ha interessato tredici siti tra cripte ipogee e edifici fuori terra. I siti sono stati analizzati valutando i fenomeni di degrado che interessano sia le componenti architettoniche che quelle decorative, ponendo particolare attenzione ai fenomeni riguardanti le decorazioni in materiale lapideo naturale e gli affreschi. Alla luce dei risultati ottenuti è stato possibile definire una casistica delle tipologie di degrado presenti con maggior frequenza e gravità. Per ogni sito è stato attribuito un coefficiente di gravità ed un grado di urgenza d'intervento in rapporto a ciascuno dei fenomeni di degrado rilevati. Il lavoro ha fornito un quadro dei fenomeni anche a livello areale e dunque è stata possibile una lettura comparativa della vulnerabilità dei siti nonché la possibilità di valutare dove sia più urgente intervenire.

Introduzione

Il presente contributo vuole rappresentare una prima lettura critica dei dati ottenuti durante la campagna di rilevamento dello stato di conservazione di alcuni manufatti storici svoltasi a Matera nell'ambito del progetto ArTeK. L'intenzione è quella di illustrare quali siano i fenomeni di degrado maggiormente diffusi e quali quelli di maggiore gravità, tali da richiedere un pronto intervento. L'indagine ha riguardato sia ambienti rupestri (Complesso del Convicinio di S. Antonio Abate, S. Giovanni in Monterrone, S. Lucia alle Malve, S. Barbara, Cripta di S. Guglielmo, Cripta del Peccato Originale) che architettura fuori terra in opera a blocchi (S. Pietro Caveoso, Santa Maria in Idris, Complesso di S. Agostino). La natura geologica dei banchi rocciosi di calcare di Altamura e calcarenite di Gravina ha reso possibile - grazie alla elevata porosità e lavorabilità di queste rocce carbonatiche - lo sviluppo di una vera e propria architettura, seppure "inversa", che presenta una complessa articolazione formale e peculiari modalità di degrado.



Figura 1 e Figura 2. Chiesa di S. Giovanni in Monterrone (foto autori) ed interno della chiesa di S. Lucia alle Malve (foto di Edoardo Loliva, fotografo ISCR)

La schedatura su campo

La campagna di rilevamento si è articolata in numerosi sopralluoghi di tipo speditivo, volti a rilevare lo stato di conservazione generale dei manufatti oggetto di studio. I sopralluoghi speditivi sono caratterizzati dalla lettura diretta dei beni e dalla valutazione a vista supportata dalle competenze tecniche del rilevatore. Si tratta quindi di

un'attività di analisi e sintesi in loco che non si avvale di strumentazione. Questo tipo di lavoro non ha come scopo quello di costituire la base conoscitiva per un eventuale progetto di restauro, ma di fornire tutti i dati necessari alla costruzione di una vasta casistica dei principali fenomeni di degrado che interessano una data porzione di territorio. Con questo obiettivo vengono redatte le Schede di Vulnerabilità Classica dei manufatti, che contribuiscono ad alimentare il ricco data base nazionale di Carta del Rischio (<http://www.cartadelrischio.beniculturali.it>). Ciò consente di effettuare un censimento delle strutture esistenti nella zona, valutare il loro stato conservativo e – per comparazione delle diverse vulnerabilità calcolate - mettere in evidenza quale sia il bene sul quale è più urgente intervenire. Tale data base, inoltre, costituisce uno strumento fondamentale durante le fasi di emergenza e post emergenza, fornendo, tra gli altri, anche tutti i dati necessari all'individuazione dei beni sul territorio, delle loro caratteristiche dimensionali, costruttive e di accessibilità e dell'eventuale presenza e collocazione di elementi di particolare valore storico-artistico. Nella sezione della scheda relativa allo stato di conservazione vengono evidenziati gli eventuali danni strutturali, quelli relativi alla disgregazione del materiale costituente e legante, gli attacchi biologici, le alterazioni degli strati superficiali, le mancanze o lacune e la presenza di umidità, attribuendo durante il sopralluogo coefficienti di gravità del danno e di urgenza di intervento.

Le chiese Rupestri. Fenomeni di degrado e contesto ambientale

Per chi si occupa di rilievo del degrado, l'esperienza di Matera è eccezionale per il carattere proprio delle chiese rupestri: le strutture scavate nella roccia presentano infatti fattispecie del tutto peculiari. Si tratta di ambienti ottenuti in gran parte per sottrazione di materiale e che dal punto di vista costruttivo sono prevalentemente di tipo monolitico, non presentando soluzione di continuità tra la superficie rocciosa percepita come orizzontamento di chiusura superiore, quella delle pareti in elevazione e il piano di calpestio; sicché il comportamento statico differisce da quello delle strutture architettoniche normalmente indagate. Anche il materiale costituente risulta inusuale, dipendendo dall'andamento dei banchi di roccia intercettati: una struttura può essere costituita integralmente dal medesimo materiale o da più tipi in adiacenza. A parità di condizioni microambientali e morfologiche, si riscontrano danni di differente gravità ed estensione in rapporto al diverso materiale geologico costituente la grotta. Ciò è particolarmente evidente nella Cripta di Sant'Antonio nel Complesso del Convicinio; essa è costituita in parte (porzione ovest) di una calcarenite ad inclusi di dimensioni medio-grandi che risulta più sensibile all'erosione rispetto al materiale più coerente che caratterizza il resto degli ambienti. Ben diverso è il caso delle strutture fuori terra che, anche quando sono costituite dal medesimo materiale di quelle ipogee, presentano danni di tipo differente. Le caratteristiche costruttive e morfologiche giocano infatti un ruolo determinante sia nella formazione di danni di tipo strutturale che per quanto riguarda quelli che interessano gli strati superficiali. Anche nel caso di degrado biologico gli edifici ipogei presentano situazioni del tutto differenti da quanto si rileva nelle architetture fuori terra; le chiese rupestri, caratterizzate dalla presenza di grande quantità di umidità, ampie zone di penombra e scarso ricircolo di aria, hanno un microclima interno ben più favorevole all'insorgenza di biodeteriogeni. Come ci si può aspettare in questi casi, la presenza di umidità ed acqua allo stato liquido costituisce la principale causa dei fenomeni di degrado degli ambienti ipogei; in particolare la percolazione d'acqua ed i fenomeni di condensa/evaporazione generano sia diffusi attacchi biologici sia disgregazione di materiale; fenomeni di efflorescenze saline, sfarinamenti e concrezioni causate dall'elevata percentuale di umidità interessano, per esempio, la quasi totalità delle superfici interne della chiesa di S. Barbara.



Figura 3 e Figura 4. Tracce della percolazione d'acqua all'interno della chiesa di S. Lucia alle Malve e vista d'insieme dell'interno di S. Barbara (foto di Edoardo Loliva, fotografo ISCR)

Anche altri fattori come l'illuminazione - naturale od artificiale, la ventilazione e le variazioni di temperatura influiscono sullo sviluppo del degrado. È questo il caso degli ambienti del complesso del Convicinio adibiti a cantine, nei quali si è riscontrata una concentrazione molto elevata di efflorescenze saline. Il fronte libero delle chiese rupestri presenta oggi, in alcuni casi, facciate od avancorpi costruiti, in altri, è la facciata stessa ad essere monolitica ed ottenuta direttamente dalla lavorazione del banco roccioso che presenta esso stesso vano d'ingresso e finestrate. Tali "facciate scavate" mostrano perlopiù diffusi fenomeni di erosione ed alveolizzazione che, lungo le superfici lapidee decorate, risultano di maggiore gravità fino a determinare la progressiva perdita di materiale costituente. Importanti fenomeni di erosione e disgregazione si riscontrano anche sulla facciata di San Pietro Caveoso, in corrispondenza dei piedritti degli accessi dove il fenomeno di erosione associato all'alveolizzazione dà luogo alla progressiva caduta del materiale costitutivo; tale degrado risulta particolarmente grave e richiederebbe un pronto intervento. Per quanto riguarda i danni di natura strutturale essi interessano sia architetture fuori terra che ambienti ipogei e se ne sono rilevati di particolarmente gravi. È il caso di San Pietro Caveoso che presenta un quadro fessurativo preoccupante: vi è un'ampia lesione che coinvolge l'angolo esterno della navata sinistra, sul fronte NE che dà sulla gravina; tale dissesto statico trova riscontro all'interno, ove nella I cappella a sinistra è visibile una corrispondente lesione che interessa i pulvini della volta a crociera e la muratura sottostante. Sono inoltre state rilevate una serie di lesioni ad andamento obliquo a 45° lungo la volta stessa - che denunciano un principio di cedimento - ed una lesione ad andamento verticale nella porzione di facciata, in corrispondenza della navata destra; il dissesto, che percorre la facciata dal basamento al coronamento, è probabilmente dovuto ad un cedimento fondale. Anche il campanile presenta lesioni; esse, poste in corrispondenza del basamento ed aventi andamento verticale, denunciano uno schiacciamento. Significative fratture che interessano il banco roccioso sono invece state rilevate a S. Giovanni in Monterrone, dove i setti scavati nella calcarenite presentano molte lesioni ad andamento obliquo che, in parte, ne riducono la sezione. Una delle più ampie ed estese fratture della roccia prosegue poi fino alla piccola abside nell'ambiente maggiore. Ulteriori importanti lesioni sono state rilevate poi lungo l'intradosso della cripta di S. Guglielmo, nel complesso di S. Agostino.



Figura 5 e Figura 6. Lesione subverticale lungo il prospetto NE di S. Pietro Caveoso (foto di Edoardo Loliva, fotografo ISCR) e fratture del banco roccioso in S. Giovanni in Monterrone (foto autori)

Una grande criticità legata alla morfologia delle grotte rupestri è connessa all'impossibilità di valutare con metodo diretto – non avvalendosi dunque di specifici strumenti diagnostici – la reale profondità delle fenditure visibili nel banco roccioso. Analogamente, circa la presenza di acqua allo stato liquido e di condensa, risulta altrettanto complesso stimare quale sia il percorso che le acque compiono all'interno del banco roccioso. I fenomeni di degrado e le relative criticità interessano naturalmente anche gli apparati decorativi interni ed esterni ai manufatti. Già nella fase dei sopralluoghi ed in seguito, durante la redazione delle schede di vulnerabilità dei diversi siti da schedare, è emersa l'importanza dell'inserimento, nel calcolo della vulnerabilità del bene, del rilievo del danno delle superfici decorate dell'architettura. Gli elementi decorativi strettamente connessi al bene architettonico nel quale sono conservati, costituiscono, infatti, parte integrante dell'edificio e quindi un valore da tenere in considerazione sia in termini di rilevanza storico-artistica sia per la documentazione dello stato di conservazione sia per quanto riguarda eventuali manutenzioni programmate o interventi di restauro. Il lavoro svolto a Matera ha posto particolarmente in evidenza questo aspetto ed ha richiesto un ulteriore approfondimento

per il rilievo delle diverse tipologie di degrado e quindi per la compilazione delle schede di vulnerabilità, in conseguenza del legame imprescindibile dei manufatti artistici con il territorio e con i materiali locali che ne costituiscono la composizione. Fondamentali si sono dimostrati per questo l'osservazione diretta, lo studio dei materiali costitutivi e della tecnica esecutiva dei vari manufatti da schedare. La compilazione della parte della scheda relativa alle superfici decorate, conservate nei siti schedati, ha riguardato soprattutto il rilievo del danno degli elementi lapidei in esterno e degli affreschi e degli elementi lapidei naturali ed artificiali all'interno. La possibilità di lavorare direttamente su molti beni complessi, tra cui chiese rupestri e chiese in opera a blocchi di calcarenite, ha permesso di mettere a fuoco una sostanziale differenza nelle forme di degrado degli elementi decorativi a seconda della loro collocazione all'interno o all'esterno di chiese rupestri rispetto alla loro collocazione all'interno o all'esterno di chiese costruite. La conformazione stessa della chiesa rupestre, scavata direttamente all'interno del banco roccioso, costituito da calcare e/o calcarenite organogena, fa sì che non solo i danni strutturali siano peculiari e specifici per questa tipologia di bene, ma che anche le superfici decorate siano caratterizzate da forme di degrado ricorrenti e caratteristiche, perché legate a questo determinato contesto. La ripetitività di alcune tipologie di danno a carico dei manufatti oggetto di studio ci ha permesso di giungere alla definizione di alcune cause di degrado: la natura del materiale costitutivo, nel caso delle chiese rupestri il medesimo sia per le componenti strutturali che per gli apparati decorativi quali elementi lapidei scolpiti e dipinti murali, caratterizzato da una composizione molto eterogenea e altamente poroso; la presenza di acqua in quantità molto elevate, dovuta ad infiltrazioni e a fenomeni di risalita capillare e di condensazione superficiale; gli effetti combinati di acqua, luce e ventilazione. Nel caso delle chiese rupestri si è rivelata particolarmente importante la mappatura del danno degli elementi decorativi in materiale lapideo, in quanto, essendo scolpiti direttamente nella pietra locale, sono strettamente connessi con la struttura architettonica, in continuità, praticamente un tutt'uno con essa e quindi essenziali nella definizione dell'indice di vulnerabilità del sito (Figura 7). Questi elementi lapidei presentano un diverso stato di conservazione rispetto al materiale non modellato, dovuto probabilmente al diverso livello di finitura raggiunto in seguito alla differente lavorazione subita dalla pietra e alla più ampia superficie esposta ai fattori di degrado rispetto alle superfici lineari.



Figura 7. Chiesa di S. Lucia alle Malve. Particolare dell'interno con i dipinti murali e gli elementi decorativi scolpiti direttamente nella pietra (foto autori)

Le tipologie di degrado più importanti e più frequenti rilevate sugli elementi lapidei outdoor sono naturalmente quelle legate all'ambiente esterno. L'alternarsi di precipitazioni piovose e irraggiamento solare, associato al ristagno dell'acqua favorito dalle elevate porosità e permeabilità della calcarenite fa sì che siano presenti patine e colonizzazioni biologiche ampie e diffuse (Figure 8 e 9).



Figure 8 e 9. Chiesa di S. Barbara e Chiesa di S. Pietro Caveoso. Particolari degli esterni con diffuse colonizzazioni biologiche sugli elementi lapidei scolpiti (foto autori)

La vegetazione spontanea si sviluppa all'interno delle fessurazioni e delle cavità naturalmente presenti nella calcarenite o formatesi in seguito a fenomeni di disgregazione e dilavamento e all'interno dei giunti dei blocchi lapidei (Figura 10). Il materiale costitutivo, sia dei blocchi di calcarenite sia degli elementi lapidei scolpiti, è spesso interessato da disgregazione, esfoliazione, erosione ed in alcuni casi alveolizzazione, tipologie di degrado conseguenti ai gravi fenomeni di erosione e dilavamento a cui tali elementi sono esposti (Figura 11).



Figura 10 e 11. Chiesa di S. Pietro Caveoso. Particolare della vegetazione spontanea cresciuta all'interno di una fessurazione e dei fenomeni di erosione e alveolizzazione della calcarenite organogena (foto autori)

Anche per quanto riguarda gli affreschi le tipologie di danno sono riconducibili ai fenomeni legati alla presenza di acqua: umidità di risalita capillare, infiltrazioni e condensazione superficiale, che associati ai fenomeni evaporativi producono gravi forme di degrado. Su alcuni dipinti è stato possibile persino osservare veli di acqua allo stato liquido sulla pellicola pittorica. I dipinti murali eseguiti in ambito materano sono caratterizzati da una particolare tecnica esecutiva, in cui si osserva l'utilizzo di materiali locali per l'esecuzione degli strati preparatori e nel caso delle chiese rupestri lo sfruttamento del banco roccioso, costituito da banchi di calcare e/o calcarenite organogena, direttamente come supporto. Il supporto dei dipinti murali risulta, quindi, naturalmente molto eterogeneo e causa per questo diversi stati di conservazione degli strati preparatori e della pellicola pittorica, anche all'interno di uno stesso dipinto. A causa della presenza di acqua, che filtra attraverso la porosità della pietra, i supporti presentano spesso, infatti, fenomeni di disgregazione piuttosto gravi che comportano, conseguentemente, difetti di adesione degli strati preparatori. In seguito all'alternarsi di presenza e fenomeni evaporativi di elevate quantità di acqua all'interno delle stratigrafie dei dipinti murali ed i conseguenti cicli di dissoluzione, trasporto e ricristallizzazione dei sali solubili, si possono rilevare grandi aree interessate da

carbonatazioni superficiali, efflorescenze e subefflorescenze saline (Figure 12 e 13). Queste ultime possono considerarsi la causa dei gravi difetti di coesione e adesione degli strati preparatori e della pellicola pittorica e quindi delle ampie e diffuse zone di microlacune e lacune.



Figura 12 e 13. Convicinio di S. Antonio, Cripta di S. Eligio. Particolare degli affreschi con efflorescenze e subefflorescenze saline. Chiesa di S. Agostino. Particolare dei dipinti murali interessati da carbonatazioni sulla pellicola pittorica (foto autori)

Su alcune pareti sono inoltre presenti, nella Cripta di S. Donato nel Complesso del Convicinio e nella Chiesa di S. Giovanni in Monterrone, dei palinsesti, fino a tre stesure di intonaco, che rendono ancora più complesso il quadro conservativo e che presentano degli stati di conservazione molto compromessi (Figure 14 e 15).



Figure 14 e 15. Convicinio di S. Antonio, Cripta di S. Donato. Particolare dei difetti di coesione e adesione del supporto, costituito dal banco roccioso, al di sotto dei palinsesti (foto autori)

Una tipologia di degrado molto grave rilevata è la presenza, all'interno delle chiese rupestri, di diffuse patine biologiche, che in alcuni casi ricoprono quasi interamente le pareti scavate, gli elementi decorativi scolpiti e le superfici dipinte (Figure 16 e 17).



Figure 16 e 17. Chiesa di S. Lucia alle Malve e Chiesa di S. Giovanni in Monterrone. Particolare delle patine biologiche al di sopra dei dipinti murali (foto autori)

La crescita delle patine negli ambienti rupestri è dovuta alle condizioni microambientali riscontrabili in situ e all'azione combinata di acqua e luce, fattori che favoriscono in questo caso lo sviluppo di microrganismi autotrofi e fenomeni di lichenizzazione. Le patine biologiche, costituite da batteri, alghe, licheni ed EPS (sostanze polimeriche extracellulari) sono dannose dal punto di vista conservativo, in quanto provocano disgregazione nel materiale costitutivo originale e risultano fortemente impattanti dal punto di vista estetico (Figure 7 e 18).



Figura 18. Chiesa di S. Lucia alle Malve. Particolare dei fenomeni di disgregazione della pietra al di sotto delle patine biologiche (foto autori)

Per questo motivo è fondamentale provvedere alla loro rimozione ed assicurare dei piani di manutenzione ordinaria al fine di prevenire o quantomeno rallentare un nuovo attacco di microrganismi biodeteriogeni. Interventi di restauro eseguiti di recente in alcune chiese rupestri, su elementi lapidei e dipinti murali, hanno riportato alla luce le superfici decorate originali grazie ad operazioni di disinfezione e rimozione delle patine. Anche per quanto riguarda gli elementi lapidei indoor, le tipologie di degrado più frequenti sono essenzialmente quelle legate agli elevati quantitativi di acqua all'interno delle pareti in pietra. Sono presenti efflorescenze saline, causate dall'alternanza di presenza di acqua e fenomeni di evaporazione, che si verificano soprattutto in corrispondenza delle parti più esposte a ventilazione e concrezioni dovute a percolazioni e alla presenza sulle superfici di acqua allo stato liquido. Come conseguenze della continua formazione di efflorescenze saline sulle superfici lapidee ed in profondità, nella porosità della pietra, sono visibili gravi fenomeni di disgregazione e scagliatura (Figura 19), che in alcuni ambienti rupestri hanno portato e stanno portando a considerevoli perdite di materiale originale.



Figure 19 e 20. Convicinio di S. Antonio, Cripta di S. Antonio Abate. Particolare dei gravi fenomeni di disgregazione e scagliatura degli elementi scolpiti e delle fessurazioni naturali della pietra

Sono presenti, inoltre, soprattutto nelle cripte all'interno del Complesso del Convicinio, numerose fessurazioni (Figura 20), riconducibili alla natura stessa del materiale ossia alla sua stratificazione originale, fessurazioni che sono da considerarsi come vie preferenziali di degrado e che necessiterebbero in molti casi di un monitoraggio continuo per valutarne il livello di gravità dal punto di vista statico-strutturale.

Conclusioni

Lo scopo di questo lavoro è quello di riferire i dati acquisiti dai tecnici specializzati in seguito alle esperienze maturate sul campo, grazie all'osservazione diretta durante lo svolgimento dei sopralluoghi e grazie alle ricerche e agli approfondimenti effettuati per la redazione delle schede di vulnerabilità. Nell'ottica della condivisione e della circolazione delle informazioni, si auspica che questo articolo possa costituire un primo step per una futura ricognizione dello stato di conservazione di tutti gli edifici di interesse culturale di Matera, per poter avviare un processo virtuoso, articolato in redazioni cicliche degli stati di conservazione delle strutture architettoniche e delle superfici decorate lì conservate, che come mette in luce questo lavoro, rappresentano uno strumento fondamentale per l'elaborazione di progetti di manutenzione programmata, che consentono di garantire la salvaguardia dei beni.

BIBLIOGRAFIA

1. Acierno Marta, *"L'indagine storico architettonica: criticità e metodologia"*, in *"Il portico della chiesa di San San Francesco ad Urbino. Cronaca di un'esperienza didattica per la conservazione e la valorizzazione"*, Ancona 2015, pp.31-37.
2. Acierno Marta, Cacace Carlo, Giovagnoli Annamaria, *"La carta del rischio: un approccio possibile alla manutenzione programmata. Il caso di Ancona"*, in *"Materiali e strutture"*, n.s.III, 5-6, 2014, pp.81-106.
3. Tommaselli Mario, *"Chiese rupestri di Matera e del suo territorio"*, Capone Editore, Lecce 2002
4. Padula Mario, Motta Camilla, Lionetti Gianfranco, *"Chiese e Asceteri rupestri di Matera"*, Edizioni de Luca, Roma 1995
5. Carbonara Giovanni (diretto da), *"Atlante del Restauro"*, UTET, Torino, 2004
6. CNR – ICR, *"NorMaL 1/80: Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico"*, Roma, 1980
7. ICOMOS – ISCS, *"Illustrated glossary on stone deterioration patterns - Glossaire illustré sur les formes d'altération de la Pierre."*, Edizioni Petersberg, Imhof, 2010

RINGRAZIAMENTI

Gli autori vogliono ringraziare tutto il gruppo di lavoro che ha partecipato al progetto ARTEK per il supporto tecnico, le competenze messe a disposizione, la professionalità condivisa.
Un grazie particolare va al dott. Carlo Cacace e all'arch. Marta Acierno che costantemente sono stati eccellenti revisori del lavoro svolto.

PROTOCOLLI DI VALORIZZAZIONE E CONSERVAZIONE DELLE AREE ARCHEOLOGICHE IPOGEE IN VATICANO

Francesca Persegati *, Rossana Giardina, Giandomenico Spinola***, Ulderico Santamaria****,
Vittoria Cimino*****, Fabio Morresi*****, Leonardo Di Blasi***** Stefania Bani*******

Musei Vaticani, Città del Vaticano

*Caporestauro, Laboratorio Restauro Pitture e Manufatti Lignei, francesca.persegati@scv.va cell3334735579

**Restauratrice, Laboratorio Restauro Pitture e Manufatti Lignei, rossana.giardina@scv.va cell 3395796560

***Direttore, Dipartimento di Antichità Classiche, giandomenico.spinola@scv.va, cell 3357462249

**** Direttore , Laboratorio di Diagnostica, ulderico.santamaria@scv.va cell 3407943235

*****Direttore, Ufficio del Conservatore, conservatore.musei@scv.va cell 3495762808

***** Assistente, Laboratorio di Diagnostica, fabio.morresi@scv.va cell 3357783323

*****Archeologo, Dipartimento Antichità Classiche, leonardo.dibiasi@scv.va cell3474978838

***** Biologa Laboratorio di Diagnostica, stefania.bani@scv.va cell3496986593

Abstract

Le aree archeologiche, in territorio Vaticano ed extraterritoriali come la Necropoli della Via Triumphalis e gli scavi sottostanti la Basilica di Santa Maria Maggiore, nel tempo sono state oggetto di diversi interventi di restauro e manutenzione. La programmazione degli interventi, scaturisce da un’indagine preliminare delle criticità conservative al fine d’identificare strategie sempre più adeguate e selettive per la salvaguardia dei siti. A tal proposito si tiene conto di diverse tematiche, quali la valorizzazione in quanto godibilità e fruizione dell’area e gli aspetti di sostenibilità ambientale, sociale ed economica nel settore della conservazione. Un primo atto verso la sostenibilità, se vogliamo, è l’ottimizzazione dello stesso intervento contemplando parallelamente un protocollo di manutenzione. La durabilità dell’intervento è una delle maggiori sfide che abbiamo intrapreso. Il lavoro si avvale di uno strettissimo rapporto interdisciplinare tra i vari settori di competenza. L’approccio metodologico in un sito ipogeo è abbastanza complesso, nessuna metodica può essere applicata in linea generale, ma attentamente valutata da caso a caso. Criterio indispensabile, è lo studio delle tecniche di esecuzione, lo stato di conservazione del manufatto e il loro rapporto con l’ambiente di conservazione. È quindi importante adottare, prospettive e linee di ricerca rivolte a nuove tecnologie nell’utilizzo di materiali innovativi, per esempio nelle coperture degli ambienti come il "Barrisol" (tessuto termo-estensibile), o negli impianti per il trattamento dell’aria degli ambienti di conservazione; nella diagnostica con analisi non distruttive e apparecchiature portatili, e infine nella scelta di metodi e materiali per un restauro ecosostenibile. Molto proficuo è la possibilità di stimare gli esiti dei molteplici interventi di restauro attuati nel tempo. Linea di pensiero comune è porsi in modo critico, rispetto ad ogni prodotto in uso per il restauro, poiché ogni intervento, in un’area con condizioni microclimatiche estreme, può presentare effetti valutabili nell’immediato, ma non sempre nelle successive fasi evolutive. Si selezionano, utilizzano e sperimentano prodotti di massima compatibilità con l’ambiente di conservazione e affini alle caratteristiche dei materiali originali. L’iter manutentivo intrapreso contempla ad oggi un impianto di ricircolo dell’aria e abbattimento delle polveri, il monitoraggio continuo mediante sensori, per l’osservazione in tempo reale dei parametri ambientali di UR e T°. Con scadenza periodica si avviano indagini diagnostiche, aerobiologiche-microbiologiche in area; è attivo un protocollo temporizzato notturno d’irraggiamento con lampade UV per l’eventuale abbattimento degli agenti bio-deteriogeni. Si effettuano sopralluoghi programmati per la constatazione diretta delle criticità conservative, e simultaneamente l’aggiornamento digitalizzato delle schede e mappature dello stato di conservazione corredato di tabelle work in progress delle priorità interventive necessarie. Stilando un report che si trasmette ai reparti coinvolti. A conclusione di questa analisi/comparazione di tutti i dati si stabilisce una linea d’intervento manutentivo/intervenivo, periodico e/o straordinario. I restauratori applicano in area il protocollo così ottimizzato nel rispetto di tutte le norme di sicurezza e dell’ambiente, traducendo nell’applicabilità dell’intervento i concetti di sostenibilità, compatibilità, reversibilità e durabilità dello stesso. Per riepilogare si può affermare che la strategia vincente contempla metodiche tradizionali affiancate e/o integrate da tecnologie avanzate. A tal proposito si selezionano, utilizzano e sperimentano prodotti per il restauro con nano molecole, non filmogeni, prodotti di massima compatibilità, affini alle caratteristiche del manufatto. Esempio come consolidanti: le nano-calci, l’ossalato d’ammonio e il di-Ammonio Fosfato, la pozzolana superventilata, calci idrauliche, o silici micronizzate, o miscele consolidanti come il Lime-injection, o bio-consolidanti come l’Alga Funori. Come inibitori di sali: il Glicole etilenico; per i biocidi ci si orienta verso prodotti bio, come gli olii essenziali, o nella pulitura si usano i batteri non patogeni desolfatanti e/o l’utilizzo della tecnologia laser. Nel tempo si sono avvicendati molti operatori, portando avanti una programmazione interveniva evolutiva che ha posto come criterio indispensabile e fondamentale: la trasmissione dei dati, da cui partire per un successivo piano di studio e ricerca.

Introduzione

All’interno dell’area dello Stato di Città del Vaticano due sono le testimonianze archeologiche di grande rilievo e sono tutte connesse con il mondo funerario. Fin dalla fase più antica quest’area, denominata *Ager Vaticanus*, per la sua posizione insalubre oltre il Tevere, fu sempre caratterizzata dalla presenza di vaste aree funerarie disposte genericamente lungo i principali assi viari della zona: le vie *Cornelia* e *Triumphalis*.

Con la Firma dei Patti Lateranensi dell’11 febbraio 1929, il nuovo Stato della Città del Vaticano sfrutta un’area posta a nord della basilica per la realizzazione di nuove infrastrutture e servizi. È in questa occasione che iniziano a venire alla luce i resti di sepolcri che già avevano precedentemente visto, in maniera sporadica, la luce già a partire dalla metà del ‘500, con la realizzazione dei Bastioni del Belvedere e poi nel 1840 nella realizzazione dell’edificio del Belvedere. Seguirono poi, negli anni ‘30 del XX secolo, maggiori rinvenimenti come per esempio la realizzazione dell’edificio dell’Annona Vaticana. Qui furono rinvenuti circa trenta sepolcri di cui ventitré ben distinguibili, ma di essi conserviamo assai poco, in quanto, a seguito della costruzione dell’Annona, fu distrutto gran parte di questo settore di necropoli e le poche tombe superstiti sono attualmente ispezionabili solo attraverso una botola posta nei magazzini dell’edificio moderno. In contemporanea, nello stesso anno, a monte di quest’area, presso la fontana della Galea posta sul colle del Belvedere, venne alla luce una parte della necropoli con alcuni sepolcri ben conservati, area che in tempi recenti (1994-95) è stata ampliata mettendo in luce ulteriori edifici funerari disposti su tre terrazzamenti naturali. Ma i settori più rappresentativi di questo mondo funerario sono i settori dell’Autoparco e di S.Rosa, messi in luce in momenti diversi (1956-58 il primo, 2003 e 2009-11 il secondo) e costituiscono un’area di circa 1000 mq totalmente visitabile corredata di apparati grafici e digitali d’ausilio alle visite. Le tombe più antiche rinvenute sono pertinenti ad un arco cronologico che copre tutto il I secolo d.C., sono piccoli edifici funerari di forma quadrangolare caratterizzati dal rito incineratorio, e sono disposte irregolarmente sul pendio del colle; sono pertinenti a gruppi sociali medio bassi della società urbana, normalmente schiavi, liberti e membri della plebe cittadina, che hanno avuto la possibilità di essere sepolti in quest’area forse di proprietà imperiale già dai tempi di Augusto, in quanto molte sono le attestazioni funerarie di schiavi e di liberti legati a questo imperatore che aveva qui le sue proprietà.(Figura 1,2).



Figura 1 Necropoli della Via Triumphalis, Settore Autoparco **Figura 2** Necropoli della Via Triumphalis, Settore Santa Rosa Sepolcro VIII

Ad una seconda fase costruttiva, inquadrabile nel II secolo d.C., gli edifici funerari vengono realizzati in maniera più organica e strutturata con ampie piazzette funerarie e dove è possibile praticare i rituali funerari con più facilità, si sovrappone una terza fase che si svilupperà almeno fino all’inizio del IV secolo d.C.

Infatti, un nuovo livello, di poco più alto dei sepolcri precedenti, creatosi a causa di una frana naturale, vede la realizzazione di nuovi edifici funerari di dimensioni maggiori rispetto ai precedenti disposti in maniera regolare su terrazzamenti artificiali raccordati da percorsi viari. Questa fase è caratterizzata anche dal cambio del rituale funerario, che passa gradualmente da quello incineratorio delle prime fasi a quello inumatorio.

Dello stesso arco cronologico rientra ovviamente la grande necropoli rinvenuta sotto la Basilica di S.Pietro che come ricordato prospettava sulla via Cornelia e sul grande Circo di Caligola e Nerone. La gestione di quest’area è di pertinenza della Fabbrica di S.Pietro e gli scavi effettuati tra il 1940-49 e successivamente tra il 1953 e il 1957, hanno dato la possibilità di mettere in luce il punto nevralgico del cattolicesimo romano: la tomba dell’Apostolo Pietro. Questa piccola e semplice tomba a fossa ricavata sul pendio del colle Vaticano è inserita apparentemente in un tessuto funerario molto complesso, di cui sono state messe in luce una ventina di sepolcri e la cui parte più monumentale si può far risalire all’epoca adrianea; solo con Costantino, nella prima metà del IV secolo, viene completamente obliterata con notevoli riporti di terre per la realizzazione della platea della prima basilica Petrina. Tutti i sepolcri sono dotati di ricchi apparati decorativi fatti di affreschi, stucchi, mosaici, e provvisti di ricchi sarcofagi che attestano l’alto livello sociale raggiunto dai proprietari di questi sepolcri.

I siti archeologici di competenza Vaticana, oltre a quelli interni allo Stato, sono anche quelli nelle così dette zone Extraterritoriali, ossia fuori dai confini dello Stato. Rientrano in questa tipologia gli scavi sottostanti le Basiliche Papali come quelle di S. Maria Maggiore, S. Giovanni in Laterano, S. Paolo fuori le mura.

Negli scavi sottostanti la Basilica di Santa Maria Maggiore, furono portati alla luce, tra il 1964 e il 1971, numerosi ambienti romani databili tra il I e il III d.C. Le varie fasi edilizie rinvenute si compongono di molti spazi sistemati attorno ad un cortile a vari livelli e di non facile lettura. L’ambiente principale è di età giulio-claudia (I sec. d.C.) con rifacimenti in epoca Adrianea e Costantiniana, circondato da un muro lungo il quale rimangono tracce di un calendario stagionale, “uno straordinario-menologio, corredato, mese per mese, da una serie di grandiose scene di paesaggio che, per quanto è possibile leggere nelle parti conservate, illustrano i lavori campestri propri per ogni stagione”.

Gli scavi sotto la Basilica di S. Giovanni in Laterano, effettuati a varie riprese nella prima metà del ‘900, misero in luce una delle più antiche testimonianze sotto la basilica: una villa suburbana già esistente in età augustea e forse poi appartenuta a Plautio Laterano, che partecipò senza successo alla congiura dei Pisoni ordita contro Nerone. I resti di questo pur grande complesso, oggi assai ridotto, si compongono di alcuni ambienti che si trovano alla maggiore profondità raggiunta dagli scavi. A livello leggermente più alto e costruite per buona parte sopra la villa suburbana, si trovano invece i resti del complesso delle caserme del corpo degli *Equites Singulares*, la guardia imperiale a cavallo, costruite da Settimio Severo verso la fine del II sec. d.C. Dopo la battaglia di Ponte Milvio, dove le truppe di Costantino sconfissero quelle di Massenzio, con cui il corpo della guardia imperiale a cavallo si era schierato, la caserma venne completamente rasa al suolo da Costantino. Dopo l’Editto di Milano (313 d.C.), Costantino volle qui celebrare la costruzione della prima basilica cristiana a Roma e dedicarla al Salvatore nel 324 d.C. A questo scopo, i muri della caserma, come anche delle altre costruzioni prima citate, servirono sia come vero piano d’appoggio alla nuova fabbrica, che come camera di contenimento entro la quale, attraverso una grande opera di riempimento, si riuscì a creare una sorta di piattaforma per la costruzione della basilica.

Per quanto riguarda gli scavi nella basilica di S. Paolo f.l.m. è possibile accennare ai recenti ritrovamenti all’interno della Basilica, riguardanti in parte l’abside della piccola basilica costantiniana e il grande sarcofago in cui sono i resti dell’Apostolo e, all’esterno, presso l’orto del monastero di S. Paolo il rinvenimento dei resti delle strutture altomedioevali già a partire dal IX secolo d.C. del primo insediamento monastico. (Figura 3,4).



Figura 3 Scavi Santa Maria Maggiore, calendario romano



Figura 4 Scavi di San Giovanni

Sostenibilità nel Restauro

La crescente consapevolezza e comprensione delle dinamiche naturali, e le responsabilità che ne derivano, hanno profondamente cambiato la nostra cultura, contribuendo sempre più al costituirsi di una coscienza “ambientale” che si replichi in tutte le sue forme applicative. L’Arte è il quadro in cui il tema *sostenibilità* si può e si deve esprimere al meglio sia essa creazione, conservazione, fruizione o godibilità del bene. Scienza e Tecnologia dovrebbero essere sempre i partner per garantire il percorso verso il progresso sostenibile. Nella conservazione e restauro dei Beni Artistici, la sostenibilità è un orientamento che non si deve limitare ai soli aspetti ambientali, ma estendersi a dimensioni economiche, sociali e partecipative. È importante che le aziende rafforzino i vincoli sociali e ambientali con il territorio, creando valore anche in termini di business, diventando protagoniste di un cambiamento reale, promuovendo principi etici-sostenibili, accompagnando i progetti sostenibili non solo con un supporto economico ma, come partner tecnici, fornendo macchinari e/o consulenze tecnico-scientifiche specifiche. In ambito europeo l’attenzione è posta sugli aspetti legati alla sostenibilità, seguendo i criteri dei Regolamenti Europei REACH e CPL, con sistemi di valutazione che tengano conto dell’uso più consapevole di tecnologie e materiali, nel rispetto di: compatibilità, sicurezza, tossicità, costo energetico complessivo, produzione, trasporto, smaltimento e durabilità. L’orientamento sostenibile coniuga passate e nuove tecnologie, con ricerche rivolte a materiali, metodiche e tecnologie innovative che riducano i rischi per le opere, gli operatori e l’ambiente. Favorendo la Manutenzione come primo atto della sostenibilità.

In Vaticano tutto ciò si traduce in un diverso approccio progettuale, ridefinendo per gli anni, l’obiettivo del Restauro e Conservazione dei Beni Culturali. Verso tematiche orientate alla riqualificazione sostenibile delle

Strutture, degli Impianti, delle Tecnologie e dei Materiali, compatibili con il contesto storico, geografico e ambientale. Il reimpiego di precedenti infrastrutture, come nell’impiantistica canalette o alloggiamenti di macchinari, deriva da decisioni prese in fase progettuale. In tema di Sicurezza si inserisce l’opera, l’operatore e l’ambiente, in uno stesso paragrafo. I materiali di consumo sono scelti seguendo il loro ciclo di vita, produzione utilizzo e smaltimento. Nel Restauro tutto ciò si traspone in *Ricerca, Sperimentazione e Innovazione*, in tutti i settori della conservazione. La *Diagnostica*, propedeutica all’intervento di restauro, si avvale di nuove strumentazioni e tecniche di indagine per es. *Analisi non distruttive*, con riprese multi spettrali e ricostruzioni anche bi/ tri-dimensionali. Si rinnovano gli apparecchi per le aerobiologie attive e passive, per analizzare il particolato biologico aerodisperso. Il *Monitoraggio Ambientale*, aggiornando i suoi sistemi di rilevamento, consente di valutare: le variazioni stagionali e termodinamiche di maggior interesse, ricostruendo il *modello di comportamento ambientale*; utilissimo a individuare e/o prevenire, probabili cause per l’insorgenza e l’evoluzione nel tempo di reazioni fisico-chimiche di cristallizzazione/carbonatazione, legate alla presenza di acqua e alla formazione di condensa sia nelle murature che sulle strutture architettoniche. Il variare dei parametri ambientali se pur di pochissimo potrebbe favorire l’attivazione di reazioni i cui effetti si riscontreranno sulle superfici dei manufatti. Tale controllo strumentale permette anche di misurare il livello di isolamento delle vetrine espositive presenti nell’area. L’*Intervento di Restauro Conservativo* con sistemi di applicazione rivolti a Ricerca e Sperimentazione per esempio: nella pulitura si è intrapresa la graduale sostituzione di solventi tossici con sostanze bio-compatibili (es. i bio-alcoli) e si è adottata la *Bio-Pulitura*, utilizzando ceppi di batteri non patogeni non sporiferi per la rimozione dal substrato di sostanze non pertinenti, colle, solfati e “croste nere”. Ai passati biocidi Biotin R e T si preferiscono biocidi naturali come olii essenziali a basso impatto ambientale e/o l’avviamento di un protocollo di irraggiamento UV temporizzato. Il Bio-Consolidamento, con l’Alga Funori. Fino ad arrivare alla fruizione ed alla godibilità del bene, in questo caso le aree archeologiche ipogee musealizzate. Quindi un’attenta valutazione rivolta all’*Illuminazione* con l’installazione di nuovi dispositivi al LED che devono garantire la perfetta integrazione negli ambienti dedicati all’arte, il risparmio energetico, ridurre la manutenzione, i costi nella gestione degli impianti ed il rispetto dell’opera (non creare sbalzi termici e/o alterazioni colorimetriche o generare campi elettrostatici. La fase progettuale di ogni intervento di restauro dovrebbe contemplare la durabilità dello stesso, e quindi privilegiare tutte le nuove e future tecnologie, sempre più efficaci e selettive volte alla soluzione dei più complessi aspetti conservativi. Per perseguire questo ambizioso obiettivo occorre avere supporti finanziari con un impiego efficace delle risorse economiche e tecnico-scientifiche specifiche e innovative. Con questa finalità in Vaticano si cercano sempre nuovi sostenitori che non si limitino al finanziamento ma siano sempre più partner “attivi” con le loro peculiarità aziendali.

Protocolli

Come già premesso, sotto la Direzione dei Musei Vaticani, Direttore Dott.ssa Barbara Jatta, ogni progetto di conservazione, si avvale di uno stretto e sinergico rapporto interdisciplinare tra i vari organi di competenza quali: Il Dipartimento di Antichità Classiche il cui Direttore e titolare della direzione dei lavori è il Dott.re Giandomenico Spinola, l’ Ufficio del Conservatore il cui responsabile è la Dott.ssa Vittoria Cimino, il Laboratorio Diagnostica per la Conservazione e il Restauro il cui responsabile è il Professore Ulderico Santamaria, il Laboratorio Restauro Dipinti e Manufatti Lignei il cui Capo Restauratore è la Dott.ssa Francesca Persegati, l’Ufficio Servizi Edilizia interna del Governatorato (Servizi Tecnici) capo servizio Ing. Marco Bargellini e l’ Ufficio Logistica coordinatore del servizio Sig.re Fulvio Bernardini, supportano i progetti delle modifiche alle infrastrutture e impianti. Con la cooperazione di tutti i laboratori di restauro dei Musei Vaticani e tante altre professionalità. Iniziamo così dai protagonisti dello scavo. L’archeologo è la prima figura professionale coinvolta, ed ha la più grande responsabilità nella tutela di un sito archeologico, in quanto custode di ciò che lui per primo vede e scopre, a lui per primo è deputata la corretta documentazione fotografica e grafica ed l’eventuale raccolta dei reperti, per nulla omettere ai dati sul rinvenimento. A tal proposito si redige quotidianamente il “*Giornale Di Scavo*” come supporto di successivi studi. Si custodiscono anche campioni di sedimento terroso non contaminato, forse per non escludere la possibilità, di un futuro approfondimento che andrà ad analizzarne chissà anche gli archeo pollini. Si opera ricorrendo anche a professionalità esterne, come i tecnici con particolari strumentazioni per i rilevamenti di quote e distanze, che serviranno poi realizzare piante e sezioni o altri per eseguire particolareggiate riprese fotografiche per la realizzazione di modelli in 3D, es. la ditta KATATECXILUX, o professionisti che effettuano sondaggi con il georadar, per rilevare strutture sottostanti. Con la realizzazione di un piano di scivolo inclinato per facilitare lo scorrimento della strumentazione con uniformità. Per questo ci si avvale della partecipazione dei servizi tecnici, cioè l’Uff dell’Edilizia Interna del Governatorato.

In un complesso sito archeologico ipogeo con caratteristiche orografiche particolari, ricerca e innovazione sono strumenti di sviluppo indispensabili. È importante osservare l’ambiente di tutela, individuare le macro-criticità conservative, via via restringendo l’attenzione ai fenomeni di alterazione con cause/effetti dissimili su ogni superficie dipinta e sui reperti. Procedere con analisi scientifiche che confermino ed approfondiscano l’indagine “a vista”. I risultati vengono condivisi e esaminati con i reparti coinvolti pianificando una programmazione delle

priorità conservative. Contestualmente si imposta una metodica d'intervento e una manutentiva per prolungare il più possibile la durabilità dello stesso intervento. Durabilità intesa come garanzia di efficienza nel tempo, senza entrare in conflitto con il concetto di compatibilità, riferibile all'insieme delle caratteristiche chimiche fisiche e meccaniche tra originale e materiali di restauro, che plausibilmente mostrino un analogo comportamento nei confronti di sollecitazioni esterne. È importante valutare l'applicabilità dei sistemi, senza trascurare le oggettive difficoltà di movimento degli operatori, che molte volte si vedono costretti in luoghi impervi. Nessuna pratica applicativa può rientrare in una didattica generale, ma attentamente e selettivamente valutata da caso a caso. Volendo sintetizzare, si può affermare che la strategia vincente abbina metodiche tradizionali affiancate e/o integrate a tecnologie più avanzate. A tal proposito si selezionano, utilizzano e sperimentano prodotti per il restauro con nano molecole, non filmogeni, prodotti di massima compatibilità, affini alle caratteristiche del manufatto. Nei consolidanti si utilizzano: Ossalato d'Ammonio con Di-Ammonio Fosfato, le nano-calci, la pozzolana superventilata, le calce idrauliche, le silici micronizzate, miscele consolidanti come il Lime-injection, o bio-consolidanti come l'Alga Funori. Come inibitori di sali il Glicole Etilenico. Nella pulitura metodologie chimiche/meccaniche tradizionali si affiancano a nuove tecnologie, con l'utilizzo del laser, ed in Vaticano si può contare sull'attività del Laboratorio di Ricerche Scientifiche che dispone di diverse tipologie di apparecchi laser. La Bio-Pulitura con ceppi batterici non patogeni, nel caso specifico i *Desulfovibrio Vulgaris* che esplicano un'azione di riduzione dell'anione solfato utilizzando il loro processo metabolico.(Figura 5, 6).



Figura 5 Pulitura con Laser e Gel di Agar



Figura 6 Pulitura con batteri *Desulfovibrio Vulgaris*

Nei biocidi ci si orienta sempre più verso prodotti bio, come gli olii essenziali, o attivando un protocollo di irraggiamento UV(Figura n 7).



Figura 8 Irraggiamento con lampade UV

La complessità dell'area archeologiche ipogee, suscettibili alle più piccole variazioni nell'ambiente di conservazione, richiede una costante e attenta valutazione in situ. Criterio indispensabile per ogni restauratore è lo studio del manufatto e delle tecniche di esecuzione, ma ancor più vantaggioso, come punto di partenza, è la possibilità di valutare gli esiti delle precedenti metodiche. Da diversi anni si è testimoni di un processo evolutivo che abbraccia tutti i settori, dallo scavo alla conservazione alla valorizzazione del sito. Per semplificare di tutte le aree archeologiche ipogee vaticane, prenderemo come oggetto della nostra conversazione l'area archeologica della Necropoli della Via Triumphalis. Nel tempo le metodologie di scavo sono progredite, da principio si ricorreva a strutture cantieristiche che oggi si guarderebbero con occhio critico secondo le vigenti norme di sicurezza, ma che negli anni 1956/58 ottemperavano alle esigenze di cantiere, con impalcature, passerelle e pareti di contenimento in legno, senza impiegare negli sterri mezzi meccanici o osservare l'uso degli odierni DPI. Successivamente già negli anni 1994/97 negli scavi del Liverani-Spinola si adottarono mezzi meccanici quali scavatrici e una concezione di scavo più sistematico, organizzando la raccolta dei reperti in cassette

codificandoli e registrandoli come area, quota e data del rinvenimento, aggiungendo note sulla tipologia del reperto e un’accurata documentazione fotografica nonché la compilazione del *Giornale di Scavo*. Solo negli scavi del 2009 /20011 nel settore Scavo Nuovo si è giunti ad impostare un’escavazione con procedimento stratigrafico, un metodo elaborato dall’archeologia per raccogliere e documentare in maniera scientifica gli strati archeologici ricostruendo su dati certi la storia la forma la divisione e successione delle US (unità stratigrafiche), le attività umane e l’ambiente con cui hanno interagito. L’ultimazione dello scavo ha inoltre permesso l’unione dei due settori Autoparco e Santa Rosa in un’unica grande area musealizzata di circa 1000 mq. All’interno dell’area, per ulteriori approfondimenti di scavo si sono adottate nuove tecnologie avvalendosi di competenze ingegneristiche esterne che hanno progettato un “braccetto meccanico” con sonda di visualizzazione e monitor (Figura 8), si è potuto effettuare un micro-scavo in una camera sepolcrale alla quale si poteva accedere solo attraverso il foro di un *tubulo* al centro del piano di calpestio del sepolcro soprastante. Le nuove tecnologie sono applicate anche allo studio sistematico delle ossa combuste delle incinerazioni raccolte nelle olle, o allo studio dell’apparato scheletrico delle inumazioni ivi conservate. Beneficiando così di nuove informazioni sulla vita gli usi e i costumi degli individui e sui riti funerari dell’arco temporale di utilizzo dell’area. Lo studio è stato possibile con la stipula di una convenzione tra la Direzione dei Musei Vaticani e la Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma e L’Ecole Française de Rome. Quasi contestuale alla fase di scavo è la Catalogazione dei reperti, effettuato da un’archeologa collaboratrice esterna del Reparto di Antichità Classiche, la Dott.ssa Isabella Bucci. Inizia già durante lo scavo con la raccolta divisa per US (unità stratigrafiche) di tutti i reperti siano essi di vetro ceramica osso o altro. Viene effettuato un lavaggio di tutti i reperti, si dividono, per US, e in classi di appartenenza, poi si effettua il conteggio dei frammenti e si stima la percentuale per US, si identificano e si siglano i singoli frammenti che possono appartenere allo stesso esemplare, e si verificano gli “attacchi”, dopo un assemblaggio provvisorio si procede al riconoscimento del tipo e della forma (es. bottiglia, boccalino, olla, brocca, incensieri, coppette, ceramiche da fuoco ..ecc), consultando anche “Atlanti delle forme ceramiche” dando, se possibile osservando un bollo la datazione la provenienza del pezzo. Infine si compila una schedatura su foglio excel, una fonte inesauribile di dati caricata su database per ora in forma condivisa all’interno del Vaticano, si auspica per il futuro accessibile a tutti gli studiosi.



Figura 7 Braccetto meccanico

Attualmente è attivo un protocollo manutentivo conservativo che prevede nella fase progettuale una riunione collettiva in area con tutti i reparti e laboratori coinvolti con la finalità di redigere un verbale in cui vengono annotate tutte le criticità conservative e ciò che è migliorabile al livello di infrastrutture e impiantistica, l’analisi del monitoraggio ambientale e alcune ipotesi d’intervento con le eventuali metodiche applicative comprensive di indagini scientifiche con strumentazioni portatili in situ ed altre in laboratorio. In ultimo allo scopo di estendere il più possibile l’arco temporale della durata di un intervento si decide ed all’occorrenza si modifica e perfeziona un protocollo manutentivo che prevede un’ispezione periodica di un restauratore in situ con scadenza generalmente semestrale. La restauratrice incaricata del Laboratorio Restauro Dipinti e Manufatti Lignei Rossana Giardina effettua un continuo controllo e attività in area. Si redige un report trasmesso tempestivamente a tutti i reparti, corredandolo di documentazione fotografica comparativa ai precedenti controlli. Per semplificarne la lettura si compilano schede con note personalizzate per ciascun vano o sepolcro, segnalando con una efficace simbologia la gravità degli aspetti conservativi. Per contestualizzare e segnalare graficamente le cause/effetti dello stato conservativo si ha cura di realizzare una mappatura digitalizzata (Figura 10), aggiornata semestralmente. A seguito di quanto per il momento specificato si creano delle tabelle a tema “Interventi di Restauro o di Manutenzione Ordinaria e/o Straordinaria” stimando le priorità, le tempistiche, il numero degli operatori necessari, la tipologia ed i costi relativi ai materiali di consumo. Avendo cura di coinvolgere tutti i reparti e laboratori per l’espletamento congiunto delle diverse prassi. Per apportare un sostanziale miglioramento all’ambiente di tutela, anche il processo evolutivo ha costantemente coinvolto tutti i settori. Si sono sostituiti i precedenti controsoffitti con materiali innovativi, come il “Barrisol” tessuto termo-estensibile (Figura 11), che dai test di laboratorio risulta essere il meno attaccabile da bio-deteriogeni, richiedendo un’esigua manutenzione.



Figura 10 Mappatura digitale

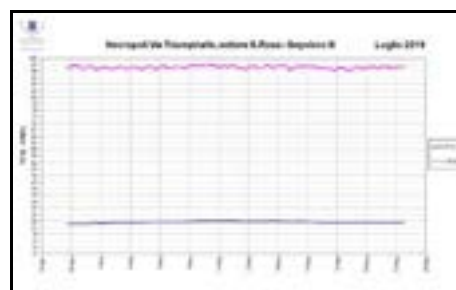


Figura 11 Copertura con telo termo-estensibile "Barrisol"

Con il medesimo intento l'Ufficio del Conservatore cura il monitoraggio ambientale, avvalendosi di una rete di otto sensori radio *Hanwell* di T°/UR, collocati in zone strategiche del sito che per la sua estensione e peculiarità orografiche e strutturali presenta situazioni differenti da zona a zona. Un sensore esterno rileva le condizioni del clima nello Stato SCV, permette di eseguire confronti puntuali verificando il grado di isolamento dell'ambiente e l'entità degli scambi igroscopici tra ipogeo ed esterno. I dati registrati a intervalli di tempo ravvicinati vengono elaborati sotto forma di grafici e report, mensilmente trasmessi agli uffici e agli operatori interessati. Il controllo da remoto, permette di relazionarsi tempestivamente con l'Ufficio del Conservatore qualora si presentasse un repentino degrado conservativo. (Figura 12,13,14).



Figura 12 Posizionamento dei sensori di T/UR, 13 Particolare dei sensori,



14 Grafico di T/UR relativo al Sepolcro III

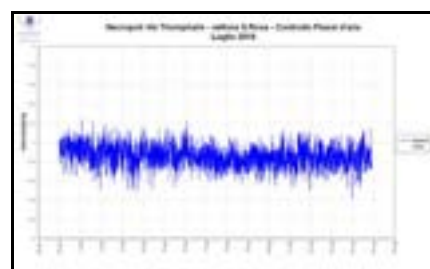
Dal 2017 il sito è dotato di un impianto di ricircolo dell'aria e filtraggio delle polveri che assicura la migliore circolazione dell'aria evitandone la stagnazione, pericolosa in un'area con elevata umidità e agenti biodeteriogeni. Il sistema si sviluppa su tutta l'estensione dell'area mediante condotte di mandata e ripresa. Due anemometri installati in prossimità delle bocchette misurano velocità e direzione dell'aria e, monitorando i flussi si verifica da remoto eventuali malfunzionamenti e perdita di prestazioni, attivando tempestivi interventi di ripristino. Secondo il protocollo istituito, l'impianto viene sottoposto a periodica pulizia e sanificazione con cadenza semestrale (Figura 15,16,17).



Figura 15 condotte impianto,



16 Particolare anemometro,



17 Grafico dei valori di velocità dei flussi di aria

Si è anche implementata l'installazione dei corpi illuminanti con lampade UV per coprire massivamente l'area, perfezionando così l'azione di controllo e abbattimento delle eventuali cariche batteriche. Il rinnovamento dei dispositivi per i test in area quali il colorimetro, l'igrometro. Giungendo alla fase più attiva dell'intervento di restauro e/o manutenzione ordinaria/straordinaria. La durabilità dell'intervento è una delle maggiori sfide che abbiamo intrapreso. A tal proposito, ogni intervento di restauro è in relazione con il successivo programma di manutenzione. Ottimizzare è la parola chiave ed in questo ci vengono in soccorso le nuove tecnologie. Nel caso

specifico di una superficie dipinta e reintegrata ad acquarello, dove la ricomparsa di efflorescenze saline compromette la coesione del pigmento e la leggibilità decorativa, obbliga ad un successivo intervento di manutenzione, senza per questo compromettere le pregresse reintegrazioni. Si terrà conto che l’ambiente di conservazione impone un ridotto utilizzo di acqua. Escludendo la più tradizionale metodica con carta giapponese ed acqua deionizzata, si procederà all’ estrazione dei sali con gel semirigidi di Nevek armati con velatino¹ per facilitarne l’applicazione/rimozione, a volte addizionandoli con Tri-Ammonio Citrato o Ammonio Carbonato, o gel morbidi stesi a caldo², previa una leggera rimozione del particolato decoeso e fissaggio dei ritocchi con Alga Funori in soluzione alcolica³. Altrimenti nella fase iniziale dell’intervento si testa l’uso di altre tipologie di colori con caratteristiche compatibili con il materiale originale ed idonee all’ambiente di conservazione, o più semplicemente si aggiunge un legante biologico in fase di ritocco, che permetta una maggiore resistenza del pigmento. Nel passato per ritardare tale fenomenologia si è utilizzato il Glicole etilenico come inibitore di sali. In un’area così vasta non c’erano i presupposti per l’utilizzo degli invertitori di polarità, o altri materiali di natura filmogena che avrebbero nell’immediato saturato le superfici dando il risultato desiderato ma a lungo termine, non idoneo ai parametri ambientali, che impongono uno scambio di umidità interno esterno uniforme. In futuro si testeranno degli “umettanti” per ritardare il rilascio di umidità dalle superfici. Con la Biologia Molecolare si analizzeranno le superfici trattate con la bio-pulitura con batteri idonei alla rimozione dei solfati, che nel tempo hanno garantito e mantenuto il risultato ottimale pur senza successive manutenzioni. Sarà importantissimo, conoscerne i principi per ora criptati. (Figura 18, 19, 20).



Figura 13-14-15 Intervento di Manutenzione: Rimozione dei Sali e Consolidamento

Indagini scientifiche

Protocollo operativo in ambienti ipogei. Dal punto di vista scientifico-analitico, la Necropoli viene costantemente monitorata per valutare come le eventuali variazioni dei parametri termoisometrici degli ambienti ipogei, notoriamente idonei allo sviluppo e proliferazione di microrganismi, possano influenzare o innescare la germinazione delle spore circolanti e la diffusione di contaminazioni sui differenti substrati.

All’interno della Necropoli sono state individuate delle zone più a rischio dello sviluppo di contaminazioni microbiche e, mensilmente, in queste aree, si eseguono campionamenti aerobiologici attivi con campionatore di aria MD8 (Sartorius) che aspira un volume noto di aria attraverso filtri a membrana in gelatina. I filtri vengono successivamente incubati su terreno nutritivo generico a 28°C per 15 gg, per la stima quantitativa dei contaminanti. La crescita viene quantificata al 3° ed al 7° giorno e confermata al 15° giorno. In fase di lettura delle piastre le colonie cresciute, sia batteriche che fungine, sono analizzate e, dove possibile, caratterizzate morfologicamente dapprima attraverso esame microscopico⁴, rispettivamente previa colorazione di Gram e colorazione con blu di lattofenolo su vetrino.



Figura16: Immagine del campionamento aerobiologico eseguito all’interno della Necropoli

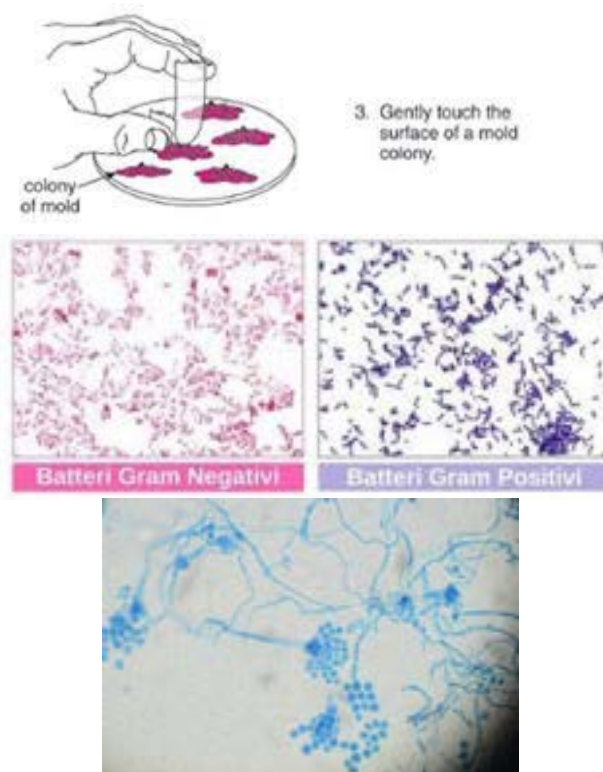


Figura17: Immagini dell’analisi con funghi tape (a) con le relative colorazioni: Gram (b) e blu di lattofenolo

Successivamente, al fine di approfondire l’identificazione dei singoli ceppi microbici cresciuti, si effettua l’isolamento delle singole colonie di interesse e l’estrazione del DNA per l’indagine molecolare⁵ attraverso l’amplificazione di una regione del gene che codifica per l’rRNA 16S (procarioti) o 5.8S (eucarioti) ed il successivo sequenziamento.

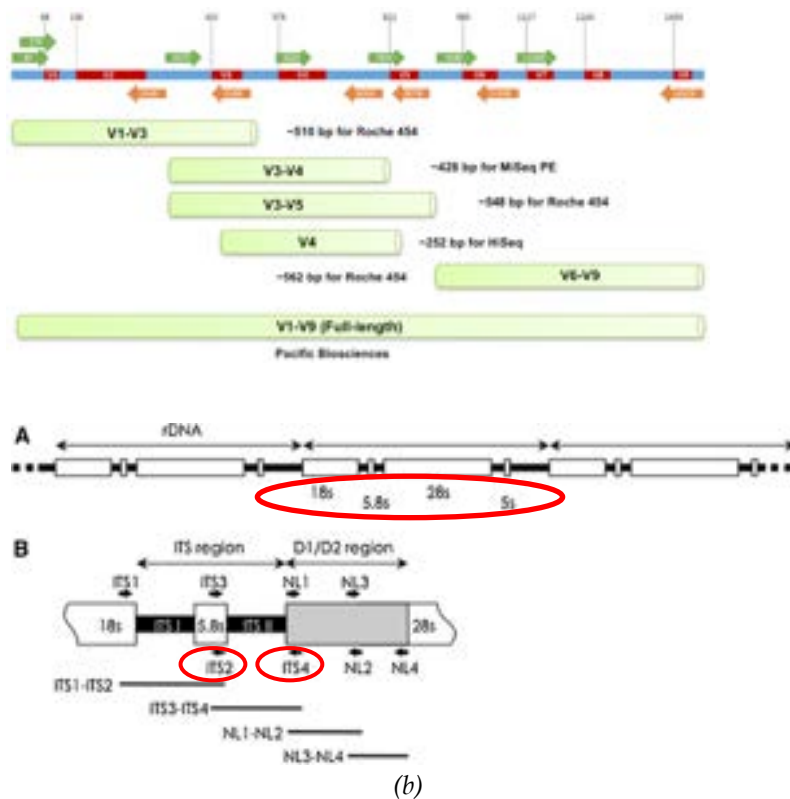


Figura 18: Immagini delle regioni del DNA batterico (a) e fungino (b) amplificate attraverso PC

I risultati, espressi in UFC/m³, vengono inseriti in grafici e tabelle dove sono messi a confronto con tutti i valori registrati nei mesi e negli anni precedenti per analizzarne l'andamento. Nel caso si dovesse verificare un incremento costante di carica microbica, oltre i limiti di tolleranza per l'ambiente in esame, si programmano interventi di disinfezione dell'area.

Ulteriori operazioni di monitoraggio svolte all'interno della Necropoli consistono in campagne di indagini, concordate con i restauratori, su gruppi di sepolcri selezionati in relazione allo stato conservativo, prevalentemente in funzione della presenza di sbiancamenti dovuti alle salificazioni sulle superfici, che verranno sottoposti ad interventi di rimozione dei sali ed eventuali contaminazioni biologiche presenti.

Pertanto, al fine di valutare la tipologia di sali presenti, le alterazioni colorimetriche indotte sulle superfici e quantificare l'eventuale presenza di biodeteriogeni, si effettuano campionamenti biologici e analisi colorimetriche, prima e dopo i trattamenti, e prelievi dei sali stessi. Inoltre, i parametri colorimetrici vengono presi come riferimento, nei monitoraggi successivi, per valutare le eventuali alterazioni cromatiche indotte da nuovi processi di risalita di umidità ed evitare così il riformarsi di ingenti sbiancamenti.

Analisi Biologiche

I prelievi biologici vengono eseguiti tramite tamponi sterili, previa impregnazione di questi con soluzione fisiologica sterile, i quali sono successivamente seminati su piastre di Potato Glucose Agar (PGA-SIGMA Aldrich) e Tryptic Soy Agar (TSA-BD Difco) per permettere la crescita dei biodeteriogeni fungini e batterici eventualmente presenti. Le piastre vengono incubate a 28°C per 15 giorni e la lettura di queste avviene dopo 3 e 7 gg. ed è confermata al quindicesimo giorno. I dati ottenuti si valutano in funzione del livello di carica microbica (batterica e fungina) e della tipologia di ceppi cresciuti e si mettono a confronto tra prima e dopo il trattamento eseguito, anche per valutare gli effetti che il trattamento stesso induce sui microrganismi riscontrati.

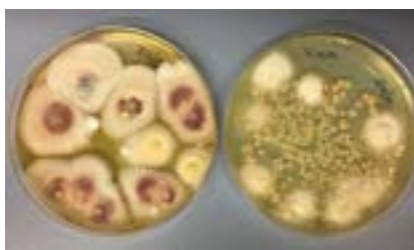


Figura 19. Immagine degli esiti dell'esame culturale eseguito su uno dei sepolcri in esame

Analisi colorimetriche⁶

Vengono effettuate tre misure su ciascuna area selezionata, con la componente speculare esclusa (SCE) ed inclusa (SCI). Ogni risultato è dato dalla media delle tre misure, ciascuna ripetuta per tre volte, per avere un dato più accurato.

Al fine di valutare l'efficacia dei trattamenti di rimozione dei sali sulle superfici ed il ripristino delle colorazioni originali, si valutano i valori mediati dei parametri colorimetrici L*, a*, b*, le curve di riflettanza e le variazioni colorimetriche tra le misure eseguite prima e dopo, espresse con ΔL (differenza di luminosità o chiarezza), ΔC (differenza cromatica) e ΔE (differenza totale di colore tra due misure). I valori di ΔE sono considerati significativi se superiori a 5⁷.

		PRE			POST			ΔL	ΔC	ΔE
		L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)			
XXV	SCI	67,18	3,18	5,52	54,74	9,56	11,26	12,45	8,58	15,12
	SCE	67,11	3,18	5,59	54,56	9,60	11,34	12,55	8,62	15,22

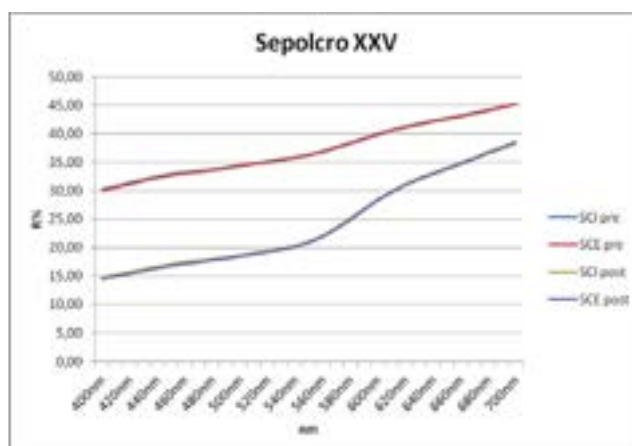


Figura.20: Tabella di valori e curve di riflettanza relative alle misure eseguite su uno dei sepolcri in esame

Analisi Sali

Sugli sbiancamenti dei sepolcri selezionati sono stati eseguiti prelievi di sali in polvere, da caratterizzare mediante analisi in Cromatografia ionica per la valutazione del contenuto in anioni e cationi⁸.

A titolo di esempio si riporta l'analisi dei Sali solubili (cationi e anioni) di alcuni intonaci presenti nell'area archeologica. L'analisi è stata eseguita sui campioni di carta giapponese usati durante la pulitura con H₂O. E' stata analizzata un'area di 9 cm² estratta con 2 ml di H₂O deionizzata e dopo centrifugazione a 4500 rpm, il surnatante è stato analizzato previa diluizione, per avere una risposta che entrasse nell'intervallo di linearità dello strumento.

I campioni sono:

NSR-II	NSR-VIII	BIANCO

Condizioni di indagine:

ANIONI: Strumento: Cromatografo ionico DIONEX DX 120; Colonna: IonPac AS 14 (4 x 250 mm); Precolonna: IonPac AG14 (4 x 50 mm); Soppressore: ASRS ULTRA (4 mm); Eluente: 1,8 mM Na₂CO₃ + 1,7 mM NaHCO₃ (pH=10,1); Flusso: 1,2 ml/min.

CATIONI: Strumento: Cromatografo ionico DIONEX DX 100; Colonna: IonPac CS 12A (4 x 250 mm); Precolonna: CG12A (4 x 50 mm); Soppressore: CSRS ULTRA (4 mm); Eluente: 20 mM CH₄O₃S (pH=1,8); Flusso: 1 ml/min.

Contenuto in ioni, espresso come milliequivalenti su litro.

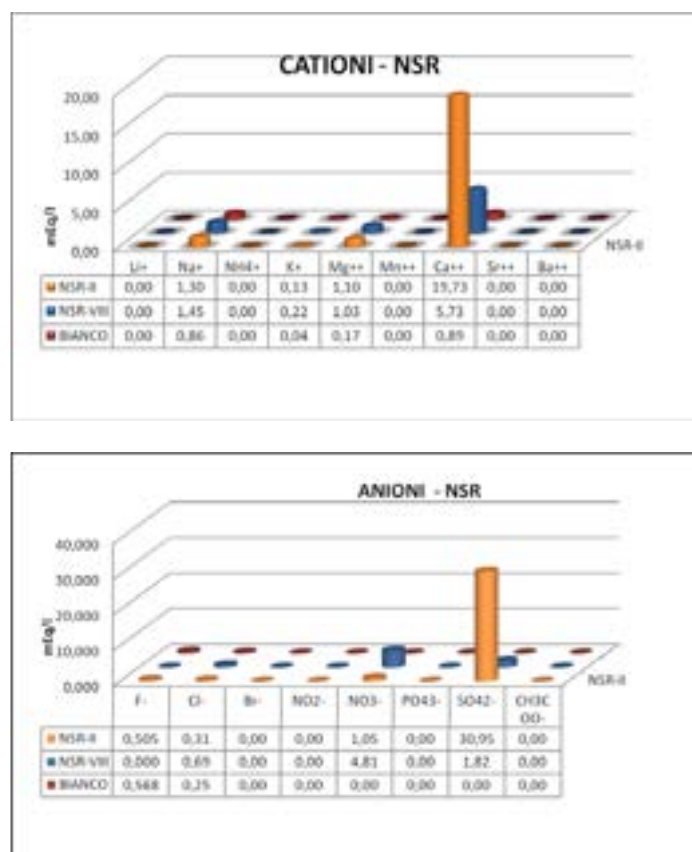
Di seguito sono riportati gli istogrammi relativi ai cationi e agli anioni, espressi in mEq/L, per ciascun campione:

CATIONI												
mEq/l												
Camp.	area tampone (cm ²)	ml estraente	Li ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Sr ⁺⁺	Ba ⁺⁺	mEq/cm ² Ca
NSR-II	9	2	0,00	1,30	0,00	0,13	1,10	0,00	19,73	0,00	0,00	2,19
NSR-VIII	9	2	0,00	1,45	0,00	0,22	1,03	0,00	5,73	0,00	0,00	0,64
BIANCO	9	2	0,00	0,86	0,00	0,04	0,17	0,00	0,89	0,00	0,00	0,10

Cationi (estrazioni)

ANIONI											
mEq/l											
Camp.	area tampone (cm ²)	ml estraente	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	CH ₃ COO ⁻	
NSR-II	9	2	0,505	0,31	0,00	0,00	1,05	0,00	30,95	0,00	
NSR-VIII	9	2	0,000	0,69	0,00	0,00	4,81	0,00	1,82	0,00	
BIANCO	9	2	0,568	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Anioni (estrazioni)



Valorizzazione e Musealizzazione dei siti archeologici ipogei

La valorizzazione e la conservazione di un sito archeologico contempla disparati aspetti. La valorizzazione è intesa come valore aggiunto, in quanto godibilità e fruizione, dal bambino all'adulto, dal turista allo studioso. Ma anche come fonte di dati, informazioni da custodire come bene comune da condividere nel mondo. La nostra attività si pone con l'impegno di rispettare queste tematiche. Dedica la stessa attenzione alla conservazione del sito in tutto il suo insieme, dalle infrastrutture, come il percorso di visita realizzato in grigliato metallico per permettere una visione completa dell'area. L'illuminazione, valorizza un'opera, un sito, offrendo nuove prospettive di percezione. La luce al LED il cui spettro cromatico ha escluso il colore nocivo per i manufatti, diventa descrittiva e interpretativa, intelligente ed emozionale. Può infine essere dinamica, ovvero accompagnare la visualizzazione delle opere durante il percorso di visita, insieme ad un supporto didattico sempre più aggiornato e rispondente alle richieste del marketing turistico. La Didattica ha visto nei suoi esordi una semplice mappatura descrittiva del sito dipinta a parete (anni 1958/60) a seguire una cartellonistica serigrafata con scritte esplicative e immagini B/N e alcune elaborazioni grafiche dei sepolcri (anni 1990/2005). Per arrivare ad oggi con una didattica multimediale, ricostruzioni in 3D, filmati e touch-screen, con un criterio espositivo avanzato con vetrine didattiche interattive e contestualizzazione dei grandi reperti, quali statue, sarcofagi e urne, con immagini macro del sito di rinvenimento. Dedicare uno spazio alla didattica per bambini, se vogliamo è in linea con il pensiero comune di valorizzazione e godibilità del bene. I bambini possono beneficiare di una visita dedicata teorica ed interattiva con una simulazione di scavo stratigrafico svolto come nel reale, con tutte le operazioni ad esso concernenti: la documentazione grafica e fotografica, il rinvenimento di tutti i reperti e tipologie di sepolture, nonché la raccolta, il lavaggio e catalogazione dei reperti. Se vogliamo questo programma didattico è un percorso di informazione e sensibilizzazione verso la consapevolezza di quanto sia importante la salvaguardia del patrimonio culturale.

Nel rispetto di tale orientamento la salvaguardia e la valorizzazione di un sito si estende a tutto il suo insieme. La pulitura dei laterizi esterni dei sepolcri è importante, perché mette in luce le tecniche edilizie delle strutture murarie là dove era prevista una cortina a giorno. Come lo è il terreno di scavo, è quindi rilevante comprenderne le complicazioni conservative. Si dovrà partire dalle origini, la natura geologica del *Mons Vaticani* argilloso, sabbioso e ghiaioso, è stata causa di alcune frane, che hanno nel tempo modificato l'occupazione dell'area sepolcrale. Il terreno archeologico viene considerato come supporto contenitivo, in cui trovano sede sia imponenti strutture sepolcrali, che sepolture minori e micro frammenti. A volte, come in uno dei settori della Necropoli della Via Triumphalis, si assiste ad una progressiva disidratazione del terreno, i cui effetti si

manifestano con cretture, sgretolamenti e lesioni di piccola e media entità, che a loro volta sono causa di cedimenti e crolli. È importante comprenderne le cause, le dinamiche e gli effetti, se possibile a breve e a lungo termine. Siamo, per ora in fase di studio e di piccola sperimentazione in situ di consolidanti e di prove di re-idratazione del terreno. In stretta cooperazione con il Laboratorio Scientifico, che analizza il sedimento terroso dividendolo in più classi, misurando la sua bagnabilità. Si stima la resistenza meccanica, le variazioni colorimetriche, i tempi, il variare del peso del volume specifico prima e dopo le prove di consolidamento e durante le fasi d’Idratazione-Disidratazione. L’Uff. del Conservatore ci correda di micro termo igrometri principali, per conoscere in tempo reale durante le sperimentazioni i valori di UR e T. Sarà importante se possibile, confrontarci con analoghe realtà in altri siti archeologici, essendo certi che la condivisione è un’ indispensabile percorso verso l’evoluzione e la risoluzione di tematiche ancora irrisolte. Dallo studio alla sperimentazione all’applicazione e alla risoluzione delle problematiche di cui sopra, intercorrerà del tempo. Tempo in cui si deve comunque affrontare e tamponare fenomeni di degrado conservativi: per es. una stele marmorea che per lo sgretolamento del terreno crolla, e quindi potrebbe lesionarsi, o comunque cedendo non si conserverebbe più l’angolo di inclinazione testimone del livello di una delle frane pregresse (importante dato per gli archeologi). In questo caso, si è provato a risanare il terreno, con altro sedimento terroso prelevato in situ e opportunamente trattato, caricandolo con una percentuale minima del prodotto consolidante che in fase di sperimentazione meglio aveva risposto per la sua compatibilità, trattandosi di un’argilla sintetica totalmente reversibile. Gli esiti non ottimali di un precedente tentativo di consolidamento del terreno con resine acriliche ci hanno indotto a riconsiderare la metodologia allora utilizzata. Nel tempo il terreno trattato si è modificato esteticamente e nella sua densità materica. Configurandosi come uno strato molto compatto di color grigio che ha incorporato il particolato aereo-disperso. Strato per altro non più rispondente alle necessità aggregative di un terreno disidratato e decoesivo, non reversibile tanto da compromettere alla sua rimozione la stabilità del piano sottostante. Ad oggi si sono adottati nuovi prodotti che variano dall’Art-Peeling, per la rimozione dello strato non più idoneo, al gel per il consolidamento. Concludiamo, consapevoli che un sito archeologico ipogeo, per genesi e peculiarità conservative, mostrerà in futuro un profilo di largo spettro, bacino di nuove informazioni, catalizzatore per ricerche innovative, come un QR Code dinamico.

NOTE

- [1] Gel semirigido di Nevek preparato al microonde armato con tessuto leggero in poliestere 100% SAATIFIL PES 105/33 W PW.
- [2] Gel morbido di Nevek preparato a “Bagnomaria”, steso a pennello.
- [3] Alga Funori, preparazione a bagnomaria con acqua deionizzata e ridiluita 1:1 con etanolo.
- [4] Microscopio ottico in luce trasmessa Leitz Ortholux 792, ingrandimenti 200X-400X.
- [5] Thermal cycler C1000 Touch/CFX96 Real Time System (BIORAD). Rilevatore gel elettroforesi Gel Doc EZ Imager (BIORAD). Sequenziamento metodo Sanger. BLAST in <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.
- [6] Le misure colorimetriche sono state effettuate con spettrofotometro Konica Minolta CM-700d, con le seguenti specifiche: Illuminante: C/2°, spazio colorimetrico: CieLab, in modalità SCI e SCE (componente speculare inclusa ed esclusa), area spot di analisi: 8 mm, Intervallo spettrale: 400-700 nm.
- [7] Cfr. norma UNI EN 15886:10.
- [8] Analisi cromatografica: ANIONI: Cromatografo ionico ICS 5000 plus; Colonna: IonPac AS 11-HC 4µm (2 x 250 mm); Precolonna: IonPac AG11-HC 4µm (2 x 50 mm); Soppressore: AERS (4 mm); Eluente: 30mM KOH; Flusso: 0,38 ml/min. CATIONI: Cromatografo ionico ICS 5000 plus; Colonna: IonPac CS 16 (3 x 250 mm); Precolonna: CG16 (3 x 50 mm); Soppressore: CERS (4 mm); Eluente: 30 mM CH4O3S; Flusso: 0,5ml/min.

BIBLIOGRAFIA

1. Tosco Carlo, *“I Beni Culturali. storia tutela e valorizzazione*, Il Mulino Editore, 2014.
2. Caneva G., Nugari M:P.; Salvadori O. *“La Biologia Vegetale per i Beni Culturali, vol.II, Biodeterioramento e Conservazione”*, Nardini Editore, Firenze, 2007
3. Cognome Nome, *“La Biologia Vegetale per i Beni Culturali, II, Conoscenza e Valorizzazione”*, Nardini Editore, Firenze, 2005.
4. Gambino Claudio, *“Patrimonio archeologicoe sviluppo sostenibile. Progetto strategico per la valorizzazione turistico-culturale della Sicilia centrale”*, Patron Editore, 2016.
5. Poulot Dominique, *“Musei e Museologia”*, Jaca Book 2018.
6. Caminiti R., Campanella L., Nunziante S., Cesaro S., Plattner S.H., Scarpellini E., *“Materiali e metodi innovativi per il restauro sostenibile”* in Atti del Convegno *“Diagnosis for the conservation of cultural heritage”*, Aracne Editore, Napoli, 2014.

PROBLEMATICHE DI PROGETTAZIONE E INTERVENTO

DAL TEATRO DI GOLDONI AL RESTAURO DEL SIPARIO STORICO DI SCENA DI TRANQUILLO ORSI A FELTRE

Rossella Bernasconi*, Simonetta Pagani, Stefano Russo***, Camilla Mazzola******

*Restauratrice, Via Selene 16, 21100 Varese, rba.rossellabernasconi@gmail.com

** Restauratrice, Via C. Dossi 10, 21056 Induno Olona (VA), simonetta-pagani@libero.it

*** Collaboratore Restauratore, Via Brunico 81, 21100 Varese, stefano.russo.r@gmail.com

****Docente di Problematiche di conservazione di arte contemporanea, Accademia di Belle Arti di Brera, Milano, V.le Caldara 19, 20122 Milano, mazzola@studioconservazione.com

Abstract

Il Teatro de la Sena di Feltre, tanto particolare in quanto ricavato nella Sala del Maggior Consiglio e situato al primo piano del Cinquecentesco Palazzo della Ragione, di cui si conservano preziosi frammenti di affreschi, rappresenta anche un unicum per quanto riguarda la conservazione del materiale scenico, sia ottocentesco che precedente; la chiusura del teatro nel 1929 ha comportato infatti l'inaspettata conseguenza di aver preservato molti elementi scenici antichi, per semplice accantonamento e dimenticanza.

La lunga storia del teatro, che va dalla metà del '600 all'epoca di Carlo Goldoni (che qui debuttò con "La cantatrice" nel 1730) al rifacimento del complesso all'inizio dell'Ottocento su modello della Fenice di Venezia, alla chiusura per molti decenni, dal primo dopoguerra fino al sofferto restauro iniziato negli anni Sessanta, ha portato ora alla volontà di valorizzare gli elementi scenici sopravvissuti.

E' importante precisare che, dopo l'ultimo restauro il sipario, dipinto da tranquillo Orsi nel 1843, era rimasto per più di 40 anni arrotolato, in attesa di ritornare nel teatro.

L'interessante esperienza del restauro del sipario, allargata alla risoluzione di problematiche legate alla movimentazione per il suo futuro utilizzo, è stata affiancata dalla ricerca storica e dal confronto con esperienze europee di teatri dove gli apparati storici sono stati conservati e riutilizzati.

Diversi e sempre stimolanti sono stati gli aspetti che l'intervento ha affrontato: dallo studio dell'originario sistema di tiri alla ricerca di materiali e tecniche particolari per migliorare la futura movimentazione del sipario; dal confronto con l'ambiente del teatro, che nel frattempo aveva subito sostanziali modifiche, allo studio della nuova collocazione; da una tempistica di realizzazione del restauro che si è dilatata inaspettatamente ai momenti di condivisione con la cittadinanza di quanto si andava realizzando. Una ulteriore conferma che nel restauro la progettazione e l'intervento si sviluppano in un divenire continuo e richiedono una buona dose di dinamicità nei vari soggetti che ne sono coinvolti.

Fra i problemi che sono stati affrontati in fase di restauro molto stimolante è stato quello che ha riguardato il trattamento delle deformazioni della planarità che il grande telo presentava anche e soprattutto a causa del lunghissimo periodo di arrotolamento; in questo caso sono stati messi in atto sistemi ormai ampiamente collaudati per i dipinti di grandezze normali, ma con non poche incognite sulle dimensioni dei sipari. Un altro aspetto interessante ha riguardato la ricerca di sistemi per poter migliorare la risalita e la piegatura del sipario nei momenti in cui viene alzato e conservato dietro l'arco del boccascena. Per questo motivo sono state effettuate ricerche di materiali estremamente leggeri e flessibili accompagnati da diverse simulazioni, che hanno visto l'apporto di altre professionalità oltre a quella di noi restauratori.

Introduzione – Inquadramento storico

La particolarità del teatro de la Sena di Feltre è che si trova al piano primo di un palazzo cinquecentesco, è stato infatti ricavato all'interno del Palazzo della Ragione, in quella che era stata la Sala del Maggior Consiglio. Nel 1648 già la sala risulta trasformata in teatro, con l'inserimento di palchi e utilizzata particolarmente nel periodo di carnevale. Fra il 1729 e il '30 Carlo Goldoni fu a Feltre e fece rappresentare nel teatro due sue commedie (Il buon padre e La cantatrice) oltre ad opere del Metastasio. Nel 1741 si costruì un terzo ordine di palchi e l'attività teatrale documentata continuò con intensità. Il 26 luglio 1769 un fulmine provocò danni e morte; si rallentò molto allora l'attività che si interruppe poi nel 1797, con la caduta di Venezia. Solo negli anni della dominazione napoleonica, dal 1802, riprese l'attività teatrale, con la radicale trasformazione della sala in vero e proprio teatro ad opera dell'architetto veneziano Antonio Selva, sul modello della Fenice di Venezia; la riapertura avvenne nel 1812 e da quel momento il teatro divenne un riferimento importante per l'attività culturale della zona, tant'è che si decise di rinnovare l'apparato decorativo affidando allo scenografo della Fenice, Tranquillo Orsi, la realizzazione anche del nuovo sipario nel 1843. Ma nel 1929 il teatro dovette chiudere perché non più a norma con le regole delle sale pubbliche. Questa chiusura ha determinato l'accantonamento dei molti apparati scenici, alcuni più degradati, altri meno, che non sono andati distrutti e che ora costituiscono un patrimonio unico e storicamente molto importante di questo teatro.



Figure 1 e 2. Il Teatro de la Sena di Feltre in una antica immagine e l'interno attuale con le decorazioni di Tranquillo Orsi

Le vicende dei restauri, una difficile impresa ancora oggi

Nel 1966, dopo i lunghi anni di abbandono, si cominciò a pensare alla possibilità del restauro del teatro che nel frattempo si era gravemente deteriorato per lo stato di abbandono, al punto che una parte della cittadinanza era del parere che non fosse possibile il suo recupero. L'idea del restauro del teatro fu fortemente caldeggiata da Italia Nostra, soprattutto da Anna Paola Zugni Tauro.

Nella fase iniziale del nostro progetto per il restauro del sipario, leggendo la documentazione esistente sulla storia del teatro e dei suoi recenti restauri, ci siamo imbattuti in una lunga sequenza di lavori fatti e disfatti, di approcci all'opera estremamente invasivi e perfino in denunce e processi: talvolta il restauro diventa difficile se entrano in gioco non solo i dati oggettivi di quanto si deve analizzare, progettare e realizzare, ma anche le specifiche situazioni dell'ambiente in cui si opera, delle personalità e degli interessi che vengono coinvolti [1]. Senza entrare in questa sede nelle considerazioni di quanto è stato fino ad ora eseguito, ma esaminando lo stato di fatto attuale, possiamo dire che la sensibilità e l'interesse di comprendere e valorizzare la peculiarità di quanto si era conservato era ben presente in alcune personalità che iniziarono le operazioni di restauro, come la già citata Anna Paola Zugni Tauro e Federico Velluti (il restauratore che intervenne all'inizio degli anni '70 sulle decorazioni, sugli apparati scenici, sulla volta e sul sipario), ma negli interventi successivi si perse, in favore di operazioni che stravolsero il teatro, e che furono poi in parte rimosse, o che modificarono in funzione di un utilizzo moderno soprattutto lo spazio scenico, senza forse cercare soluzioni intermedie che avrebbero potuto rispettare in misura maggiore la storicità del luogo.

Oggi la sensibilità maggiormente condivisa nel comprendere e valorizzare l'importante mole di apparati scenici ottocenteschi ancora presenti a Feltre ha portato l'amministrazione comunale ad affrontare la possibilità di reinserire il sipario in teatro, trovare una collocazione per le quinte e i fondali e creare un piccolo museo che accoglierà altri elementi storici.

Da qui la ripresa in carico del sipario, già restaurato nel 1976/77 dalla società Velluti, e rimasto poi arrotolato nella soffitta del palazzo Pretorio di Feltre. Come a volte succede il tutto è partito sulla spinta di un grande entusiasmo e di un finanziamento acquisito dal Comune; poi vi è stata una pausa obbligata, legata alla necessità di affidare la progettazione per la movimentazione in teatro; così, al momento della stesura di questo contributo il lavoro non è terminato.

Con il trasporto del sipario in un ambiente individuato dal Comune a pochi passi dal teatro (Palazzo Borgasio, già sede universitaria) sono iniziate le verifiche sull'opera e all'interno del teatro. E' stato così valutato che il sipario sarebbe in grado di essere rifunzionalizzato malgrado le condizioni nello spazio scenico siano mutate.

Nel frattempo sono stati studiati gli elementi di usura sull'opera per risalire alla movimentazione originale, diventata punto di riferimento per mettere in atto una serie di interventi utili ad una movimentazione che comporti i minori rischi possibili.

Dal punto di vista dello studio degli apparati scenici questa nuova attenzione da parte dell'amministrazione comunale ha visto anche un interessamento dell'Università di Berna (CH), che ha inserito in un programma di ricerca lo studio degli apparati storici del teatro di Feltre [2]. Un'altra importante occasione di confronto si è avuta con il sopralluogo in teatro e nel laboratorio da parte di Jean Paul Gousset, già Direttore Tecnico del Teatro della Regina del Castello di Versailles. Tutti questi apporti sono importanti contributi non solo allo studio ma anche alla guida nelle scelte della futura ricollocazione.

La questione della scelta fra musealizzazione e ricollocazione è stata affrontata con i committenti e con i funzionari della Soprintendenza [3], confrontandoci anche con Jean Paul Gousset, analizzando attentamente tutti gli aspetti; alla fine si è favorita la decisione del ricollocazione, privilegiando la finalità intrinseca di questa

particolare opera d’arte. Sarà necessario predisporre una specie di “protocollo di movimentazione” e un programma di manutenzione per garantire il corretto utilizzo del sipario.



Figura 3. Spostamento del sipario arrotolato dalla soffitta



Figura 4. Srotolamento del sipario e allestimento del laboratorio

Il sipario: descrizione dell’opera

Misure sipario: cm. 660 x 860

Il sipario storico del Teatro de la Sena di Feltre è opera dello scenografo Tranquillo Orsi (Mantova, 1791 - Venezia, 1844) e venne realizzato nel 1843, ed è l’unico sipario dello scenografo della Fenice di Venezia ad essersi conservato.

Si tratta di un dipinto a tempera su un supporto tessile costituito da 11 teli di canapa, alti circa 70,5/71,5 centimetri più due mezzi teli (cm. 37/38) posti in verticale cuciti fra di loro con punto a soprappiglio per un totale di 12 cuciture in verticale che costituiscono una sorta di nervatura. La tela di supporto è probabilmente di canapa con una tessitura a tela e una riduzione di 11 fili di ordito x 11 di trama. Come riporta Bruno Roberto Bruni “*La dimensione dei teli inferiori ai 100 cm. di altezza è una caratteristica costante del materiale scenico dei teatri storici ottocenteschi*” (v. bibliografia 2: Bruno Roberto Bruni in X Congresso Nazionale IGIIC, 2012 p. 174).

La raffigurazione simula un sipario all’italiana, cioè un tendaggio che si apre su un fondale, con un effetto di teatro nel teatro. La movimentazione originaria era “in terza” o “in quarta”, con la barra (stangone) applicata a circa 2/3 dalla base, come si evince agevolmente osservando la **Figura 5**.



Figura 5. Foto degli anni ‘70 del secolo scorso con il sipario in teatro

“Nel sipario Tranquillo Orsi, entro finti drappaggi azzurro polvere con nappe e cordoni dorati ed entro una cornice dorata delimitata da greche e rosoni, ha messo in scena, in una radura boscosa, un concerto per Minerva e Giove o, forse re Mida, come indurrebbe a pensare il berretto frigio indossato dal barbuto

personaggio, alla muta presenza di una statua. Atena/Minerva, figlia di Giove, protettrice delle istituzioni, delle scienze e delle arti, è effigiata con i classici attributi, elmo, lancia e lo scudo con la testa di Medusa e al suo fianco sta appollaiata una civetta, animale sacro alla dea. Ad esibirsi sono Apollo citaredo, rappresentato come un bellissimo giovane biondo avvolto in un morbido himation, con in mano la cetra, ai piedi la faretra e accanto, avvitato su un tronco, un serpente, allusivo della vittoria su Pitone, e Pan, divinità dei boschi rappresentato con piedi caprini e corna, intento a suonare la siringa. Ai piedi di quest'ultimo stanno un'altra siringa, un rotolo con spartiti musicali, un timpano o tamburello con sonagli, strumento con il quale sono sovente ritratte le Baccanti, come nel fregio Danzatrici e Menadi affrescate staccate dalla Villa di Cicerone di Pompei, ora al Museo Archeologico nazionale di Napoli (inv. n. 9297). Un altro giovane sileno ascolta rapito la melodia dello strumento a fiato suonato da Pan. Sopra i protagonisti pende un drappo, appeso tra le fronde degli alberi a creare una sorta di sipario. La scena ritratta potrebbe rappresentare la gara tra Apollo e Marsia che si concluse con la vittoria del dio a scapito del sileno che pertanto venne scorticato vivo. Potrebbe trattarsi altresì della gara tra Apollo e Pan, spesso confusa con la prima, ma che si concluse con la semplice fuga di Pan. Giudice della gara in questo caso fu il dio montano Tmolos; re Mida, per caso presente, non concordò con il giudizio ed ebbe in cambio da Apollo un paio di orecchie d'asino. Al di là del concreto riferimento mitologico le due categorie di strumenti nell'antichità e nel Rinascimento furono rivestite di un significato simbolico: il suono cristallino delle corde provocava l'elevazione dello spirito mentre le note più rozze della canna sollecitavano le passioni. Il soggetto veniva pertanto trattato in chiave allegorica per illustrare, tramite la metafora musicale, il conflitto tra intelletto ed emozioni. Un conflitto tra due impulsi vitali, l'apollineo e il dionisiaco, l'eleganza e l'ebbrezza, le arti plastiche e la musica, che, qualche decennio dopo, nel 1872, porterà Nietzsche ad individuare nell'equilibrio tra i due opposti la nascita della tragedia.” [4]

Stato di conservazione

Il sipario venne restaurato negli anni 1976/77 dalla ditta Velluti di Feltre, nell'ambito del restauro generale del teatro. In quell'intervento venne eseguita la pulitura per l'asportazione delle macchie, molto evidenti nella **figura 5**, dovute a gore lasciate da situazioni di umidità o acqua diretta sul sipario; vennero risarciti i tagli, le lacerazioni e i distacchi fra i teli cuciti che costituiscono il supporto; questo venne rinforzato da una foderatura consistente nell'applicazione di una tela molto leggera con colla di pasta. Questa foderatura, realizzata con teli alti circa cm. 180 (**Figura 7** la sovrapposizione dei teli) e con molta accuratezza (v. ad esempio la adesione precisa della tela aggiunta sulle cuciture del supporto originale nella **Figura 8**) svolgeva ancora perfettamente la sua funzione. A conclusione del restauro il sipario venne riconsegnato arrotolato su un tubo del diametro di circa 40 cm. e venne lasciato arrotolato per tutti gli anni a seguire, ad eccezione di un'occasione, negli anni '80, in cui fu appeso provvisoriamente nel boccascena del teatro.



Figura 6. Retro in fase di srotolamento



Figura 7.



Figura 8.

Per elaborare un iniziale sommario progetto di restauro lo stato di conservazione venne verificato solo sommariamente nell'ambiente della soffitta di Palazzo Pretorio, dove il sipario era conservato arrotolato.

Era stato possibile srotolare una parte corrispondente circa al terzo di destra dell'opera e su quella parte sono state fatte le osservazioni e i ragionamenti che hanno indirizzato il primo progetto di massima.

Solo ad inizio lavoro, con il dipinto posizionato nel locale individuato dalla committenza all'interno del Palazzo Borgasio, dove è stato allestito il laboratorio per il restauro, è stato possibile stendere il progetto più circoscritto e dettagliato.

A quanto si è potuto osservare, in questi anni e nella posizione di arrotolamento, forse a causa di qualche movimentazione, si sono prodotti in due aree fenomeni di forte deformazione della planarità (**figure 9-12**) che, seppur localizzati, sono di una certa consistenza e rappresentano un problema considerando che il dipinto è di grandi dimensioni, è foderato con colla-pasta e si tratta di una tempera. Tutti questi fattori fanno sì che i normali trattamenti con umidità/vapore, che solitamente vengono impiegati per risolvere o migliorare problemi di planarità, potrebbero provocare effetti indesiderati. Erano presenti lungo i margini alcuni cedimenti del supporto con qualche lacerazione/strappo, ma in generale la foderatura svolge ancora bene la sua funzione di rinforzo al supporto originale e le cuciture sono stabilizzate. Lungo il margine superiore vi erano dei fori prodotti probabilmente da viti utilizzate per la momentanea esposizione in teatro degli anni '80.

La foderatura a colla-pasta, pur non avendo appesantito più di tanto il sipario, essendo stata realizzata con una tela molto sottile e rada, conferisce al dipinto una certa rigidità.

La superficie pittorica si presentava in generale in discrete condizioni. Si evidenziavano due limitate gore, una nell'angolo inferiore a destra e l'altra in una zona più centrale. La pellicola pittorica mostrava in qualche zona alcuni sollevamenti e cadute causate verosimilmente da piegature nelle movimentazioni (**figura 13**).

Il sipario non aveva nessun bordo perimetrale né fasce nei lati orizzontali per l'alloggiamento di stangoni.

La superficie pittorica è stata realizzata a tempera con strati preparatori e pittorici molto sottili, come è usuale in questa tipologia di manufatti. Vi è però una particolarità che va ad impreziosire l'effetto generale del sipario: i drappi che incorniciano la scena centrale, dipinti in colore ocre e marrone, hanno delle applicazioni a cera in leggero rilievo con tracce di finto oro nelle zone delle maggiori lumeggiature (in particolare sui cordoni, sulle frange e sui motivi a pigna). Una ulteriore preziosità è costituita dalle stelle disposte in tre cerchi nei lati orizzontali della riquadratura a fondo bianco: anche queste stelle sono realizzate a cera e conservano la finitura in foglia d'argento. (**figure 14 e 15**). Le stelle nella parte inferiore mantengono pochissimo argento, tra l'altro molto alterato in scuro, mentre quelle nella parte superiore conservano meglio l'argentatura originale. Le applicazioni a cera sono in piccola parte cadute, a causa del loro spessore che le rende poco elastiche, applicate ad un telo che subisce movimentazioni.



Figura 9. Deformazione da fronte



Figura 10. Deformazione da retro



Figura 11. Deformazione da fronte



Figura 12. Misura della deformazione



Figura 13. Cadute di colore



Figura 14. Applicazioni di cera dorate



Figura 15. Applicazioni di cera argentate

Problematiche di restauro

Sull'opera il maggiore problema conservativo era rappresentato dalle deformazioni della planarità, l'altro dato importante era il naturale infragilimento degli strati pittorici con parziale perdita di elasticità delle tele di supporto. Per il resto il precedente restauro aveva ben risolto l'attenuazione delle macchie, che erano molto evidenti, e l'integrazione pittorica. Per questo la nostra operazione di pulitura si è limitata ad una azione a secco, con spugne wishab, per l'asportazione dello strato di polvere depositatosi in questi decenni su tutta la superficie, nonostante il sipario fosse arrotolato e protetto; questa pulitura è risultata sufficiente a recuperare la cromia e la brillantezza dei colori. Sulle leggere gore marginali le prove fatte per riassorbirle (con Agar-agar, Nevek, silice micronizzata) non hanno dato buoni risultati, provocando invece la formazione di nuove gore, sebbene che queste operazioni siano state eseguite dopo aver consolidato gli strati pittorici con Plexisol (v. oltre). Quindi le leggere gore sono state trattate con un limitato ritocco a pastello. Le applicazioni a cera sono state consolidate con Primal E 330 in alcool; nella fase di ritocco si è voluto dare buona visibilità a queste applicazioni in finto oro e in foglia d'argento (sono state eseguite delle dorature con acquerello a finto oro e delle applicazioni di foglia d'argento poi velata con colori a vernice sulle stelline) considerando che questo era un importante effetto scenico chiaramente voluto dall'Orsi e che va a collegare il sipario con il resto della decorazione del teatro (volta e palchetti) che sono ancora quelli realizzati dallo stesso scenografo. Le poche lacerazioni, localizzate prevalentemente ai margini, sono state trattate con sutura eseguita con poliammide in polvere e rinforzo in sottile tela di poliestere applicata da retro con Beva film. Alcuni vecchi inserti applicati nel precedente intervento erano molto distaccati, è stato preferibile sostituirli completamente, mentre quelli con i margini leggermente sollevati sono stati fatti riaderire con Beva e/o poliammide in polvere. La sostituzione è stata fatta utilizzando pezze di una vecchia tela con armatura simile a quella del sipario inserita con Beva film per fare aderire l'inserito alla telina di foderatura, rinforzando poi i margini con poliammide in polvere.

Ritornando ora ai due maggiori problemi che sono stati il recupero dell'elasticità del sipario (tela e pellicola pittorica) e della planarità possiamo dire che per quanto riguarda l'elasticità la perplessità iniziale riguardava la presenza di materiali rigidi dovuti alla foderatura a colla pasta. E' stata scartata fin dall'inizio l'ipotesi di rimuovere la vecchia foderatura perché ancora in grado di svolgere ancora bene la sua funzione, inoltre la rimozione stessa della tela di rifodero sarebbe stata una operazione di una certa invasività e non sarebbe stato possibile eliminare la colla, che è l'elemento che maggiormente conferisce rigidità. Dopo aver constatato che vi erano delle buone risposte alla sollecitazione, nonostante la presenza della leggera foderatura a pasta, si è preferito provare ad inserire un materiale consolidante con buone caratteristiche di elasticità in modo da rendere più plastico l'insieme tempera/tela originale/colla pasta/tela di foderatura. Era importante ottenere una flessibilità che possa permettere la movimentazione in teatro con la piegatura "in quarta". È stato eseguito un trattamento di tutta la superficie dal fronte con Plexisol al 10% in white spirit, applicato a pennello e si sono ottenuti risultati soddisfacenti. La scelta di questo materiale è stata fatta dopo averlo testato sia al 10% che al 20%, sia dal fronte che da retro; è stato provato anche il Beva O.F. 371 nelle stesse modalità e concentrazioni: fra le zone trattate con i due materiali non vi erano delle significative differenze; è stato scelto il Plexisol perché a differenza del Beva, non contiene cera paraffina.

Dopo aver eseguito questo consolidamento siamo passati all'analisi delle deformazioni della planarità. Bisogna premettere che tra le caratteristiche principali di un supporto convenzionalmente addetto alla movimentazione è presente la difficoltà di mantenere la medesima planarità su tutta la superficie tessile in quanto i punti di cucitura e i punti di ancoraggio agli stangoni sono i primi ostacoli fisici all'elasticità omogenea, perché, registrando e di conseguenza deformando l'ortogonalità della fibra tessile, costituiscono da un lato le difformità della superficie dall'altro i punti forza per il corretto funzionamento dell'apparato scenico. Le grandi deformazioni prodotte sulle fibre tessili del sipario, soprattutto in corrispondenza dello stangone intermedio, erano già state risolte con la foderatura; ora ci trovavamo di fronte ad ampie ondulazioni oblique (**Figura 16**), dovute alla posizione di arrotolamento su rullo in cui il sipario è rimasto per più di 40 anni, e ad una ondulazione orizzontale che era la memoria della deformazione dello stangone (**Figura 17**). Vi erano poi le due grandi deformazioni circoscritte, già descritte.



Figura 16. Ondulazione obliqua



Figura 17. Ondulazione orizzontale e obliqua

Nello specifico della nostra opera si pensava che, dopo alcune giornate a riposo, in cui il sipario si fosse trovato adagiato al pavimento, le deformazioni “ad onda” del telo potessero leggermente rientrare; trascorsa una settimana dove si è potuto constatare che questo non accadeva, si è imputata questa resistenza al rilassamento spontaneo del telo al clima eccessivamente caldo e asciutto del salone, che mantenendo rigida la tela foderata a colla pasta, ostacolava il rilascio delle tensioni;

Va considerato che la parte superiore del sipario, presentava come rinforzo, l'applicazione di un ulteriore bordo di tela di foderatura per circa 35 cm sempre con lo stesso cotone molto rado (tipo “cencio di nonna”), anche questo poteva contrastare il rilasciamento e di conseguenza è stato rimosso, con una delicata azione a secco.

Successivamente, attraverso l'umidità controllata, abbiamo eseguito test (Tempo- Peso - Umidità) in diverse aree deformate, considerando che le cuciture dei teli potessero costituire un rallentamento e non un impedimento alla risposta al trattamento. Prove sono state eseguite inizialmente sulle due deformazioni maggiori e si è constatata una buona risposta (**Figure 9 e 18**). Ci si è allora indirizzati verso un trattamento generalizzato su tutta la superficie tessile di umidificazione attraverso nebulizzazione indiretta su tnt e tensionamento graduale e calibrato grazie al posizionamento di pinze con elastici a margine (**Figura 19**).



Figura 18. La deformazione di destra dopo il trattamento



Figura 19. Il sipario fra due strati di TNT umidi e con tensionamento

Le macrodimensioni dell'opera, in rapporto allo spazio operativo consentito, ci hanno costretto a provvedere a soluzioni operative poco agevoli. E' stato allora deciso, dopo aver inumidito attraverso fogli di “tessutonontessuto” (TNT 54 viscosa poliestere) sia il retro che il fronte, di intervenire mantenendo il margine

inferiore, privo di deformazioni, arrotolato su di un'anima rigida per circa 80 cm, applicando il tensionamento con elastici sugli altri tre lati (**Figure 19 e 20**), avendo preventivamente trattato le due deformazioni maggiori per aiutare il riassetto della fibra nella sua planarità ortogonale d'origine. I trattamenti di umidificazione, spianamento localizzato e tensionamento sono stati realizzati dopo aver eseguito pulitura, consolidamento e miglioramento delle proprietà elastiche della tela.



Figura 20. Risultato del tensionamento sui tre lati

Ottenuto un risultato soddisfacente, il sipario è stato lasciato nella condizione di “tensionamento calibrato” per 2 settimane in modo che le fibre della tela potessero stabilizzarsi. Successivamente è stata ripetuta l'operazione invertendo il lato arrotolato, in modo da distribuire il trattamento di tutta la superficie. Oltre all'appianamento delle ondulazioni vi è stata anche una leggera ripresa delle deformazioni dimensionali che avevano modificato molto il lato alto (**Figure 21-23**). L'ideale dopo questo trattamento sarebbe stato poter collocare il sipario in verticale per far adattare le fibre della tela alla sua naturale posizione, ma questo non è stato possibile perché l'unico posto dove lo si potrebbe porre è il teatro, ma al momento, come detto sopra, i lavori sono sospesi in attesa della progettazione della collocazione. Con la stabilizzazione della planarità sono venute leggermente in evidenza delle leggere deformazioni verticali dovute alla sovrapposizione delle tele della foderatura (sovrapposte per circa 10/15 cm.); si è intervenuti allora rimuovendo la tela sovrapposta con azione a secco.



Figure 21, 22, 23. Risultato del tensionamento sul margine superiore

Problematiche di rifunzionalizzazione

E' importante premettere che l'attività teatrale del teatro de la Sena è interrotta da lunghissimo tempo, per cui non vi sono più i tecnici del teatro con i quali normalmente ci si confronta sulle questioni di collocazione e movimentazione del sipario.

Movimentazione originale: il sipario è arrivato a noi già smontato da decenni; si notano sull'opera tracce dell'ancoraggio superiore, mentre i segni dello stangone intermedio (presumibilmente in legno a sezione rettangolare) sono evidenti sia sul retro che sul fronte del dipinto (tracce di fori dei chiodi, inserti in zone laterali dove la tela si era degradata) e nella vecchia fotografia del sipario in teatro (**Figure 5, 24 e 25**): permettono di verificare che questo elemento di sollevamento era posizionato a 375 cm. dalla base e 283 dall'alto, determinando così una piegatura in quarta con la porzione inferiore del sipario (sotto lo stangone) più alta di quella superiore. Questa anomalia rispetto alla solita piegatura in quarta, dove lo stangone è posizionato a metà dell'altezza (producendo quindi quattro porzioni uguali del sipario rialzato), trova forse spiegazione nel fatto che la zona a metà di questo sipario comprende la raffigurazione dei volti dei personaggi e presumibilmente lo scenografo ha voluto preservare questa porzione dal futuro degrado. Un'altra ipotesi è che la parte inferiore del sipario non venisse sollevata ma, rimanendo verticale, andasse a collegarsi con le frange e le nappe dell'arlecchino. Pur considerando che la graticcia era posizionata più in alto di 50 cm. rispetto ad ora ci sembra che questa ipotesi sia poco accettabile perché il sipario alzato in terza determinerebbe una notevole riduzione in altezza dello spazio del boccascena. Di fatto nel bordo inferiore del telo non vi sono tracce di applicazione di stangoni o di tasche perché probabilmente il bordo è stato rifilato.



Figura 24. Segni dello stangone e inserti in corrispondenza



Figura 25. Segni dello stangone da retro



Figura 26. Sezione della torre scenica con la possibile posizione del sipario



Figura 27. Lo spazio dove andrà collocato il sipario

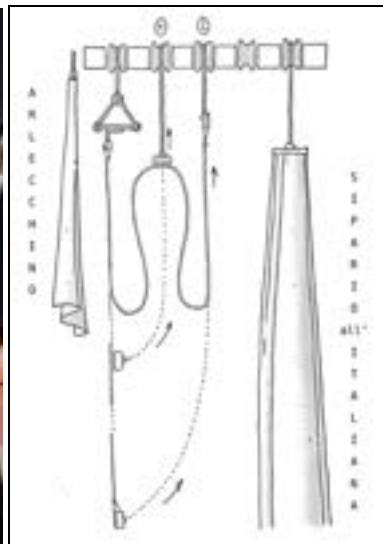


Figura 28. Schema della collocazione

Il tipo di sollevamento originario del sipario in quarta ci orienta a pensare che questa sia l'unica soluzione da riproporre; l'altezza dello spazio dietro il boccascena infatti non permette di sollevare il sipario piegato in seconda, come era stato ipotizzato in fase di progetto di massima e come sarebbe auspicabile per una migliore conservazione del sipario stesso. Inoltre vi è un dato importante che è emerso in fase di restauro, durante i sopralluoghi in teatro: nei recenti lavori di riallestimento della torre scenica del teatro è stato montato un nuovo piano di graticcia ad un livello più basso di circa 50 cm. rispetto all'originale. Questo accorcia ancor più lo spazio di manovra. L'altra soluzione ipotizzata e possibile in teatro sarebbe quella a rullo [2], ma questa è stata accantonata in quanto si ritiene che l'arrotolamento potrebbe causare la formazione di pieghe che si imprimerebbero stabilmente sul telo tenuto arrotolato.

Andando quindi nella direzione della piegatura in quarta, per preservare dall'usura la pellicola pittorica ci è sembrato necessario cercare dei sistemi che possano condizionare le tre pieghe del sipario in modo che queste siano di una certa ampiezza e mantengano la regolarità in tutta la larghezza. L'ampiezza della piega che si forma naturalmente è di circa 12/14 cm., si ritiene quindi che la misura minima di 15 cm sia da tenere come riferimento per garantire una buona conservazione (**Figura 32**). E' stato verificato che in teatro lo spazio utile per posizionare il sipario è di 70 cm. di profondità dietro il boccascena, con lo spostamento di un posto di graticcia dell'attuale sipario; in questo spazio dovrà stare sia il sipario sia i teli che lo proteggeranno in posizione alzata (**Figure 27 e 28**).

In attesa che venga incaricato un professionista che si occupi di studiare il collocamento del sipario nel nuovo spazio scenico si sono valutate diverse ipotesi per realizzare le condizioni ottimali: il tipo di stangone (materiale, sezione, tipologia di tasca, modalità di applicazione della tasca e dello stangone stesso al sipario); il tipo di ancoraggio della parte superiore del sipario all'elemento di sostegno (trave americana o tubo); in che modo condizionare le pieghe (le due pieghe libere e quella dello stangone); il tipo di stangone da applicare al margine inferiore; ecc.

Una particolare attenzione ha richiesto lo studio di sistemi e materiali per condizionare la piega più invasiva del sistema in quarta, cioè quella dove lo stangone intermedio, posizionato sul retro, fa compiere al dipinto una piega a 180° (o meglio 2 pieghe molto ravvicinate a 90°) sul fronte, con le ripercussioni che questo determina alla lunga sulla conservazione del colore sollecitato lungo quella piega. Coinvolgendo un ingegnere dei materiali [5] sono state fatte delle sperimentazioni con fogli di fibra di carbonio preparando un modello del sipario che riproducesse le caratteristiche fondamentali, a partire dal peso del sipario stesso. La determinazione del peso del sipario è stata una sorpresa per tutti, infatti ci siamo resi conto che il telo, per quanto grande, ha un peso esiguo: 38 Kg in totale cioè al mq. 600 gr. Era importante poter fare delle simulazioni per capire come i fogli di fibra di carbonio possano curvarsi per garantire una piega morbida e determinare le caratteristiche (grandezza, spessore ecc) del foglio di carbonio realizzato "a balestra", cioè con maggiore spessore nella porzione centrale. Altre prove hanno riguardato le modalità di applicazione delle "balestre" di carbonio al retro del sipario, e sono state fatte con l'adesione sul retro, utilizzando con Beva film, di tasche cucite nelle quali vengono inserite le balestre (**Figure 29, 30, 31 e 33**).



Figura 29. Inserimento dell'elemento di carbonio nella tasca sul modello



Figura 30. Elementi inseriti nelle tasche sul modello

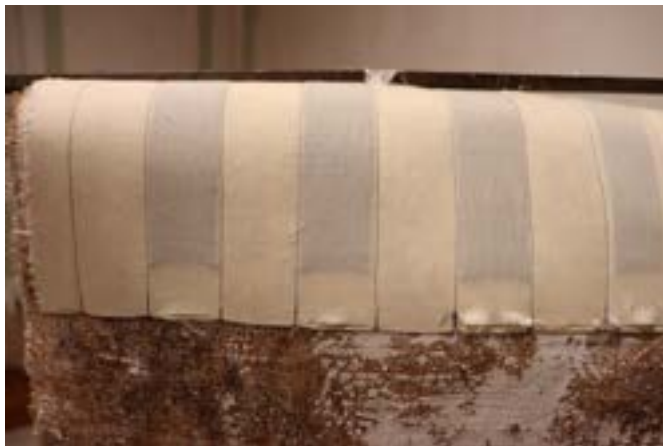


Figura 31. Simulazione della piega sul modello con l'inserimento degli elementi alternati

Le simulazioni sono state fatte inserendo gli elementi sia in maniera continua sia in modo alternato. Si valuterà poi l'ipotesi di applicare uno stangone leggero, realizzato anch'esso in carbonio o in alluminio, direttamente agli elementi a balestra attraverso apposite boccole (**Figura 34**). Tutte queste prove vanno ancora approfondite in funzione del confronto con la progettazione del collocamento. Sicuramente sono state utili per approssicare un metodo più rispettoso dei sipari storici quando è necessario l'inserimento dello stangone intermedio.



Figura 32. Piega naturale del sipario di circa cm. 14



Figura 33. Simulazione della piega sul modello con applicazione dei giusti pesi

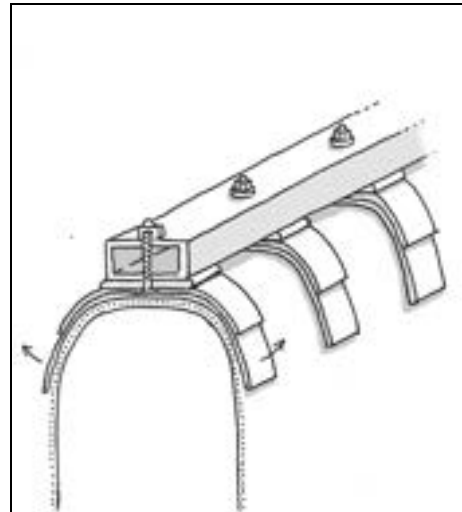


Figura 34. Schema dell'applicazione dello stangone agli elementi a balestra

CONCLUSIONI

Affrontare il restauro di un manufatto molto particolare quale è il sipario storico del teatro di Feltre che, come detto, conserva ancora gran parte degli apparati e delle macchine sceniche antiche, ha significato entrare in dialogo con varie esigenze, soprattutto trovare la giusta misura fra la necessità di conservare e preservare al meglio questi "oggetti di uso", che ora sono a tutti gli effetti "beni culturali" e come tali vanno considerati, e l'esigenza di utilizzare una sala pubblica moderna con tutte le modifiche già avvenute e le normative in materia di sicurezza.

Questo lavoro è inoltre una preziosa occasione per approfondimenti tecnici dedicati a nuovi sistemi di aggancio dello stangone intermedio, di cui scarseggiano dati nella letteratura sul restauro dei sipari.

Allo stato attuale, come detto, questa ricerca non è ancora stata applicata al sipario e sarà oggetto di ulteriori considerazioni.

NOTE

[1] Notizie tratte da tesi di laurea: Il Teatro Comunale di Feltre – Architettura Spettacolo e Lavori di restauro, Corso di Laura Magistrale in Storia delle arti e conservazione dei beni artistici, Università di Ca' Foscari, Relatore: Maria Ida Biggi, Laureando: Egle Mazzocato, A.A. 2014-2015

[2] Si ringraziano Deniel Perer e Raphael Bortolotti per i confronti con teatri storici in Europa, in particolare per la segnalazione di sipari movimentati con il sistema a rullo nei teatri barocchi di: Drottningholm in Svezia e di Litomysl e Mnichovo Hradiste nella Repubblica Ceca, dove sono conservati apparati e macchinari scenici antichi che vengono tutt'ora utilizzati.

[3] Dottor Luca Majoli e arch. Damiana Lucia Paternò, Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per l'Area Metropolitana di Venezia e le province di Belluno, Padova e Treviso

[4] Descrizione di Tiziana Casagrande, Servizio Cultura, Politiche giovanili, Ufficio Musei del Comune di Feltre (BL)

[5] Ingegnere Fabrizio Dragoni di DragoniBike, Faenza

BIBLIOGRAFIA

1. A. De Marco, L. Braitto, *“Storia del Teatro della Senna in Feltre”*, Stampato a cura del Comune di Feltre dalla Rivista Bellunese n. 2.3/1974 e n.4/1975, Feltre
2. Bruno Roberto Bruni, *Restauro e rifunzionalizzazione dei sipari storici: il caso del Teatro Caio Melisso di Spoleto*, in *“Atti del X Congresso Nazionale IGIIC - Lo Stato dell'Arte”*, Roma, 2012
3. Valentina Petrilli, *Problematiche di conservazione e restauro di opere di grandi dimensioni: i sipari storici*, in *“Atti del XVI Congresso Nazionale IGIIC - Lo Stato dell'Arte”*, Trento, 2018
4. Erminia Affetti, Rossella Bernasconi, Leonardo Camporini, Luca Ambrosini, Giovanni Testa, *Il restauro funzionale del sipario storico di scena del Teatro Sociale di Como (Alessandro Sanquirico 1813): problematiche operative legate alla particolarità dell'opera e alle grandi dimensioni*, in *“Atti del VII Congresso Nazionale IGIIC - Lo Stato dell'Arte”*, Napoli, 2019

IL RESTAURO E LA RICOMPOSIZIONE DI DUE ALBUM DI DISEGNI DI ANTONIO BASOLI

Giada Scarabelli*, Andrea Del Bianco**, Camilla Roversi Monaco***, Carlotta Letizia Zanasi****

*Restauratrice di materiale librario e archivistico, manufatti cartacei e pergamenei, materiale fotografico, cinematografico e digitale, port. +39 3393565675, scarabelli.giada@gmx.com

**Chimico e Restauratore di Materiali Cartacei, Laboratorio degli Angeli s.r.l., via degli Angeli 32, 40124, Bologna, Italy, Docente del corso di restauro dell'Accademia di Belle Arti di Bologna port. +39 349 3544838, adelbianco@hotmail.com,

***Restauratrice di Materiali Cartacei, Direttore Tecnico, Laboratorio degli Angeli s.r.l., via degli Angeli 32, 40124 Bologna, Italy, Docente del corso di restauro dell'Accademia di Belle Arti di Bologna port. +39 348 3527999, camilla.roversimonaco@ababo.it

****Restauratrice di materiale librario e opere sciolte, Laboratorio Post Scriptum, via Mirasole 4, 40124, Bologna, Italy, Docente del corso di restauro dell'Accademia di Belle Arti di Bologna port +39 3389530310, carlotta.zanasi@ababo.it

Abstract

Gli album e i taccuini di disegni sono tra i manufatti più complessi da trattare nel restauro dei materiali cartacei e pergamenei per via dello stretto rapporto tra la struttura rilegata e le opere grafiche contenute al suo interno [1]. Nell'affrontare un restauro di tale tipo scaturiscono molteplici problematiche conservative e questioni metodologiche, in particolare in merito allo smontaggio e al rimontaggio dei disegni e della struttura dell'album. Questi temi, unitamente a un approfondimento sull'evoluzione e finalità dell'oggetto album, sono stati affrontati durante il restauro di due album di disegni di Antonio Basoli - l'album 43 e l'album 105 - conservati presso il Gabinetto dei Disegni e delle Stampe dell'Accademia di Belle Arti di Bologna e oggetto di tesi della neolaureata Giada Scarabelli.

Oltre ad aver condotto in parallelo due interventi che si sono differenziati per molteplici aspetti, nonostante la medesima paternità - ulteriore conferma di come ogni singolo manufatto di questo tipo necessiti di trattamenti ad hoc - una peculiarità del lavoro è data dal fatto che l'album 105 era stato parzialmente trattato in passato (i disegni erano stati smontati e restaurati una quindicina di anni fa) ma solo in questa occasione è stato finalmente sottoposto alla ricomposizione della struttura. Tale aspetto solleva una delle criticità più dibattute in merito al recupero degli album, che spesso vengono smembrati con il rischio di perdere componenti materiali e informazioni fondamentali per la lettura tecnico esecutiva e storica dell'oggetto.

In entrambi i casi, la metodologia d'intervento - seppure con le dovute variazioni legate alle particolarità esecutive e conservative di ciascun oggetto - è stata unica e dettata da un lato dalla necessità di impiegare delle tecniche non acquose, dall'altro è stata impostata attorno alla volontà di ripristinare le strutture originali di montaggio, sia dei disegni sia delle legature.

Per fare fronte a queste esigenze, sono state privilegiate tecniche operative non acquose o, soltanto quando strettamente necessario, a ridotto apporto di umidità con l'utilizzo di idrogel rigidi di ultima generazione, e sono stati effettuati studi sui sistemi di montaggio dei disegni e di cucitura delle pagine, al fine di produrli in chiave conservativa.

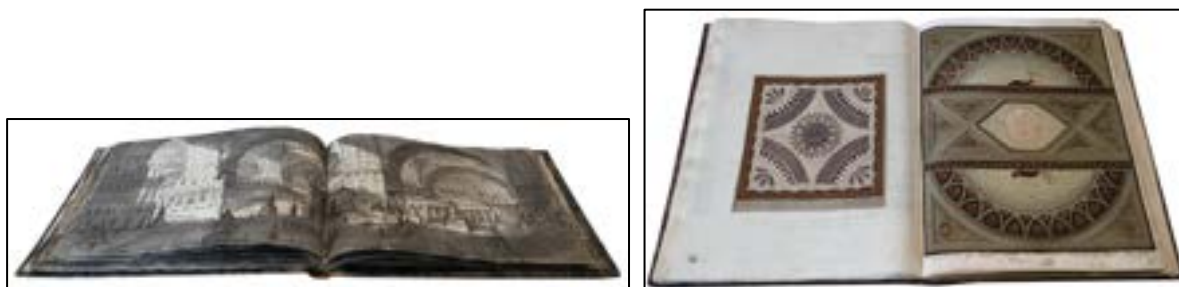


Figure 1 e 2. Album 43 e album 105 dopo dell'intervento di restauro.

Introduzione

Con il termine *album* si fa riferimento ad un insieme di manufatti complessi ed estremamente vari per tecniche grafiche, materiali e finalità d'assemblaggio, all'interno del quale è però possibile distinguere due categorie che si differenziano sotto il profilo concettuale ed esecutivo.

La prima categoria è quella dagli album concepiti come raccolte di opere realizzate in precedenza, principalmente da parte degli autori stessi o di collezionisti privati. Si tratta di volumi costituiti da pagine bianche su cui sono montate opere grafiche, generalmente stampe o disegni, realizzate in un contesto a sé stante

Ad essa si aggiunge una seconda categoria, quella dei taccuini, i quali si differenziano in quanto nascono esclusivamente per mano dell'artista, e soprattutto poiché in essi le pagine non sono unicamente sostegno per accogliere le opere, ma costituiscono la più parte delle volte anche il supporto grafico su cui queste vengono direttamente realizzate.

Se l'album 105 di Antonio Basoli può essere facilmente ricondotto alla prima categoria, in quanto repertorio di progetti d'ornato assemblato dall'artista allo scopo di presentare la propria opera, l'album 43 può essere invece definito come un ibrido tra un album e un taccuino, essendo una raccolta di schizzi di scena realizzati in parte direttamente sulle pagine già rilegate, in parte su carte sciolte e montate successivamente.



Figure 3 e 4. Disegni eseguiti sulle pagine dell'album 43 e disegni eseguiti su un supporto intermedio e montati sulle pagine dell'album 105.

Tale distinzione è stata fondamentale nella definizione nella progettazione dell'intervento che in entrambi i casi ha previsto la ricostituzione della struttura dell'album, sia in quanto struttura di montaggio dei disegni, distaccati in fase di restauro, sia in quanto struttura della legatura, che è stata ricomposta in chiave conservativa.

Ciò è avvenuto confrontandosi con i limiti posti dalla tecnica esecutiva e dalle peculiarità dei sistemi di assemblaggio, sia delle opere sia delle legature, al fine di riproporli in chiave conservativa.

Le scelte operative sono il frutto di una fase preliminare di studio dei due oggetti sotto il profilo contenutistico e tecnico e dell'analisi dello stato di conservazione, supportata da indagini conoscitive e diagnostiche. Inoltre esse si inseriscono nel contesto di una ricerca metodologica sui sistemi di riproposizione degli album in seguito al restauro, portata avanti parallelamente all'intervento [2].

Tecnica esecutiva

L'album 105 è composto da 117 carte, su cui sono montati 204 disegni, eseguiti con inchiostro – principalmente metallo-gallico – acquerelli policromi e grafite. Diciotto di questi sono di dimensioni maggiori rispetto alle pagine e alcuni di essi, per potere essere contenuti all'interno dell'album, erano stati piegati dall'artista.



Figure 5 e 6. Totale del recto dei disegni di grande formato n. 190 e n. 107 dell'album 105.

L'album 43 invece è composto da 120 carte, che accolgono 219 disegni dei quali 203 sono delineati direttamente sulle pagine, e 16 eseguiti su carte sciolte e montati su di esse.

Dallo studio della tecnica esecutiva, è emersa una peculiarità: i disegni sono stati realizzati in due momenti, il primo a carte sciolte – in cui sono stati tracciati i tratti a grafite e inchiostro metallo-gallico, che infatti si estendono al di sotto della cucitura – e il secondo a carte cucite, quando sono state aggiunte le acquerellature monocrome, come dimostrato dalle tracce di acquerello sui fili di cucitura, sulle pagine adiacenti e attorno ai disegni montati.



Figure 6 e 7. Dettagli delle tracce di acquerellature sulle pagine adiacenti e sui fili di cucitura dell'album 43.

Sotto il profilo strutturale entrambi gli album presentano un doppio sistema di cucitura, che consiste in una prima cucitura a sopraggitto, in cui il filo passa direttamente nel margine delle carte con un andamento ad elica, legandole a formare i fascicoli, e in una cucitura secondaria in piano, che assembla i fascicoli così composti a formare il blocco carte.

Questa seconda cucitura è stata eseguita su supporti in spago - cinque nell'album 105 e due nell'album 43 - che insieme alle alette dell'indorsatura concorrevano all'ancoraggio del blocco carte alla coperta.

Entrambi gli album presentano una coperta costituita da un dorso in cuoio e da due quadranti in cartone rivestiti di carta marmorizzata, la quale nell'album 105 ricopre interamente anche il dorso.



Figure 8 e 9. Dettagli della cucitura a sopraggitto sui fascicoli dell'album 43.

Analisi dello stato di conservazione

L'album 105 è stato partecipe di una storia conservativa articolata, dato che in passato fu sottoposto ad uno smembramento di cui non ci è pervenuta alcuna documentazione, il quale aveva comportato la scucitura delle pagine e la loro separazione dalla coperta.

Era questa la condizione in cui l'oggetto versava al momento del precedente intervento (effettuato tra il 2002 e il 2003 da Camilla Roversi Monaco, coautrice del presente articolo) consistito nel distacco dei disegni dalle pagine, nel loro restauro e nel condizionamento in cassettera, insieme alla coperta, sottoposta alla sola manutenzione. Il danno più consistente era dovuto all'acidità conferita dall'inchiostro metallo-gallico, che allora venne trattato con propionato di calcio saturo al 3,5% in alcol etilico 95° steso a pennello, operazione cui seguì un rinforzo localizzato delle porzioni maggiormente degradate con veline giapponesi di differente grammatura applicate sul verso. L'analisi del pH delle carte e l'indagine multispettrale in fluorescenza UV, effettuate in occasione dell'attuale restauro, hanno permesso di stabilire che i disegni si trovano nel complesso in un buono stato di conservazione [3].

La legatura invece versava in una condizione precaria, soprattutto a causa dei numerosi danni meccanici come abrasioni, distacchi e lacune che interessavano i quadranti in cartone, le carte di rivestimento e il dorso, la cui condizione di estrema fragilità dipendeva anche da una forte alterazione chimica del cuoio.



Figure 10, 11 e 12. Danni meccanici della coperta dell'album 105: apertura della cuffia di piede, nervi recisi, lacune dei cartoni dei quadranti e delle carte di rivestimento.

Differente era il caso dell'album 43, mai restaurato prima, in cui i disegni stessi presentavano diversi danni meccanici, soprattutto in prossimità dei margini, già particolarmente deboli a causa delle irregolarità perimetrali dovute al taglio delle carte.

Ma la principale criticità era rappresentata anche in questo caso dall'ingente quantità di inchiostro metallo-gallico, estremamente degradato chimicamente, come dimostrato dai fenomeni di perdita di intensità dei tratti, dalla diffusione e dal trasferimento sul verso opposto del supporto. Il degrado dell'inchiostro aveva inoltre reso le carte acide e fragili, generando perforazioni e fratture in corrispondenza dei tratti.

Da non sottovalutare erano anche le problematiche dovute al montaggio dei disegni, in particolare all'adesivo [4] che, invecchiando, si era ossidato, ingiallendo e lasciando delle macchie sulle carte; inoltre alcune zone del collante si erano cristallizzate dando luogo a tensioni, ondulazioni e irrigidimenti.



Figure 13 e 14 e 15. Fenomeni di degrado chimico sui disegni dell'album 43: diffusione dei tratti d'inchiostro metallo-gallico, perforazione del supporto cartaceo dovuta al degrado dell'inchiostro metallo-gallico e ingiallimento in corrispondenza dei punti di colla impiegati per montare i disegni alle pagine.

Complessa era anche la condizione della cucitura: mentre la primaria si trovava in uno stato discreto, fatta eccezione per alcuni indebolimenti, la secondaria si trovava in una condizione precaria, tanto che il primo fascicolo era parzialmente scucito, e il secondo ormai non più solidale al corpo album.

Anche in questo caso la coperta era fortemente danneggiata meccanicamente, sia i quadranti, dove si erano verificati distacchi degli strati dei cartoni, sia le carte di rivestimento, lacunose e in parte non più adese.

L'elemento maggiormente compromesso era indubbiamente il dorso, il cui cuoio aveva subito un forte deterioramento chimico, che lo aveva infragilito, incrementando il danneggiamento meccanico, particolarmente evidente nelle lacune in corrispondenza delle cuffie e nella lacerazione della cerniera posteriore.



Figure 16 e 17 e 18. Fenomeni di degrado meccanico della legatura dell'album 43: scucitura della cucitura secondaria, distacco degli strati di cartone dei quadranti e lacune delle carte di rivestimento, danni meccanici sul dorso in cuoio.

Scelte metodologiche

Come già accennato, la metodologia dei due interventi, entrambi finalizzati a rendere nuovamente fruibili gli album, ha seguito due fili conduttori comuni: l'impiego di tecniche non acquose e di ultima generazione nel restauro e nel rimontaggio dei disegni, e la ricomposizione della struttura della legatura nel rispetto della conformazione originale, frutto dell'assemblaggio dell'artista.

La scelta di operare per via anidra o, soltanto quando strettamente necessario, a ridotto apporto di umidità, è stata dettata in primis dalla prevalenza d'inchiostro metallo-gallico nella tecnica esecutiva dei disegni [5], e nel caso specifico dell'album 43 dalla scelta di operare a fascicoli ancora cuciti.

In particolare sull'album 43 tale operatività si è declinata nella sperimentazione e nell'impiego di prodotti a base di nano-particelle [6], cui sono state realizzate la deacidificazione e la pulitura localizzata delle carte, così come di diverse tipologie di idrogel rigidi nel distacco dei disegni, e di adesivi a base alcolica nel ripristino strutturale [7].

Seguendo lo stesso principio, su entrambi gli album il rimontaggio dei disegni è avvenuto per mezzo di brachette pre-collate con adesivo acrilico riattivato a solvente [8], un metodo totalmente non acquoso e reversibile, che ha permesso di lavorare in sicurezza su una quantità consistente di opere, scongiurando il rischio di provocare alterazioni dell'inchiostro o ondulazioni dei supporti cartacei.

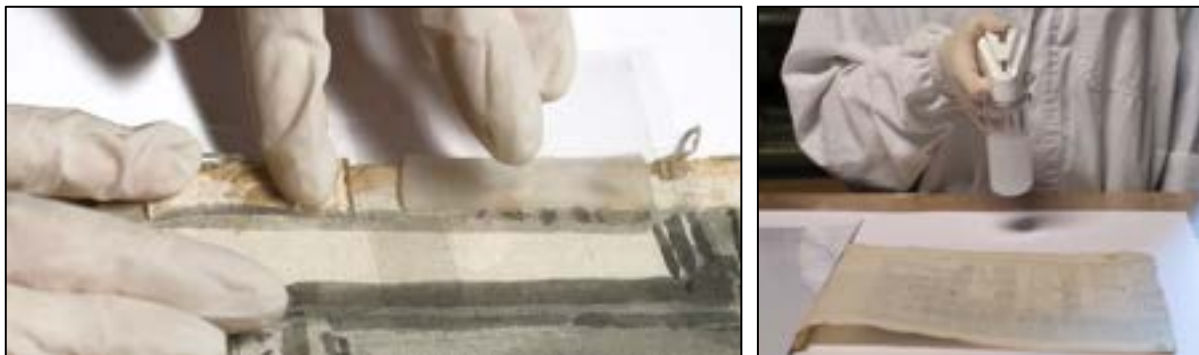


Figure 19 e 20. Applicazione delle tecniche non acquose sull'43: impiego d'idrogel nella rimozione dei residui di adesivo dell'indorsatura sul margine del primo disegno e deacidificazione con dispersione deacidificante a base di nano-particelle di idrossido di calcio su fascicolo cucito.

In origine entrambi gli album presentavano il doppio sistema di cucitura a sopraggitto e in piano, già descritto in precedenza.

Sull'album 43 si è scelto di effettuare una scucitura parziale, preservando la cucitura a sopraggitto, e sciogliendo unicamente quella secondaria, eccessivamente compromessa per essere conservata, la quale è stata riproposta sul modello dell'originale [9]. Si è infatti deciso di mantenere unicamente la prima, poiché una scucitura avrebbe comportando uno stravolgimento della struttura, che avrebbe di conseguenza snaturato la conformazione dell'album. Inoltre in questo modo è stato possibile preservare le tracce di acquerellature presenti sui fili, testimonianze materiali dell'esecuzione in due tempi dei disegni.

Sull'album 105, sul quale tale sistema era ormai completamente perduto, il rispetto della conformazione iniziale si è tradotto nella realizzazione di una cucitura singola, mantenendo però l'indipendenza delle pagine per mezzo di un'imbrachettatura a carte singole effettuata con la tecnica di pre-collatura già citata, data la loro sensibilità all'acqua. In questo modo, è stato possibile preservare l'unitarietà, senza snaturare l'oggetto-album e garantendo la corretta conservazione delle opere.

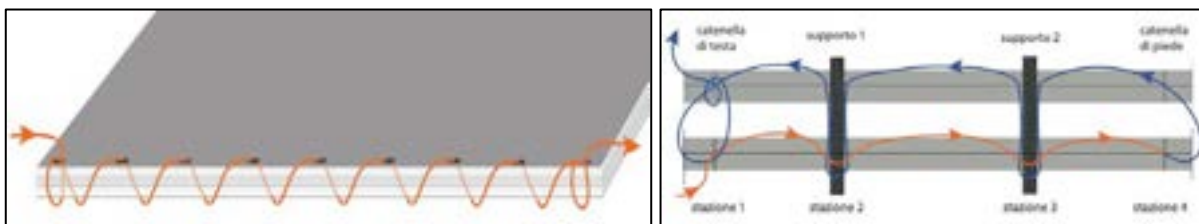


Figure 21 e 22. Documentazione grafica dei sistemi di cucitura dell'album 43: la cucitura primaria a sopraggitto e quella secondaria in piano.

Fasi dell'intervento di restauro sull'album 43

Ad introduzione delle tematiche specifiche di rimontaggio, di seguito viene schematicamente presentato il restauro effettuato sull'album 43, dando spazio soprattutto alle fasi operative che hanno previsto l'impiego di tecniche non acquose.

I temi salienti dell'intervento sull'album 105 invece, essendo consistito della sola ricomposizione strutturale, verranno toccati nei successivi approfondimenti metodologici.

- La scucitura parziale dell'album, per mezzo dello scioglimento della cucitura secondaria in piano e il mantenimento della cucitura primaria a sopraggitto.
- La pulitura a secco delle carte e della coperta con pennelli a stole morbide, gomme in lattice vulcanizzato e bisturi a lama mobile.
- La rimozione a secco dei residui di carta dell'indorsatura dal dorsetto dei fascicoli con bisturi a lama mobile.

- La sperimentazione e l’applicazione degli idrogel e dei prodotti di ultima generazione a base di nano-particelle nelle operazioni di pulitura, distacco e deacidificazione dei disegni.
 - o La pulitura per via umida dei residui di adesivo dell’indorsatura in corrispondenza della tecnica grafica e della cucitura, per mezzo di idrogel rigidi a base di nano-particelle (*Nanorestore Gel* ®Peggy 5) caricati in una soluzione idroalcolica (1:1), scelti in seguito ad un test comparativo con altri nanogel della stessa linea (*Nanorestore Gel* ® Extra Dry) [10].
 - o Il distacco dei 16 disegni montati sulle pagine, previa riattivazione dell’adesivo vegetale con impacchi localizzati di agar-agar omogeneizzato (*Nevek* ®), scelto in seguito ad un test comparativo con i già citati idrogel a base di nano-particelle.
 - o La pulitura per via umida dei residui di adesivo e attenuazione dell’ingiallimento sui disegni e sulle pagine per mezzo di gel di Gellano in soluzione acquosa al 4% sagomato sulla forma dei punti di colla, in seguito al pretrattamento dell’area interessata con ciclometicone D 5, un solvente apolare che ha ridotto la penetrazione dell’umidità nelle fibre.
 - o La deacidificazione delle carte per mezzo di una dispersione deacidificante a base di nano-particelle di idrossido di calcio in propanolo al 2,5% applicata per nebulizzazione (*Nanorestore Paper* ® Propanolo 5) [11]. Tale metodo è stato individuato attraverso un test comparativo tra lo stesso prodotto applicato con percentuali e tecniche differenti (applicazione a pennello al 2,5% e applicazione per nebulizzazione al 2,5% e al 5%), e rispetto a una dispersione deacidificante a base di propionato di calcio in etanolo al 3,5% applicata a pennello [12].
- Il restauro dei disegni eseguiti sulle pagine dell’album con veli e carte giapponesi da 6 g/m² e 23 g/m² (*Vangerow Tengujo 250-561* e *Japico 632-172 Kozu Shi*) e adesivo a base idrossipropilcellulosa in soluzione alcolica al 6% (*Klucel G*). L’intervento è stato preceduto da una ricerca sui materiali e gli adesivi eseguita su campioni di carte tinte delle tonalità di grigio dei disegni, e sui cui erano stati riprodotti dei danni perimetrali analoghi a quelli presenti sugli originali.
- Il restauro dei 16 disegni smontati dalle pagine dell’album, ha previsto l’applicazione di un supporto in velo giapponese da 6 g/m² (*Vangerow Tengujo 250-561*) pre-collato con idrossipropilcellulosa in soluzione alcolica al 6% (*Klucel G*) riattivata in etanolo. Sfruttando i margini in eccesso di tale supporto, i disegni sono stati poi sottoposti ad un intervento di restituzione della planarità per mezzo di trazione su pannello ligneo in seguito ad umidificazione per capillarità.
- Il riordino estetico dei disegni, effettuato ad acquerello sulle porzioni risarcite in carta giapponese, e pastello sui veli giapponesi sovrapposti alla tecnica grafica.
- Il rimontaggio dei 16 disegni distaccati per mezzo di brachette in *Bondina* pre-collate con adesivo acrilico (*Plextol B 500*) riattivato a solvente (acetato di butile).
- Lo smontaggio parziale delle carte della legatura con gel di Gellano in soluzione acquosa al 4% e metilcellulosa in soluzione acquosa al 6% (*Tylose MH 300 P*), metodo individuato a seguito di una sperimentazione che ha visto il confronto di diverse tipologie di idrogel.
- Il consolidamento dei quadranti in cartone e il risarcimento dei danni meccanici delle carte di rivestimento della coperta con carte giapponesi di idonea grammatura e colla d’amido di grano (*Zin Shofu*).
- Il riordino estetico della coperta effettuato con acquerelli sui risarcimenti in carta giapponese, riproponendo il motivo della marmorizzazione.
- Il restauro del dorso in cuoio, che ha previsto il distacco a secco al fine di potervi applicare un supporto in cuoio conciato al vegetale e tinto con coloranti naturali per pelli (*Crab Apple Base Coat Dye*).
- Il consolidamento della cucitura primaria a sopraggitto e la realizzazione di una nuova cucitura secondaria in piano su supporti piatti in fibra vegetale per la conservazione (nastro Ramia).
- La preparazione del dorsetto del corpo album, sul quale è stata applicata una nuova indorsatura a doppio strato in carta e tela con alette, dalla funzione protettiva e strutturale, e una struttura a tubino, anch’essa in carta e tela, finalizzata a distanziare il dorsetto dal dorso in cuoio.
- La ricomposizione degli elementi della coperta e il riassetto di questa al corpo dell’album, sul modello della struttura originale.
- Il condizionamento dei reperti della legatura cartellina in cartoncino per la conservazione realizzata *ad hoc* allegata album, il quale è stato riposto in cassettera all’interno di una scatola per la conservazione.

Il rimontaggio dei disegni per mezzo di brachette pre-collate con adesivo acrilico e riattivate a solvente

L’intervento di rimontaggio ha avuto inizio con il ricollocamento sulle pagine dei disegni smontati durante il restauro, che nell’album 105 ha coinvolto 240 disegni per un totale di 960 brachette, e nell’album 43, 16 disegni per un totale di 64 brachette [13].

A tale scopo sono state escluse le tradizionali tecniche di montaggio che prevedono l’impiego di veli e carte giapponesi tramite adesivi a base di eteri di cellulosa in soluzione acquosa, i quali risultavano incompatibili in particolare con l’inchiostro metallo gallico o in soluzione alcolica, non sufficientemente tenaci. È stato ideato,

pertanto, un metodo di montaggio tramite l'impiego di brachette in *Bondina* pre-collata con adesivo acrilico (*Plextol B 500* addensato con 1% di *Klucel G*) e riattivato a solvente (*acetato di butile*) [14].



Figure 23, 24 e 25. Montaggio dei disegni sull'album 105: pagina e dopo prima del montaggio dei disegni e disegni montati ad album cucito.

Confrontandola con i metodi che prevedono adesivi a base acquosa, la riattivazione a solvente esclude l'apporto di umidità, fattore fondamentale nel trattamento di opere sensibili all'acqua, rispetto all'utilizzo di adesivi a base alcolica, l'adesione ottenuta è sensibilmente più tenace e non richiede pressione. In questo caso è stato possibile ridurre il rischio di movimenti e ondulazioni su opere realizzate per la maggior parte ad inchiostro metallo-gallico, erano già state sottoposte ad un restauro e avevano perciò acquisito una loro stabilità strutturale e, nel caso dell'album 43, che dovevano essere rimontate su pagine ancora cucite [15].

Rispetto ad altre tecniche di pre-collatura, uno dei principali vantaggi è dovuto proprio all'impiego del *Plextol B500*, la cui riattivazione non prevede l'esercizio di pressione o l'apporto di calore, ma avviene esclusivamente per mezzo del solvente [16].

L'elevato potere adesivo di questa resina permette inoltre di ridurre la quantità impiegata nella preparazione della brachetta e di conseguenza anche sull'opera, alla quale è sufficiente sovrapporla soltanto per qualche millimetro. Invece l'elevato peso molecolare della resina, unita all'elevata capacità di rigonfiamento e alla bassa ritenzione che il butilacetato ha nei suoi confronti, fanno sì che questa rimanga in superficie e non penetri nelle fibre della carta, mentre la reversibilità è garantita con lo stesso solvente utilizzato per riattivarla.

Poiché con questo metodo possono essere pre-trattati diversi tipi di supporti, è stato effettuato un test comparativo tra un velo giapponese da 18 g/m² (*Vangerow Tengujo-Manila 250-508*), una carta giapponese da 34 g/m² (*Vangerow Zairei 250-513*) e la *Bondina* da 12 g/m². Quest'ultima è stata infine scelta in quanto coniuga la minor grammatura con la maggiore resistenza meccanica e flessibilità, fattore che ha permesso di applicarla in egual modo su opere di grammatura differente, riducendo lo spessore inevitabilmente generato dall'elevato numero di brachette e garantendo un'ottima tenuta. La sua struttura a fibre direzionate fa inoltre sì che l'adesivo rimanga in superficie, fattore che da un lato contribuisce ad incrementarne la tenacia, dall'altro che questo non trapassi sul lato opposto generando problemi di adesione tra i due strati della brachetta nella successiva fase di montaggio.

Le brachette riattivate sono state applicate prima al verso dei disegni ai quattro angoli, ripiegate su loro stesse e infine applicate alle pagine, realizzando così un montaggio a scomparsa [17].



Figure 26, 27 e 28. Operazioni di montaggio delle brachette sull'album 43 in cui viene evidenziato l'esiguo margine di sovrapposizione e risultato del montaggio dei disegni sulle pagine sull'album 105.

La ricomposizione della struttura dei due album

La linea metodologica volta alla ricomposizione ha interessato anche l'intervento sulle legature, al fine di potere ricomporre nuovamente entrambi gli album sulla base della loro conformazione originale.

Nei confronti delle coperte, ciò ha comportato l'assemblaggio degli elementi distaccati durante le operazioni di restauro - quali il dorso, le carte di rivestimento della coperta e le carte di guardia - secondo gli schemi di montaggio precedentemente documentati. Le variazioni, apportate a scopo conservativo, sono consistite nella realizzazione di una nuova indorsatura, mantenendone la funzione strutturale, e nell'inserimento di una struttura "a tubino" tra il dorso del blocco carte e il dorso della coperta, allo scopo di distanziarli e assorbire le sollecitazioni meccaniche che in una struttura a dorso incollato sarebbero ricadute sul cuoio, aumentandone il rischio di degrado meccanico.

La cucitura ha invece richiesto in entrambi i casi un momento di studio e sperimentazione, finalizzato alla ricerca di sistemi di riproposizione al contempo compatibili con le peculiarità del doppio sistema di cucitura e con le necessità conservative.

Sull'album 43 ciò si è tradotto nel consolidamento della cucitura primaria, che è stata ripristinata ripercorrendo esclusivamente i passaggi originali in corrispondenza degli indebolimenti e delle mancanze del filo, e nell'esecuzione *ex novo* della cucitura secondaria - precedentemente sciolta - che è stata riproposta sulla base della fascicolazione e delle modalità originali. L'unica variazione è consistita nella sostituzione dei nervi in spago con supporti piatti in fibra vegetale, più precisamente in nastro Ramia, per ridurre le sollecitazioni meccaniche sul dorso e lo spessore che si sarebbe venuto a creare.



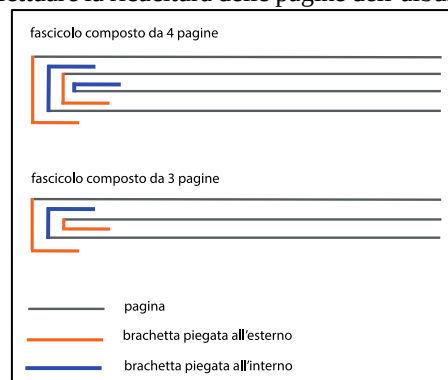
Figure 29, 30, 31 e 32. Consolidamento della cucitura primaria sul secondo fascicolo dell'album e condizione del margine interno del secondo fascicolo prima e dopo il risarcimento e la cucitura.

Più complesso è stato il caso dell'album 105, che si presentava totalmente scucito e privo di documentazione sulla condizione pregressa, e su cui la presenza originaria della stessa tipologia di doppia cucitura è stata definita attraverso lo studio delle tracce materiali che questa aveva lasciato sulle pagine e degli elementi della legatura ancora presenti.

Dopo avere valutato diverse soluzioni alternative [18], si è scelto di effettuare la ricucitura delle pagine dell'album su brachette in carta giapponese. Operando in questo modo, è stato possibile da un lato mantenere la struttura a carte indipendenti dell'album, dall'altro realizzare dei fascicoli e assemblarli con una cucitura in piano su supporti, ricomponendo così il corpo dell'album in vista del successivo riassetto [19].

All'interno di ogni fascicolo, per distribuire uniformemente il peso e gli spessori, le brachette sono state ripiegate in maniera alternata, sfruttandole come compensazione dello spessore dei disegni. A cucitura ultimata, le brachette sono state poi rifilate in rapporto ai margini dei disegni, in modo che non costituissero un potenziale fattore di danneggiamento di questi durante la consultazione. Quando i disegni non erano prossimi alla linea di cucitura le brachette sono infatti state rifilate a 8 mm da essa, quando invece lo erano, sono state lasciate più ampie, in modo da sovrapporsi al margine del disegno e da distendersi su di esso quando la pagina viene sfogliata.

Dal momento che le pagine avevano dimostrato di essere particolarmente sensibili all'umidità [20], si è optato per la stessa tecnica di pre-collatura adottata nel rimontaggio dei disegni, grazie alla forte tenacia dell'adesivo acrilico.



Per di più, tale metodo ha permesso di fare fronte ad un'altra problematica conseguente all'imbrachettatura, legata all'aumento del volume delle carte, e di conseguenza dello spessore del dorso, fattore da tenere in considerazione in funzione del successivo riassetto alla coperta. La tecnica ha difatti reso sufficiente l'uso della sola carta giapponese, senza dovere ricorrere ad ulteriori strati di velo e, applicando la brachetta al solo verso, senza occultare così il regime dei fori di cucitura originali.

Si sono testate tre tipologie di taglio della carta giapponese per la realizzazione delle brachette di prolungamento delle pagine: il taglio netto a bisturi, il taglio sfrangiato ad acqua e il taglio con carta abrasiva; quest'ultimo è risultato il migliore in termini di ancoraggio e di resa visiva.

Figura 33. Schema di piega delle brachette.



Figure 34, 35 e 36. Imbrachettatura dell'album 105: per-collatura della brachetta di cucitura, piega delle brachette durante la composizione dei fascicoli pagina in seguito al montaggio della brachetta di cucitura e dei disegni.

Conclusioni

Gli interventi effettuati sugli album 43 e 105 del fondo Basoli hanno mostrato quanto il restauro degli album possa risultare articolato fin della fase progettuale, e quanto ogni scelta metodologica debba tenere conto del caso specifico e delle finalità che si vogliono raggiungere.

Lo studio e la documentazione degli schemi di montaggio e cucitura, unitamente all'attenta analisi della tecnica esecutiva, sono i presupposti fondamentali per potere operare nel rispetto delle strutture originali, senza venire a meno dell'aspetto conservativo.

A tale scopo la ricerca sui metodi non acquosi, indirizzata in questo caso in particolare verso soluzioni di montaggio, ha dimostrato che la tecnica della pre-collatura con adesivo acrilico è una soluzione efficace sia nel rimontaggio dei disegni, sia nell'imbrachettatura delle pagine in funzione della loro ricucitura. Essa ha permesso infatti di operare nel rispetto delle caratteristiche materiali delle opere, permettendo al contempo di ottenere un montaggio stabile, resistente, compatibile con i materiali originali e all'occorrenza reversibile.

Parallelamente l'approfondimento sui sistemi di cucitura ha messo in luce l'importanza dello studio delle strutture di montaggio, e ha permesso di raggiungere l'obiettivo finale al quale mirava l'intero intervento di restauro.



Figure 37, 38, 39 e 40. Album 43 prima e dopo il restauro.



Figura 41, 42, 43 e 44. Album 105 prima e dopo il restauro.

NOTE

[1] Gli album sono provvisti di una legatura, proprio come i libri, ma non possono essere considerati tali poiché ogni opera al suo interno – contrariamente alla pagina di un libro – se smontata e separata dall'insieme di cui fa parte, può essere letta indipendentemente (per quanto lo smontaggio comporti inevitabilmente una perdita di informazioni che può alterarne più o meno significativamente l'interpretazione).

[2] La ricerca metodologica sui sistemi di riproposizione degli album di disegni a seguito del restauro, oggetto del secondo elaborato di tesi di Giada Scarabelli, si è articolata in due fasi distinte ma tra loro correlate. Il primo momento è consistito in un approfondimento sulle possibilità operative relative allo smontaggio e al rimontaggio dei disegni in album, basandosi sulla letteratura di settore e su esempi di casi reali, selezionati tra gli interventi di restauro più recenti in ambito italiano ed europeo. In un secondo momento sono invece stati messi a confronto sotto il profilo metodologico i casi dell'album 43 e 105 e prese in esame le scelte legate alle problematiche specifiche riscontrate durante il restauro.

[3] L'analisi del pH dei disegni ha restituito valori medi prossimi alla neutralità, confermando l'efficacia del precedente trattamento di deacidificazione, mentre dalle analisi in fluorescenza UV non sono emerse altre forme di degrado.

[4] L'adesivo è stato sottoposto ad una prima indagine tramite spot test, che ha permesso di affermare si trattasse di una colla vegetale a base amidacea, e a una successiva analisi in spettrofotometria IR, che ha confermato il risultato precedente, evidenziando inoltre l'aggiunta di una componente animale.

[5] Gli studi sul tema hanno messo in luce il ruolo dell'acqua nei processi di degrado indotti dagli inchiostri metallo-gallici: campioni sottoposti ad invecchiamento idro-termico hanno presentato un livello di depolimerizzazione maggiore rispetto a quelli sottoposti al solo invecchiamento termico.

[6] I prodotti impiegati in questo intervento sono stati formulati presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Firenze, nell'ambito di un progetto di ricerca sull'applicazione delle nanotecnologie al restauro per la formulazione di prodotti per la deacidificazione e di idrogel rigidi. Studi sull'applicazione delle nano-particelle nella deacidificazione dei supporti cartacei e degli inchiostri sono stati condotti anche dal Dipartimento di Chimica dall'Università degli studi di Tor Vergata che, in collaborazione con l'ICPAL, sta sviluppando un metodo basato sull'impiego delle nano-particelle di carbonato di calcio e di propionato di calcio disperse in solventi organici, non ancora disponibile in commercio.

[7] Le specifiche tecniche dei prodotti a base di nano-particelle e le relative fasi operative in cui sono stati impiegati sono riportate nel paragrafo "Fasi dell'intervento di restauro sull'album 43"

[8] I dati tecnici sulla preparazione delle brachette pre-collate sono riportati nel paragrafo "Il rimontaggio dei disegni per mezzo di brachette pre-collate con adesivo acrilico e riattivate a solvente".

[9] Questa metodologia ha inoltre contribuito all'incontro tra le esigenze di conservazione e di valorizzazione dell'album: il fatto che i fascicoli si trovassero sciolti ha reso possibile l'esposizione del disegno n. 190, intitolato *Porta di Città mista di stile Greco Egiziano*, durante la mostra *Il mondo delle meraviglie. Fischer von Erlach e*

Antonio Basoli, tenutasi presso l'Aula Magna dell'Accademia di Belle Arti di Bologna tra novembre 2018 e gennaio 2019.

[10] La struttura micro-porosa di questi gel allunga i tempi di rilascio del solvente al substrato su cui vengono applicati. Ciò permette di ottenere un livello di umidificazione superficiale che coinvolge principalmente gli strati da rimuovere, e solo in maniera marginale il supporto cartaceo.

[11] L'impiego dell'idrossido di calcio in forma nanometrica permette di superare i limiti delle classiche formulazioni micrometriche, migliorandone gli effetti, in quanto le nano-particelle penetrano più in profondità nel supporto con conseguente aumento del potere deacidificante e formazione di una riserva alcalina. Inoltre possono essere disperse in solventi organici che, essendo meno polari dell'acqua, non interagiscono con elementi sensibili all'umidità quali inchiostri, coloranti e adesivi vegetali, la cui sensibilità sarebbe altrimenti compromessa. Inoltre un prodotto anidro può essere applicato su materiale rilegato senza i rischi che comporterebbe invece l'impiego di prodotti acquosi.

[12] L'intervento di deacidificazione ha consentito di innalzare il valore di pH medio riscontrato inizialmente sui disegni (5.3) ad un valore ottimale prossimo alla neutralità (7.6). Lo stesso prodotto, applicato a percentuali maggiori per nebulizzazione o alla stessa concentrazione ma a pennello, provocava un innalzamento eccessivo del pH della carta; la soluzione deacidificante a base di propionato di calcio invece non ha sortito un effetto deacidificante soddisfacente.

[13] Nel caso dell'album 105, il rimontaggio ha coinvolto tutti i disegni ad eccezione dei 18 di formato maggiore rispetto a quello delle pagine, che sono stati condizionati separatamente per ragioni conservative. Tale scelta ha portato alla ricerca di una soluzione alternativa per compensarne l'assenza, sia a livello strutturale sia a livello concettuale, che ha dato vita ad uno studio sulla possibilità di sostituire gli originali con facsimili o testimoni in carta bianca per la conservazione.

[14] Tale tecnica è stata messa a punto dal professore Andrea Del Bianco ed è già stata impiegata per la preparazione di brachette e falsi margini, ma anche per l'adesione di supporti integrali in velo o carta giapponese su diverse tipologie di opere cartacee, pergamenee e fotografiche.

[15] L'assenza di un mezzo acquoso ha inoltre ridotto i tempi di asciugatura e adesione delle brachette velocizzando l'operatività, aspetto da non sottovalutare quando si eseguono interventi sistematici su un grande numero di opere.

[16] Le procedure consolidate adottate in passato, ma tutt'ora largamente in uso, prevedevano infatti l'impiego di cellulose modificate, riattivate con soluzioni idro-alcoliche e con l'apporto di pressione, oppure di miscele acriliche termo-reversibili, per cui era necessario l'uso combinato di pressione e calore.

[17] Il montaggio con brachette a scomparsa rappresenta una delle soluzioni migliori, a patto che vengano rispettati alcuni accorgimenti volti a minimizzare le eventuali tensioni che si possono generare consultando l'oggetto. Le brachette devono essere quattro, una in prossimità di ogni angolo, in funzione del principio per cui minore è il numero di punti di fissaggio, minore è il rischio che si creino tensioni in caso di movimento dell'opera. Esse devono inoltre essere posizionate parallelamente tra loro e perpendicolarmente rispetto al verso in cui viene voltata la pagina, in modo che le forze di trazione esercitate dal disegno e dal movimento si compensino, minimizzando le sollecitazioni.

[18] La scelta di ricucire l'album su brachette montate alle singole pagine è avvenuta dopo avere preso in considerazione la possibilità di coniugare questa tecnica con la riproposizione del sistema di cucitura a soprappiglio, in chiave conservativa. Per valutarne la fattibilità, questa soluzione è stata simulata su un facsimile, che ne ha subito messo in luce i limiti. Le carte tendevano infatti a distaccarsi durante la consultazione, il filo di cucitura a lacerarle, i fascicoli si aprivano con difficoltà a causa della resistenza alla piega delle brachette sovrapposte, il cui spessore generava anche un dislivello tra le pagine.

[19] A differenza del precedente sistema di cucitura a soprappiglio, questo è totalmente compatibile con le finalità conservative dell'intervento, in quanto non va ad intaccare direttamente le pagine stesse, ma viene eseguito per l'appunto sulla brachetta.

[20] Durante una prova d'imbrachettatura con adesivi acquosi, è emerso che il contatto tra le carte e un mezzo acquoso dava luogo a ondulazioni e movimenti, difficilmente risolvibili se non con un'umidificazione totale e una spianatura.

BIBLIOGRAFIA

1. P. Baglioni, D. Chelazzi, R. Giorgi, in *"Il ruolo degli inchiostri metallo-gallici nei processi degradativi di manoscritti cartacei"*, in *"Lo Stato dell'Arte 5"*, atti del V Congresso Nazionale IGIIC (Cremona, 11 - 13 ottobre 2007), Nardini Editore, Firenze, 2007, pagine 273 - 279.
2. P. Baglioni, D. Chelazzi, *"Inorganic Nanomaterials for the Deacidification of Paper"*, in *"Nanoscience for the Conservation of Works of Art"*, Royal Society of Chemistry, 2013, pagine 396 - 429.
3. P. Baglioni, D. Chelazzi, R. Giorgi, *"Nanotechnologies in the Conservation of Cultural Heritage: A Compendium of Materials and Techniques"*, Springer, 2014.

4. M. Bicchieri *et al.*, “*Newly Developed Nano-Calcium Carbonate and Nano-Calcium Propanoate for the Deacidification of Library and Archival Materials*”, in “*Journal of Analytical Methods in Chemistry*”, vol. 2017, Hindawi Publishing Corporation, 2017, pagine 1 – 8.
5. O. Bonifati, “*Viaggio in Sicilia. Il taccuino di Spencer Joshua Alwyne Compton*”, catalogo della mostra (Roma, ottobre – novembre 2013; Palermo, dicembre 2013 – febbraio 2014), Silvana Editoriale, Milano, 2013.
6. I. Bonnard, “*La restauration des feuillets d'un document relié : intervenir sans démonter. Quatre-vingt-douze dessins de David d'Angers regroupés dans un album factice, conservé au musée des Beaux-arts d'Angers*”, pubblicato dall'autore, 1997.
7. G. Bora, L. Tarantola, “*Il codice di disegni F245 inf. dall'Ambrosiana, in Restituzioni. Tesori d'arte*”, catalogo della mostra (Torino, Reggia di Venaria Reale, 28 marzo – 16 settembre 2018), Marsilio, Padova, 2018.
8. F. Botti, F. Pascalicchio, “*Resine Acriliche nel restauro dei libri e dei documenti*”, in R. Roili (a cura di), “*Materiali e prodotti per il restauro librario*”, Gangemi Editore, Roma, 2010, pagine 65 – 70.
9. F. Botti, A. Scimia, “*Modalità d'impiego di alcune resine acriliche nel restauro cartaceo*”, in “*Cabnewsletter. Conservazione negli archivi e nelle biblioteche*”, n.1 (gennaio - febbraio 1996), Istituto Centrale per la patologia del libro, Roma, 1996, p. 2 – 4.
10. E. Campani *et al.*, “*L'uso si agarosio e agar per la preparazione di gel rigidi*”, CESMAR 7, Il Prato, Saonara, 2007.
11. M. Cesati, E. Nardinocchi (a cura di), “*Tiepolo. Disegni dall'album Horne*”, Polistampa, Firenze 2016.
12. A. Del Bianco *et al.*, “*Metodi di adesione non acquosa applicabili ai materiali cartacei, pergamenacei e fotografici*”, in “*Lo stato dell'Arte 13*”, atti del XIII Congresso Nazionale IGIIC (Torino 22-24 ottobre 2015), Nardini Editore, Firenze, 2015, pagine 229 - 305.
13. V. Durbard, O. P. Morazin, “*Conserver des dessins en album : la restauration de deux albums de dessins d'Eugène Delacroix*”, 1995, vol. VII.
14. R. Giorgi *et al.*, “*Il ruolo degli inchiostri metallogallici nei processi degradativi di manoscritti cartacei*”, AA.VV. (a cura di), in *Lo stato dell'Arte 8*, atti del V Congresso Nazionale IGIIC (Cremona, 11 - 13 ottobre 2017), Nardini Editore, Firenze, 2010, pagine 273 - 280.
15. E. Fiorin *et al.*, “*Deacidificazione-riduzione di materiali cartacei. Applicazione e comparazione di diversi metodi*”, AA.VV. (a cura di), in *Lo stato dell'Arte 8*, atti del VIII Congresso Nazionale IGIIC (Venezia, 16 - 18 settembre 2010), Nardini Editore, Firenze, 2010, pagine 3- 10.
16. B. M. Haines, “*Struttura del cuoio e suo deterioramento*”, in “*Bollettino dell'Istituto centrale per la patologia del libro Alfonso Gallo*”, v. 36., 1980, pagine 214 - 240.
17. C. Laroque, “*Démonter ou ne pas démonter? Telle est la question*”, in “*La conservation préventive*”, ARAAFU, Paris, 1992.
18. M. Maniaci, “*Terminologia del libro manoscritto*”, Istituto Centrale per la patologia del libro, Editrice Bibliografica, Milano, 1996.
19. N. Pickwood, “*Binders Gatherings*”, in “*The Library: The Library: The Transactions of the Bibliographical Society 15.*”, University of Manchester, 2014, pagine 63 – 78.
20. G. Poggi *et al.*, “*La chimica dei nanocomposti e la loro applicazione al restauro dei manoscritti*”, in M. Zanetti (a cura di), “*Dalla tutela al restauro del patrimonio librario e archivistico. Storia, esperienze, interdisciplinarietà*”, Edizioni Ca' Foscari, Venezia, 2018, pagine 283 – 301.
21. S. Prosperi Valenti Rodinò, “*I disegni del Codice Resta di Palermo. Catalogo della mostra (Palermo 17 febbraio – 6 maggio 2007)*”, Silvana Editoriale, Milano, 2007.
22. D. Ruggiero, “*Gli inchiostri antichi per scrivere, in Chimica e biologia applicate alla conservazione degli archivi*”, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Direzione Generale per gli Archivi, Roma, 2002.

“VORTICE E FIGURA” DI PAOLA LEVI MONTALCINI: INTERVENTO SU UN'OPERA POLIMATERICA CON SUPPORTI FOTOGRAFICI AFFETTI DA SINDROME ACETICA

Micaela Storari*, Fabiana Di Lorenzo,
Barbara Cattaneo***, Matteo Collina****, Grazia De Cesare*****, Marcella Ioele*****,
Natalia Macro*****, Angelo Raffaele Rubino*****, Mauro Torre*******

* Restauratore, vic. tto cieco S. Giacometto 1, 37121, Verona, micaela.storari@gmail.com

** Restauratore, via Oderisi da Gubbio 254, 00146, Roma, fabiana.dilorenzo@gmail.com

*** Restauratore, OPD, barbara.cattaneo@beniculturali.it

**** Fotografo dei Beni Culturali, Univ. della Calabria - DIMEG, Rende, matteo.collina@unical.it

***** Restauratore, ISCR, Laboratorio di restauro dei materiali dell'arte contemporanea,
grazia.decesare@beniculturali.it

***** Chimico, ISCR, Laboratorio di Chimica, marcella.ioele@beniculturali.it

***** Chimico, Univ. dell'Aquila, Dip. Scienze Fisiche e Chimiche, natalia.macro89@gmail.com

***** Funzionario per le tecnologie, ISCR, angeloraffaele.rubino@beniculturali.it,

***** Fisico Direttore, ISCR, Laboratorio di Fisica, mauro.torre@beniculturali.it

Abstract

Il restauro di *Vortice e figura*, opera di Paola Levi Montalcini datata 1967 e proveniente dal Museo MART di Rovereto, è stato realizzato presso l'ISCR di Roma ed eseguito nel laboratorio di restauro dei materiali dell'arte contemporanea. Lo studio multidisciplinare per la caratterizzazione della tecnica esecutiva, dei materiali costitutivi e dei prodotti di degrado in atto, ha fornito un rilevante contributo alla conoscenza di un manufatto, quasi del tutto inedito dal punto di vista tecnico e scarsamente indagato sotto il profilo storico artistico.

L'opera, frutto dell'assemblaggio polimaterico di vari materiali, ha presentato specifiche complessità, derivanti soprattutto dall'impiego di pellicole in triacetato di cellulosa, oggi affette da sindrome acetica. L'utilizzo di prodotti industriali, non ponderati dal punto di vista della durabilità e della loro reciproca interazione chimico-fisica, ha determinato lo stato di grave degrado del manufatto, mentre l'irreversibilità dei meccanismi di degrado in atto, intrinseci alla natura chimica del materiale stesso, ha posto enormi limiti all'aspettativa di vita dell'opera e alla durabilità delle soluzioni conservative applicabili.

Un'ulteriore criticità è stata data dall'inusuale grande formato (circa 119 x 88 cm), che ha escluso o comunque limitato l'applicabilità e l'efficacia delle metodologie normalmente utilizzate nel campo del restauro dei materiali fotografici e cinematografici.

Il restauro ha dovuto pertanto ricercare approcci non tradizionali, ma comunque minimamente invasivi, ispirati alla massima reversibilità; inoltre, allo scopo di assicurare la trasmissibilità del documento fotografico e del progetto artistico a lungo termine, a partire dall'acquisizione fotogrammetrica ad alta definizione è stato proposto il restauro digitale delle pellicole, grazie al quale è stato possibile restituire all'immagine fotografica il suo aspetto originario.

Le Reti di Paola Levi Montalcini

Vortice e figura, 1967 (119,8 x 88,5 cm), appartiene alla serie delle *Reti*, un nucleo di otto esemplari di proprietà del MART di Rovereto, realizzato con impressioni fotografiche realizzate su supporti plastici trasparenti, e poste poi su pannelli rigidi dipinti a colori brillanti e metallizzati. Il soggetto comune è rappresentato da dettagli selezionati da fotografie di reti da giardino in plastica, eseguite dall'artista dopo averle plasmate lavorandole a fiamma [1] e quindi riprodotte su pellicole fotografiche Kodalith tramite un ingranditore puntato sulla parete del suo studio.

L'opera sfrutta l'effetto estetico ottenuto dalla sovrapposizione di due immagini in nero impressionate su pellicole trasparenti, attraverso le quali è parzialmente visibile il fondo del pannello in legno listellare dipinto di un rosso acceso, a sua volta ricoperto per metà da un film adesivo dal colore argenteo, con effetto metallizzato. Le due pellicole sono montate con il lato emulsione rivolto verso il pannello e presentano due immagini diverse: la prima (*Sabbia*) riporta un fitto *pattern* astratto, ottenuto con la tecnica della retinatura a modulazione di ampiezza, mentre la seconda (*Rete*), ad essa sovrapposta, reca un dettaglio della rete da giardino. Entrambe le immagini sono molto contrastate, con neri profondi ed uniformi. Parte integrante dell'opera è la cornice nera e sottile, in polimetilmetacrilato, alla quale è incollata perimetralmente una lastra trasparente che chiude il fronte, sempre nello stesso materiale.

All'arrivo in laboratorio l'opera si trovava in forte stato di disordine: la lastra trasparente di copertura era semi distaccata, con depositi di polvere e insetti non vitali all'interno, mentre le Kodalith si mostravano ingiallite, con

evidenti depositi superficiali bianchi e molto deformate. Erano presenti anche diverse lacerazioni fermate con nastri adesivi trasparenti.



Figura. A sinistra, *Vortice e figura* all'arrivo in laboratorio. A destra, i vari elementi che compongono l'assemblaggio polimerico.

La letteratura di settore: i materiali fotografici su supporti plastici industriali

A partire dagli anni '30 del '900, l'industria fotografica introdusse sul mercato pellicole plastiche emulsionate adatte alle tecniche di riproduzione fotomeccanica, sostituendo in questo modo il collodio umido, necessariamente realizzato su vetro ed ancora in uso nelle officine di arti grafiche. Queste pellicole professionali, vendute in rotolo o in fogli di grande formato, con grana estremamente fine e caratterizzate da alto contrasto controllabile a seconda della chimica di sviluppo impiegata, furono utilizzate per ottenere una resa estetica dalla spiccata connotazione grafica. Fra i prodotti più noti possiamo citare Gevalith e Litholine della AGFA Gevaert, Ferralit prodotta da Ferrania e le ben più note e diffuse Kodak Kodalith, in versione ortocromatica o pancromatica. I supporti plastici impiegati per queste pellicole a partire dagli anni '50 furono il polistirene, il triacetato di cellulosa (CTA) e il poliestere [2]; questi ultimi, in particolare, rimasero in uso fino agli anni '90 [3]. Di fatto, sebbene il poliestere fosse noto per l'intrinseca durabilità, il CTA continuò ad essere impiegato per le sue qualità di trasparenza e scarsa memoria di arrotolamento, nonostante l'incombente minaccia della già allora nota sindrome acetica, che ne può causare il deterioramento irreversibile.

La sindrome acetica si manifesta in modo ben riconoscibile ed ha una progressione esponenziale, da un primo stadio d'ingiallimento ed infragilimento del supporto, al suo restringimento, che provoca un distacco localizzato dell'emulsione fotografica in gelatina (noto come *channeling* per la tipica conformazione). Come conseguenze estreme si attendono strappi dell'emulsione, la comparsa di aree collose, fino alla totale depolimerizzazione. Possono inoltre comparire macchie blu (su pellicole Kodak) o rosa (su pellicole Agfa), dovute al deterioramento dei coloranti presenti nello strato anti-halo, reattivi alla variazione di pH.

Il sintomo più noto del decadimento in corso è un forte odore di aceto, tanto più intenso quanto più in stadio avanzato. Infatti, in caso di conservazione a temperature instabili e a umidità relativa superiore al 50%, o in presenza di gas acidi, nel CTA si innesca un fenomeno di deacetilazione con conseguente formazione di acido acetico, provocata dall'interazione fra gli ioni acetato liberati e l'umidità ambientale. Il processo è autocatalitico ed è favorito anche da fattori intrinseci di fabbricazione, come per esempio l'uso di fiocco di acetato (diacetato e triacetato riciclato) addizionato ai *linters* di cotone, oppure l'uso di cellulosa estratta da legno [4]. Ha inoltre effetto anche sugli additivi necessari alla produzione, poiché libera i solventi presenti in traccia; in particolare, agisce sui plastificanti, provocandone l'essudazione. Fra questi, il più comunemente usato è stato il trifetilfosfato (TEP), il quale, una volta essudato dall'acetato deteriorato, tende a cristallizzare in superficie, nonché a formare prima di-fenil fosfato più fenolo, poi mono-fenil fosfato più fenolo e infine acido fosforico più fenolo. Gli acidi così prodotti possono catalizzare reazioni ossidative ed idrolitiche in tutti i materiali posti in loro prossimità, rendendo oltremodo problematica la coesistenza e la conservazione di tali pellicole in opere polimeriche, come nel caso di *Vortice e figura*.

La caratterizzazione dei materiali costitutivi

Dopo un'attenta ricognizione della letteratura di settore, lo studio conoscitivo ha preso avvio dall'indagine autoptica sui manufatti (macro e microscopica), avvalendosi di tecniche sia non invasive, sia micro-invasive, che hanno avuto la finalità di identificare tecniche e materiali costitutivi, oltre a determinarne le cause del degrado. L'opera è stata documentata mediante microscopia digitale in luce bianca riflessa e UV, nonché analizzata tramite fluorescenza dei raggi X (XRF); il pH superficiale è stato misurato tramite elettrodo a testa piatta. Analisi spettro-colorimetriche e di *Gloss* sono state eseguite prima, durante e dopo l'intervento conservativo. I frammenti prelevati, alcuni dei quali preparati in sezione lucida, sono stati esaminati mediante microscopia ottica, SEM-EDS e micro-FTIR. In questo modo oltre ad una caratterizzazione elementare e molecolare, è stato possibile studiare in dettaglio la stratigrafia dei materiali fotografici.

Le indagini hanno confermato che l'opera è costituita da due fogli di CTA, plasticizzato con TPP, entrambi impressionati con sali di argento. Lo strato di acetato di cellulosa ha uno spessore di 130 micron e il TPP è uniformemente distribuito in tutto lo spessore. L'emulsione fotografica, che nell'opera si trova sulla parte inferiore di entrambi i fogli, è costituita da uno strato di 6-7 micron di gelatina animale contenente argento nella porzione nera impressionata. Sulla gelatina sono presenti anche altri sali, soprattutto cloruri e solfati di potassio e di sodio. La porzione senza emulsione fotografica contiene un sottile strato di gelatina dello stesso spessore (6-7 micron) contenente minori quantitativi di cloruri di potassio e sodio.

Il colore rosso fluorescente con il quale è stato dipinto il pannello di listellare ligneo è risultato essere una vernice a base di un colorante organico solforato, in legante a base di resina alchidica. La porzione argentea metallizzata è stata realizzata con una pellicola adesiva costituita da foglio di alluminio compreso tra due strati trasparenti di polietilene tereftalato; l'adesivo tra gli strati è di tipo acrilico. La lastra trasparente che ricopre l'opera è costituita da PMMA e incollata alla cornice con un adesivo a base di PMMA.

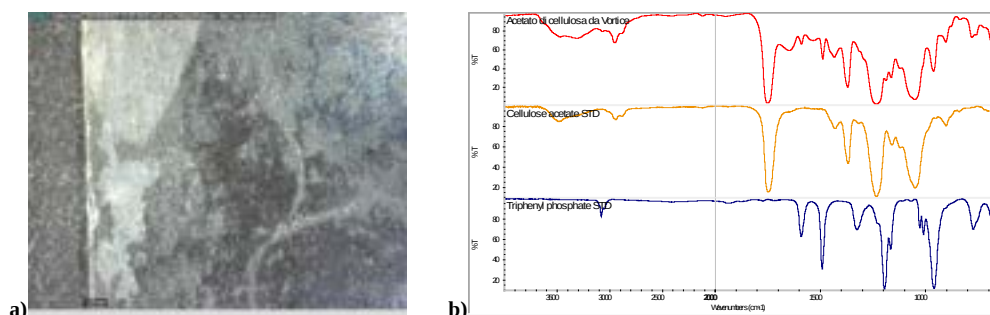


Figura. a) Immagine al Dino-lite su efflorescenza di trifenilfosfato. b) Spettri FTIR della pellicola a confronto con riferimenti di triacetato di cellulosa e di trifenilfosfato.

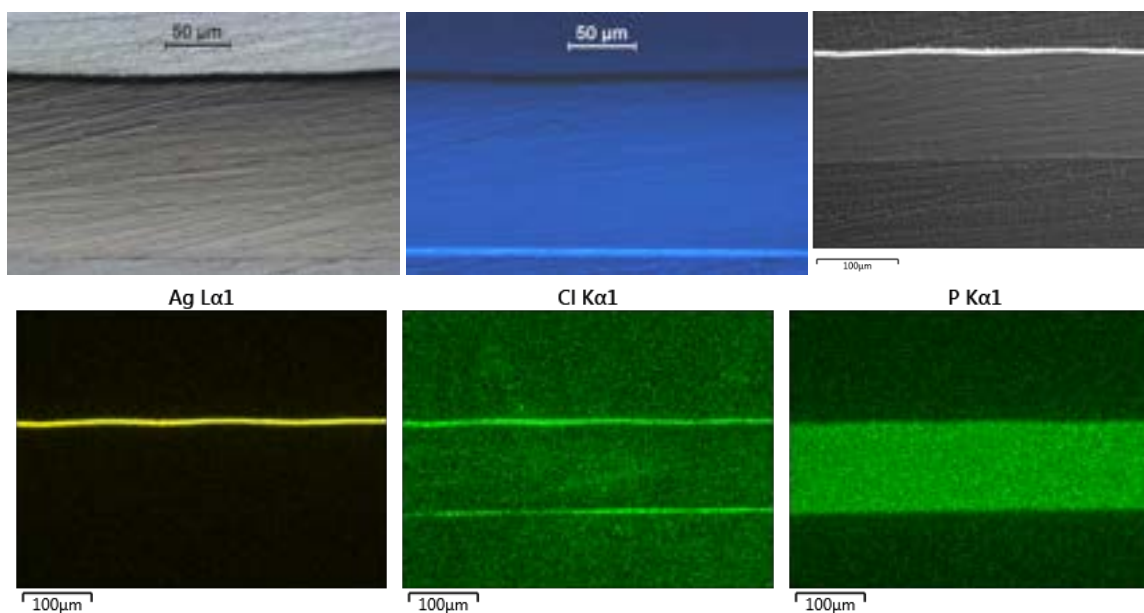


Figura. Sezione stratigrafica della pellicola in CTA. Immagine al microscopio ottico in luce bianca riflessa e UV, immagine al SEM (elettroni retrodiffusi) e mappe ai raggi-x.

Lo stato di conservazione

Entrambe le pellicole fotografiche presentavano uno stato conservativo irreversibilmente compromesso dovuto al degrado del CTA, apprezzabile dallo sprigionamento di forti vapori acetici e confermato dalle misurazioni di pH superficiale (valori intorno al 2,5). Tale fenomeno ha indotto e accelerato ulteriori reazioni di depolimerizzazione e cristallizzazione del polimero, con conseguente infragilimento del supporto fotografico. L'innesco e il successivo sviluppo della sindrome acetica, già in stadio molto avanzato, sono stati sicuramente favoriti dalle inidonee condizioni di conservazione dell'opera, e ulteriormente alimentato dalla presenza del pannello in legno listellare all'interno della struttura di contenimento, capace di assorbire dal retro l'umidità ambientale e di rilasciarla ai fogli emulsionati posti a diretto contatto.

Le estese macchie bianche superficiali sono dovute alla migrazione in superficie del TPP, che, essudando verso l'esterno del materiale, ha frantumato lo strato di gelatina fotografica, formando depositi di cristalli aghiformi anche sui materiali posti a diretto contatto, come il film in alluminio adesivo al pannello e la lastra di PMMA di chiusura. Al degrado del polimero si collegano anche la contrazione dimensionale del supporto plastico rispetto agli strati di gelatina fotografica presenti sia sul *recto* (emulsione), sia sul *verso* (strato *anticurl*) delle pellicole, con conseguenti deadesioni, corrugamenti e delaminazioni. I due fogli di CTA si presentavano adesi fra loro per la maggior parte della loro superficie; inoltre, l'adesione localizzata fra pellicola (in particolare il suo strato *anticurl*) e lastra di chiusura in PMMA, ha causato lacune dell'immagine.

Erano infine rilevabili diverse lacerazioni del supporto, dovute alle tensioni meccaniche conseguenti alle oscillazioni termo-igrometriche ambientali, alcune delle quali già risarcite con nastro adesivo trasparente in occasione di interventi manutentivi precedenti e non documentati.

L'intervento di restauro

Lo stato di avanzato degrado in cui versavano le pellicole ha determinato notevoli complessità nella progettazione e nella realizzazione dell'intervento di restauro, ponendo la difficoltà, di per sé quasi contraddittoria, di conservare un oggetto con un'instabilità intrinseca e con una limitatissima aspettativa di vita. Un'ulteriore criticità è stata data inoltre dall'impossibilità di proporre per quest'opera una conservazione a lungo termine a basse temperatura ed umidità relativa, consigliabili per il CTA in sindrome acetica, poiché incompatibili con la fruizione museale e per via dell'assenza di un deposito appositamente climatizzato nell'ente proprietario [5]. Di fronte a queste problematiche, sono state perseguite due linee di obiettivi: *in primis* la salvaguardia della complessità materiale che, anche nell'ottica brandiana, costituisce di fatto l'oggetto sul quale si attua la conservazione; *in secundis*, la ricostruzione delle immagini originali tramite acquisizione digitale ad alta definizione e successivo intervento di restauro digitale, per consentirne la ristampa delle stesse su materiale durevole, scelta funzionale alla sopravvivenza documentale dell'opera intesa come progetto.



Separata con mezzi meccanici la lastra di chiusura dalla cornice e resi così accessibili i singoli elementi dell'assemblaggio, sono state eseguite le prove di solubilità, che, unite alle informazioni reperite in letteratura, hanno consentito di individuare i solventi utilizzabili senza rischio, sia come agenti di pulitura che come diluenti per adesivi, garantendo le necessarie prospettive di reversibilità degli interventi. Ciascuna fase operativa ha inoltre previsto prove preliminari, eseguite su campioni d'epoca costitutivamente simili all'originale e ugualmente affetti da sindrome acetica [6]. Prima e dopo ogni intervento sono state eseguite verifiche tramite misurazioni colorimetriche, di *Gloss* e di pH, e osservazioni al microscopio digitale portatile.

La separazione delle due pellicole, che si presentavano adese fra loro, era necessaria sia per rimuovere i sali di TPP cristallizzati su entrambi i lati di ciascun film, sia per consentire la ripresa fotografica separata delle due immagini, consentendo inoltre di procedere allo spianamento individuale di ciascuna pellicola. La maggior parte della superficie adesa è stata separata meccanicamente attraverso l'ausilio di una spatola in poliestere sagomata e con i bordi smussati, mentre le aree più tenacemente adese sono state preventivamente ammorbidite tramite

trattamento con getto di vapore freddo ionizzato, mediante umidificatore a ultrasuoni, posizionando l'ugello all'interfaccia delle pellicole e procedendo contemporaneamente alla separazione meccanica con la spatola.

Al termine di questa fase il 10 % della superficie, diviso in piccole porzioni sparse, continuava a trovarsi saldamente adeso: pertanto questi punti sono stati distaccati dal supporto originale e lasciati sulla pellicola adiacente, dato che, una volta sovrapposti nuovamente i fogli emulsionati trasparenti, le due immagini si tornano a comporre e completare. Le lacerazioni presenti su entrambe le pellicole sono state messe temporaneamente in sicurezza tramite fissaggi provvisori localizzati, con nastro adesivo medicale bianco (Micropore 3M) previa verifica di rimovibilità con etere di petrolio 80-100°C.

Con le stesse modalità utilizzate per la separazione, è stato anche possibile rimuovere alcuni dei frammenti incongrui di piccole dimensioni rimasti adesi alla pellicola adiacente, per poterli in seguito ricollocare nelle posizioni corrette. È stata preliminarmente eseguita una mappatura tramite rilievo diretto (ricalco su poliestere) che ha consentito di localizzare e identificare con un numero di riconoscimento ciascun frammento fuori sede, e collegarlo poi univocamente alla rispettiva lacuna. Sono stati quindi asportati dalla superficie anche i segmenti di scotch trasparente pertinenti a interventi precedenti.

La pulitura delle superfici fotografiche dai cristalli di plasticizzante è stata portata a termine in modo soddisfacente tramite etanolo, solvente del TPP, supportato in idrogel [7]. La pulitura è stata completata con leggero passaggio di spugnetta in microfibra per eliminare i residui solubilizzati.

Sia l'osservazione al microscopio digitale, che le misurazioni colorimetriche e di *Gloss* hanno confermato il buon esito dell'operazione; tuttavia a circa tre settimane si è manifestata la ricomparsa degli essudati cristallini in superficie, sintomo dell'effetto inarrestabile e irreversibile del degrado da sindrome acetica. La ricomparsa dei TPP è stata monitorata tramite misurazioni colorimetriche ripetute nella stessa zona a intervalli regolari di tempo, che hanno confermato l'estrema rapidità della ricomparsa del fenomeno. Le operazioni di pulitura sono state quindi più volte ripetute fino alla riconsegna, senza la possibilità di conseguire un risultato stabile e duraturo. È dunque necessario prevedere e programmare un'intensa e costante attività di manutenzione periodica per poter mantenere le opere fruibili a livello estetico più a lungo possibile; l'inefficacia del trattamento a lungo termine rende tuttavia doveroso rivolgersi anche a strategie alternative per garantire la conservazione del progetto artistico anche nel lungo periodo.



Figura. A sinistra, l'operazione di distacco delle due pellicole adese. Al centro, un momento della pulitura con idrogel caricato con etanolo. A destra, un tassello di pulitura della superficie delle pellicole su sfondo nero.

Per quanto riguarda le gravi deformazioni presenti sulle pellicole, si è deciso di procedere con il ripristino della planarità delle stesse, utile a più scopi: migliorare la lettura delle immagini; ottimizzare la sovrapposizione tra i fogli; agevolare le future operazioni di sutura delle lacerazioni; migliorare l'acquisizione fotografica delle due immagini separate, grazie alla riduzione degli effetti di distorsione e dei riflessi. L'intervento è stato eseguito solo sulla pellicola superiore, in quanto quest'ultima presenta l'impressione fotografica solo al centro e quindi, seppure le problematiche di deformazione fossero persistite, non avrebbero inficiato la corretta lettura dell'immagine. Inoltre, la presenza di lacune perimetrali assicurava un punto di sfogo utile per gli stress imposti dalla procedura.

L'operazione, eseguita di norma su pellicole filmiche di ridotte dimensioni, in casi di estrema necessità e in vista della loro riproduzione, è stata preceduta da prove empiriche effettuate sui campioni d'epoca, che hanno permesso di definire la fattibilità dell'intervento e le modalità più adeguate a raggiungere gli scopi prefissati. La pellicola è stata preventivamente umidificata su tutta la superficie tramite membrana semipermeabile in Gore-Tex sul lato emulsione e tramite cartoncino assorbente umidificato sul lato *anticurl*, entrambi con interposizione di TNT in poliestere siliconato, il tutto posto su tavolo aspirante per 20 minuti, accompagnando manualmente con pressione localizzata le deformazioni verso l'esterno; quindi mantenuto in asciugatura sul tavolo, su un cartoncino assorbente asciutto, per sei ore [8]. L'intervento sul grande formato dell'originale non ha dato esiti parimenti soddisfacenti che sui provini: si è ottenuto un buon risultato sulle deformazioni centrali, più morbide e

con andamento a onda, mentre le deformazioni a pieghe presenti sul perimetro, più rigide, si sono ridotte in dimensioni ma infittite.



Figura. La pellicola superiore di *Vortice e figura* posta sul tavolo aspirante durante l'operazione di spianamento.

Si è pertanto confermato l'intento di non procedere con la stessa procedura sulla seconda pellicola, che al contrario della prima, presenta tutta la superficie impressionata. In questo caso si è eseguito uno spianamento localizzato solo in corrispondenza dei lembi sollevati e deformati delle lacerazioni, per poter consentire le successive operazioni di sutura. La zona interessata è stata ammorbidita, umidificando puntualmente tramite getto di vapore freddo e mantenuta sotto peso dopo il ricongiungimento dei lembi.

Le zone che presentavano sollevamento dello strato di gelatina fotografica sono state trattate con iniezioni di gelatina fotografica Adox al 2%: dove erano presenti zone corrugate, la gelatina originale è stata rimossa con tampone umido e ripristinata a pennello con una soluzione di gelatina Adox al 5%.

Prima di procedere con le operazioni di risarcitura delle lacerazioni e di reintegrazione delle lacune, sono stati condotti test sperimentali sia con rinforzi trasparenti e adesivi stesi a pennello, sia soluzioni con nastri adesivi industriali, in condizioni igrometriche variabili tramite cicli in camera climatica.

Data la disomogeneità ottica ed estetica dei rinforzi ottenuti con adesivi stesi a pennello, a partire dai risultati sperimentali si è scelto di utilizzare un nastro adesivo industriale trasparente specifico per i prodotti fotografici, il 3M 853, che supporta un adesivo a base acrilica facilmente rimovibile tramite dietilcarbonato supportato in organogel, non dannoso per i materiali originali [9].

Le prove effettuate al dinamometro nella fase di sperimentazione dei materiali di intervento hanno dimostrato che il nastro adesivo industriale 3M è un supporto ausiliario compatibile con il CTA degradato poiché la deformabilità del suo supporto plastico gli consente di contrastare le tensioni meccaniche sviluppate dalle pellicole a seguito delle sollecitazioni igrometriche, senza tuttavia rappresentare un vincolo eccessivamente rigido. Se il CTA viene sottoposto a forze superiori al suo carico massimo, infatti, i rinforzi applicati con nastro adesivo 3M, pur non impedendo la propagazione delle lacerazioni esistenti, sono in grado di mantenere in sicurezza i rispettivi lembi. Inoltre, nel caso le sollecitazioni meccaniche aumentino, il nastro deaderisce progressivamente andando in allungamento, senza provocare ulteriori danni alla pellicola e trattenendo in posizione eventuali frammenti.

Lo stesso nastro adesivo è stato scelto anche per sostenere gli inserti realizzati in polipropilene (PP) e per foderare i frammenti distaccati, utilizzandolo come supporto ausiliario localizzato leggermente debordante. La scelta del PP è stata motivata dal fatto di risultare, sia macroscopicamente che alle letture colorimetriche, meno bianco e più brillante rispetto al poliestere, nonostante il suo maggiore spessore [10]. Per rimuovere i fissaggi provvisori e applicare quelli definitivi mantenendo i lembi in posizione, ci si è avvalsi di segmenti di Gecko [11], utilizzato come supporto ausiliario temporaneo applicato sul lato retrostante emulsionato.

I bordi delle lacune perimetrali pertinenti a *Rete*, di grandi dimensioni, sono stati messi in sicurezza realizzando una foderatura perimetrale con sezioni giustapposte di nastro adesivo 3M, per evitare il determinarsi di nuove tensioni: con questa operazione si è voluto quindi rinforzare i perimetri frastagliati delle lacune, che, rappresentando un invito preferenziale all'insorgere di nuove lacerazioni, costituivano un fattore di rischio per l'integrità del supporto. Le mancanze risarcite con film in PP, trattenuto dal nastro adesivo di foderatura sono state risarcite invece che con un inserto continuo a misura della lacuna, con il film sezionato trasversalmente in più porzioni. In questo modo si è cercato di evitare l'insorgenza di tensioni meccaniche a danno del CTA, indotte da variazioni igrometriche ambientali e riscontrate in fase di sperimentazione, soprattutto considerate le grandi dimensioni degli inserti e il comportamento meccanico differenziale tra il film in PP e il triacetato, quest'ultimo soggetto a progressiva contrazione con l'invecchiamento a causa della sua igroscopicità e del degrado in corso. Il film plastico in polipropilene, pur non sostenendo nessuna funzione meccanica, è comunque risultato utile da un punto di vista estetico per attenuare la visibilità dello strato sottostante attraverso le lacune. Le parti mancanti della pellicola superiore (*Rete*) che sono rimaste adese al foglio sottostante (*Sabbia*), infatti, risultavano

otticamente molto più brillanti delle zone circostanti, a causa della mancanza d'aria fra le due pellicole in queste aree.

Il restauro digitale

Dati i limiti evidenziati dal restauro sulla materia, allo scopo di assicurare la conservazione documentale a lungo termine del progetto artistico, lo stato di fatto delle pellicole è stato acquisito tramite una campagna fotografica ad alta definizione, a partire dalla quale si è ottenuto l'ortofotomosaico.

In un secondo momento, tramite procedimenti di post-produzione e mediante programmi di fotoritocco, è stato possibile elaborare il restauro digitale delle immagini, che ha consentito di restituire un documento quanto più vicino all'originale di partenza, eliminando i difetti di degrado registrati dalla ripresa fotografica, come i riflessi dovuti alle deformazioni e i difetti superficiali della gelatina. Le lacune e le lacerazioni sono state reintegrate, mentre i frammenti non pertinenti rimasti adesi sulla pellicola adiacente sono eliminati dalla pellicola incongrua, scontornandoli e ricollocandoli poi nella corrispondente lacuna sulla pellicola di pertinenza.

In questo modo si è venuta a ristabilire l'integrità delle due immagini, lasciando aperta la possibilità di una ristampa delle stesse su supporti fotografici più stabili e con requisiti archiviali: il progetto artistico, salvaguardato così a livello documentale a lungo termine, acquista prospettive di sopravvivenza molto maggiori rispetto a quelle del materiale costitutivo originale, sia in forma digitale, sia eventualmente nella forma di copie concrete delle due pellicole. Queste ultime, dove esplicitamente dichiarate, potrebbero essere utilizzate in sostituzione delle pellicole deteriorate all'interno dell'assemblaggio originale, per esposizioni temporanee o per finalità didattiche, rappresentando in ogni caso l'unica possibilità di trasmissione dell'opera nel tempo. La sopravvivenza del progetto si affida quindi a una riproduzione che non rispecchia l'originaria manualità della tecnica esecutiva ma che, tramite l'impiego di procedure tecniche differenziate, può in ogni caso garantire la riconoscibilità dell'intervento, scongiurando il rischio di incorrere in un "falso". Lo specifico carattere di riproducibilità insito nella tecnica fotografica ha incoraggiato questo tipo di approccio, data anche la consuetudine alla digitalizzazione e alla riproduzione operata nel campo del restauro di materiali filmici e fotografici nei casi di degrado più avanzato, dove non siano consentite altre metodologie di intervento.



Figura.

A sinistra una fotografia delle due pellicole sovrapposte. I riflessi dovuti alle deformazioni inficiano la corretta lettura dell'immagine e ne ostacolano la ripresa fotografica.

A destra il risultato del restauro digitale: le due immagini sono state elaborate separatamente e quindi nuovamente sovrapposte, eliminando i difetti dovuti al degrado.

Conclusioni

Le principali problematiche afferenti allo stato conservativo di *Vortice e figura* risiedono nella stessa natura del supporto delle pellicole fotografiche, in quanto il CTA è un polimero per sua costituzione instabile, con una limitata aspettativa di vita e destinato a deteriorarsi irreversibilmente se conservato al di fuori delle severe condizioni ambientali suggerite dagli standard di conservazione. Il mancato rispetto di tali parametri, per quest'opera di fatto inapplicabili in quanto inadeguati per gli altri materiali impiegati nell'assemblaggio (e comunque incompatibili con la sua conservazione ed esposizione museale), ha quindi compromesso irrimediabilmente l'integrità del supporto su cui l'artista veicolava l'immagine, un prodotto commerciale impiegato forse senza piena consapevolezza delle caratteristiche e che, nello stesso nucleo delle *Reti*, poteva essere alternativamente costituito anche da poliestere, molto più stabile. Di fatto il CTA, introdotto da circa un

decennio in sostituzione del diacetato per questo tipo di prodotti reprografici, era ancora usualmente commercializzato nella seconda metà degli anni Sessanta, che rappresenta un momento significativo per il passaggio dall'impiego di prodotti semi-sintetici, chimicamente instabili, alla produzione industriale di queste nuove plastiche sintetiche (come il poliestere), più durevoli, e frutto di una progressiva evoluzione tecnologica avviatasi agli inizi del secolo scorso.

La ricerca e l'intervento hanno offerto l'occasione di trovare soluzioni che, pur nell'ambito delle limitate finestre d'azione che si sono delineate a causa della precarietà dei materiali costitutivi, riflettono una corretta attenzione nei confronti degli stessi e forniscono una concreta possibilità di sopravvivenza dell'opera a livello documentale.

NOTE

[1] La definizione del gruppo col nome di *Reti* compare nel catalogo della mostra monografica postuma del 2001, tenutasi presso il Complesso di San Michele a Ripa a Roma, e curata da Simonetta Lux.

[2]http://www.kodak.com/global/it/corp/historyOfKodak/1960_it.html?pq-path=2701; De Gregorio P., Falciani R., Righini A., Rigutti M., “*Studio comparato di alcune emulsioni fotomeccaniche e di alcuni rivelatori in relazione alle applicazioni nell'isodensitometria fotografica*”, in “*Memorie della Società Astronomica Italiana*”, vol. 38, p. 532; <http://albumen.conservation-us.org/library/c20/calhoun1959.html>

[3] Listinicommerciali del 1990 riportano sia il Kodalith Ortho Film roll su acetato, sia il Kodalith Ortho Film ESTAR base sheets su poliestere (<https://archive.org/details/kodakprofessiona00east/page/n19?q=kodalith>).

[4] Ogni casa produttrice riciclava i *batch* di acetato con difetti di fabbricazione trasformandoli in fiocchi (*pellets*), addizionandoli in misura variabile dal 10% al 60% al *linters* o alla polpa di cellulosa. Una percentuale più alta di fiocco determinava una minore qualità della pellicola (fonte orale, tecnici di FILM Ferrania s.r.l.)

[5] Le condizioni di stoccaggio più idonee per le pellicole e i negativi fotografici in CTA prevedono la conservazione in ambienti con bassissime temperature e umidità relative, utili sia a prevenire che a rallentare (ma non ad interrompere) fenomeni di degrado già innescati. Le grandi dimensioni delle Kodalith rendono molto difficoltosa l'attuabilità di tali prescrizioni conservative in un normale deposito museale, raramente attrezzato con settori o contenitori refrigerati di portata adeguata.

[6] Le prove preliminari e i test sperimentali sono stati condotti su negativi fotografici rettangolari con supporto in CTA risalenti agli anni Sessanta, delle dimensioni di 23 x 2,5 cm, gentilmente concessi dall'archivio dell'ICCD nella persona del dott. Stefano Valentini.

[7] Nanorestore gel Max Dry. Si tratta di un gel chimico basato su un network interpenetrato pHEMA/PVP, con alte capacità ritentive, che garantisce un'azione efficace ma estremamente superficiale del solvente, evitando di incorrere nel rischio di penetrazione dello stesso negli strati sottostanti.

[8] Velocità ventola 25%, pressione 75 Mbar, temperatura 20,5 °C.

[9] Il dietilcarbonato (DEC) è un solvente polare aprotico della famiglia degli alkyl carbonati con Fd 61, Fp 25, Fh 14 (Horie V., *Materials for conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings*, Oxford, 2010. Appendix 2.1, pp. 344-345). Supportato in organogel, ovvero un gel chimico trasparente a base di PEMA, può essere utile alla solubilizzazione degli adesivi pertinenti a nastri industriali, come dimostrato da studi attualmente in corso: Ferrari P., Chelazzi D., Bonelli N., Mirabile A., Giorgi R., Baglioni P., “*Alkyl carbonate solvents confined in poly (ethyl- methacrylate) organogels for the removal of pressure sensitive tapes (PSTs) from contemporary drawings*”, in “*Journal of Cultural Heritage*”, 2018, pp. 1-7); Trabace M., Mirabile A., Montalbano L., Giorgi R., Ferrari P., “*An Innovative method to remove pressure sensitive tape from contemporary felt-tipped and ball-point pen drawings on paper. The case studies of Federico Fellini from Romina film library*”, XXXIII Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali, Bressanone, 27-30 giugno 2017, pp. 849-861.

[10] Secondo quanto reperibile sul mercato per i film in PET non siliconato e in PP. Le caratteristiche di trasparenza dei film utilizzati sono state verificate tramite misure colorimetriche.

[11] Nastro in polidimetilsilossano prodotto dalla ditta tedesca Gottlieb Binder GmbH, privo di colle, che aderisce alle superfici esclusivamente per effetto dell'interazione fisica delle forze di Van der Waals.

BIBLIOGRAFIA

1. Bigourdan J. L., “*Stability of acetate film base: accelerated-aging data revisited*”, in “*Journal of Imaging Science and Technology*”, vol. 50, n. 5, Settembre 2006, pp. 494-501.
2. Edge M., Allen N. S., Jewitt T. S., Horie C. V., “*Fundamental aspects of the degradation of cellulose triacetate base cinematograph film*”, in “*Polymer degradation and Stability*”, n. 25: 2-4, 1989, p. 345-362.
3. Lux S., (a cura di), “*Paola Levi Montalcini. Metamorfosi*”, Catalogo mostra, Complesso di San Michele a Ripa, Roma, 26 febbraio- 1 maggio 2001.

4. Nishimura D. W., “*Strategies for the storage of cellulose acetate film*”, in “*AIC News*”, vol. 40, n. 6, Novembre 2015, pp.1-6.
5. Ram A. T., “*Archival preservation of photographic film- a perspective*”, in “*Polymer Degradation and Stability*”, n. 29, 1990, pp. 3-29.
6. Reilly J. M., “*IPI storage guide for acetate film: instructions for using the Wheel, graphs, and table; basic strategy for film preservation*”, Image Permanence Institute, New York, 1993; www.imagepermanenceninstitute.org/shtml_sub_acetguid.pdf.
7. Serrani E. (a cura di), “*The vinegarsyndrome. Prevention, remedies and the use of new technologies. A handbook*”, Bologna, 2000.
8. Shanebrook R. L., “*Making Kodak Film*”, 1st edition, Self Published, 2010.
9. Shashoua Y., “*Conservation of plastics. Materials science, degradation and preservation*”, Oxford, 2008.
10. Shinagawa Y., Marayama M., Sakaino Y., “*Investigation of the archival stability of cellulose triacetate film: the effect of additives to CTA support*” in Allen N. S., Edge M., Horie C. V. (eds.), “*Polymers in conservation*”, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1992, pp.138-150.
11. <https://www.nfsa.gov.au/preservation/preservation-glossary>

RESTAURO DE “IL SOGNO”, OPERA IN CERA NON VERNICIATA DI GIORGIO GIORDANI: INDAGINI SULLA TECNICA, RICERCHE E STUDI APPLICATI SULLA PULITURA E L'INCOLLAGGIO A FREDDO

Elettra Ferrari Mazzanti*, Davide Riggiardi, Lucia Vanghi*****

*Restauratrice, Diplomata presso l'Accademia di Belle Arti di Bologna, pfp 2, 320 4230791, elettraferrarimazzanti@gmail.com

** Restauratore, Docente di Restauro presso le Accademie di Belle Arti di Bologna e di Brera, Via Volvinio 1, 20141 Milano, 380 5030939, davide@riggiardi.it

*** Restauratrice, Docente di Restauro dell'arte contemporanea presso l'Accademia di Belle Arti di Bologna, via Belle Arti 54, 40126 Bologna, 349 4978619, lucia.vanghi@gmail.com

Abstract

Il Sogno, una scultura in cera realizzata da Giorgio Giordani nel 1937, proviene dai depositi del MAMbo di Bologna. L'opera è composta da un impasto di cera d'api, resina naturale e inerti su un'anima in gesso, e non presenta alcun tipo di finitura protettiva superficiale. Le particolari problematiche conservative che la caratterizzavano hanno portato ad approfondire maggiormente la tecnica esecutiva, dato indispensabile per impostare l'intervento in modo più mirato e rispettoso. L'osservazione, quindi lo studio della morfologia della superficie, il confronto con un'altra versione dello stesso soggetto e la scansione 3D di entrambe, hanno messo in evidenza il fatto che si trattasse di un'opera frutto di un processo di formatura.

A livello conservativo, la scultura era compromessa da una vistosa lacuna del modellato nella parte anteriore (di cui si era conservato il frammento originale) e dalla presenza di uno strato di depositi semicoerenti parzialmente inglobati all'interno dell'impasto ceroso superficiale, degrado tipico delle opere in cera.

Per cercare di risolvere tali problematiche e quindi di recuperare l'integrità strutturale ed estetica della scultura, si è effettuata una lunga sessione di prove indirizzate all'individuazione di un mezzo che fosse in grado di pulire e quindi rimuovere lo strato di deposito semicoerente presente sull'opera, ma che al contempo non ne modificasse la morfologia e la brillantezza superficiale. L'obiettivo era infatti quello di trovare un prodotto pulente efficace, ma nel pieno rispetto di quella che era l'opera in tutti i suoi aspetti: superficiale, materico, estetico. A tal proposito sono state testate sia soluzioni acquose applicate con diversi mezzi, sia prodotti a secco, analizzando le superfici prima e dopo con microscopio digitale (Dino-Lite) per verificare l'efficacia dei metodi, o le possibili modifiche arrecate alle aree di prova. Inoltre sono state eseguite indagini spettroscopiche (FT-IR ATR) sui mezzi di pulitura usati con l'intento di rilevare l'eventuale presenza di materia cerosa dopo il loro utilizzo; questo sempre con il fine di procedere in modo più mirato. Tale serie di prove ha permesso di individuare una metodologia rispettosa della superficie originale ed efficace nella rimozione dei depositi che compromettevano la fruibilità estetica della scultura.

Riguardo alla ricollocazione in sede del grande frammento di modellato, si sono scartati i metodi tradizionali a caldo, con cianoacrilati, o con resine bi-componenti rigide, e ci si è concentrati sulla ricerca sperimentale di un adesivo che, oltre ad avere buone proprietà di resistenza e sopportazione di carico, fosse compatibile con le superfici che doveva incollare, quindi cerosi e gessosi; avesse un buon grado di rimovibilità, quindi che permettesse di poter intervenire nuovamente sulle porzioni trattate; che non lasciasse troppi residui sulle superfici originali dell'opera. Si sono testati cinque adesivi ritenuti utili a tale scopo che sono stati stesi su blocchi in cera e gesso, in quanto è questo un prodotto che si ritrova spesso come anima di supporto nelle sculture in cera, opportunamente preparati e sottoposti a test meccanici di sforzo-deformazione, per verificare la loro resistenza e il loro comportamento in relazione ai materiali a cui erano applicati. Tali test hanno portato all'individuazione di un prodotto adesivo che ha rispettato tutti i requisiti richiesti e che ha quindi permesso di procedere con l'incollaggio del pezzo originale.

A seguito di tali prove è stato possibile recuperare l'integrità strutturale ed estetica dell'opera *Il Sogno*.

Introduzione

Lo studio è stato effettuato con lo scopo di intervenire su un'opera in cera dello scultore bolognese Giorgio Giordani, appartenente al MAMbo di Bologna, oggetto di tesi di diploma al corso di restauro dell'Accademia di Belle Arti di Bologna. L'opera, una scultura raffigurante un volto di donna, consiste di un'anima interna in gesso ricoperta da diversi strati di impasto ceroso sul recto. I problemi principali che interessavano il manufatto erano lo strato di depositi semicoerenti parzialmente inglobati sulla superficie della cera e una lacuna della stessa nella parte bassa della scultura. Queste problematiche hanno quindi portato ad approfondire il tema della pulitura, dell'integrazione e dell'incollaggio dei materiali cerosi; il tutto preceduto da uno studio sulla tecnica esecutiva, indispensabile per indirizzare il più possibile l'intervento verso il completo rispetto dell'opera.

Studio della tecnica

L'obiettivo era quello di riuscire ad individuare il processo tecnico utilizzato dall'autore per produrre la scultura e anche i materiali costitutivi della stessa, così da permettere di impostare nel modo più corretto e rispettoso possibile la sperimentazione e il conseguente intervento.

La radiografia X [1], ha permesso di indagare la morfologia della parte anteriore dell'anima interna gessosa, quella a contatto con gli strati di cera, evidenziando come anche questa presentasse le stesse fattezze del volto visibile sul fronte. Il confronto con un'altra versione dello stesso soggetto [2] eseguita con i medesimi materiali, sempre da Giordani, ha rafforzato l'ipotesi, nata a seguito dell'indagine diagnostica sopra indicata, che si trattasse di un manufatto frutto di un processo di formatura. La conferma si è avuta grazie ad una scansione tridimensionale [3]. Questa tecnica ha permesso un confronto ancora più diretto, in quanto ha reso possibile la sovrapposizione digitale dei modelli 3D delle due versioni, evidenziando la corrispondenza morfologica fra le due opere e confermando il fatto che provengano dalla stessa matrice.

La tecnica ha quindi previsto un iniziale modello in argilla, che Giordani ha calcato per ottenere un positivo dello stesso in gesso, e da questo ha poi eseguito un calco in gelatina [4] utilizzato per produrre le due versioni in cera analizzate.

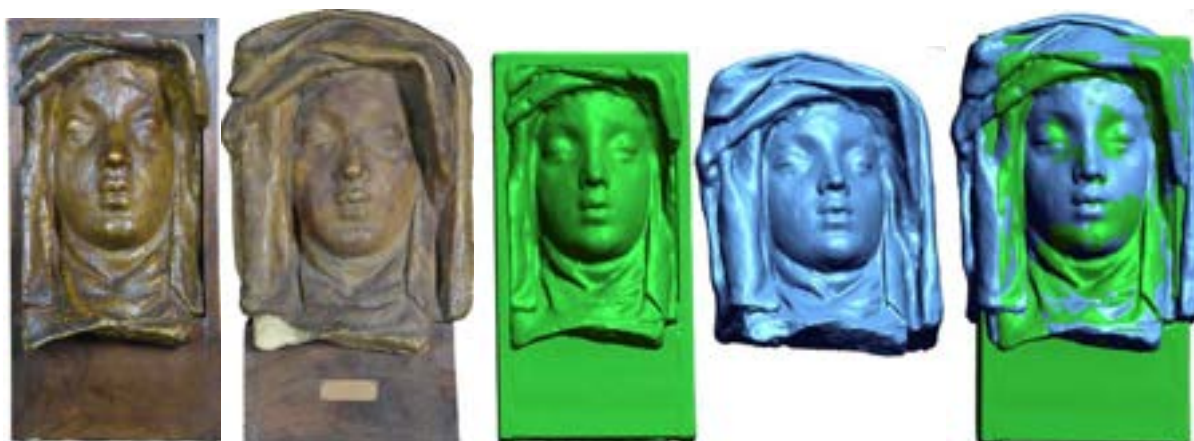


Figura 1. Da sinistra a destra: *Il Sogno* appartenente a collezione privata; *Il Sogno* appartenente al MAMbo e oggetto del restauro; i modelli digitali delle due versioni; la sovrapposizione dei suddetti modelli tramite software apposito.

Per quanto riguarda i materiali costitutivi, si voleva avere la certezza che le disomogeneità a livello cromatico della superficie fossero originali e quindi frutto della tecnica stessa e non di un'alterazione. Si sono quindi prelevati micro-campioni di impasto ceroso per analizzarli in spettroscopia IR (FT-IR in modalità ATR) [5] e caratterizzare i composti presenti al loro interno. Nello specifico l'impasto ceroso della versione del MAMbo è composto principalmente da cera d'api, con percentuali variabili di resina Dammar, gesso e pigmenti, principalmente terre (terra d'ombra naturale e terra rossa, in particolare).

Prima fase sperimentale preliminare all'intervento: pulitura della cera

Al fine di trovare un metodo di pulitura il più possibile rispettoso della morfologia, del grado di brillantezza e della costituzione dell'impasto ceroso, si sono preparate delle stesure di cera di prova, rispettando la composizione materica dell'originale ricavata dagli spettri FT-IR ATR. La prima stesura composta per il 90% di cera d'api, 5% di gesso e 5% di Dammar disciolta in una miscela di Shellsol® A e White Spirit (1:1); la seconda composta dal 58% di cera, il 23% di gesso e il 19% di Dammar. Entrambe sono state sporcate con depositi polverosi e successivamente irraggiate con lampade ad incandescenza; si è sfruttata la porzione IR emessa da queste ultime per rammollire leggermente gli impasti cerosi e permettere ai depositi di inglobarsi parzialmente al loro interno, così da simulare la condizione in cui verteva la superficie dell'opera.

Per quanto riguarda le prove di pulitura, si sono esclusi i solventi organici, per la comprovata sensibilità della cera a questo tipo di composti, in particolar modo a quelli apolari o poco polari. Le forze intermolecolari che caratterizzano la cera infatti, data la sua forte idrofobicità e quindi apolarità, sono di tipo a dispersione. I solventi di questo tipo sono stati quindi esclusi, evitando per cautela anche quelli mediamente polari: molti di questi infatti, anche se non in grado di solubilizzare la materia cerosa, possono essere comunque capaci di rigonfiarla o di interagire con i componenti più polari al suo interno.

Si è optato allora per metodologie a secco (Groom/stick) o per l'applicazione di soluzioni acquose, che nonostante possano anche queste ultime interagire con gli strati cerosi causando fenomeni di leaching, se utilizzate con le dovute precauzioni possono ritenersi rispettose del materiale. I composti con cui potenzialmente il mezzo acquoso può interagire, divengono infatti solubili solo da un certo grado di pH e di P_{KA} . Contenendo quindi i parametri di pH preferibilmente verso valori leggermente acidi delle soluzioni, si può riuscire a ridurre al minimo l'interazione di queste nei confronti della cera e dei suoi componenti. Sono comunque state testate tre soluzioni a differenti valori di pH: acido a pH 5.5, neutro a pH 7 e basico a pH 8.5 [6]. Per quanto concerne invece la conduttività e quindi la concentrazione ionica delle soluzioni, non risulta essere un parametro particolarmente determinante in quanto affinché si verifichino fenomeni di osmosi, con conseguente rigonfiamento o impoverimento delle superfici, è indispensabile che queste si bagnino e l'idrofobicità della cera eviti questo processo.

Le tre soluzioni si sono testate sia semplici, sia additivate con tensioattivo Tween® 20, che con chelante debole Acido Citrico, e sono state testate con diverse metodologie: sia libere, applicate a tampone e con spugna in lattice, sia supportate con gel di Agar agar, Nevek®, Gellano (Phytigel®), panno in microfibra. Si sono anche provati Nanorestore Gel® Peggy6 e Idrogel a base di PVA/Borace [7].

Per rendere più facilmente confrontabili i risultati delle prove, si è utilizzata una rappresentazione grafica molto efficace [8], un grafico radar, ai cui vertici corrispondono i cinque parametri presi in considerazione: rispetto della morfologia superficiale (MS), integrità di brillantezza (IB), assenza di residui (AR), capacità pulente (CP), applicabilità metodo (AM). Assegnando dei valori da 1 a 10 e confrontando l'ampiezza dell'area complessiva, risulta visivamente evidente il metodo più efficace. Dopo l'applicazione dei prodotti testati, le aree di prova sono state osservate in luce visibile, sia diretta che in radenza e con microscopio digitale (Dino-Lite). Inoltre i mezzi di pulitura sono stati analizzati in spettroscopia FT-IR ATR per verificare l'eventuale presenza di cera al loro interno.

Commento ai risultati

I test eseguiti applicando le soluzioni libere **a tampone** hanno dato pessimi risultati: l'azione meccanica del batuffolo di cotone sulla superficie cerosa è risultata troppo aggressiva ed ha causato, con le dovute differenze di intensità, uno schiacciamento delle aree dei provini con il conseguente aumento di brillantezza. Inoltre, generalmente, si è registrata una maggiore interazione delle soluzioni in relazione all'incremento del loro pH. Ciò è risultato coerente con quello che ci si aspettava: infatti l'aumento di pH, soprattutto con il passaggio all'alcalinità, tende a ionizzare alcune molecole libere all'interno degli strati cerosi, aumentando di fatto la loro idrofilia, causando la loro possibile dispersione nel mezzo acquoso. Inoltre, nonostante la cera sia un materiale isolante e possieda quindi una bassa permittività elettrica, l'azione meccanica di strofinio eseguita sulla sua superficie può comunque aumentare il suo carattere elettrostatico, rendendola di fatto in grado di attirare a sé nuove particelle di deposito con carica opposta alla sua, proprio perché quest'ultima non potendo scaricarsi a terra, rimane in superficie. Per mezzo della spettroscopia infrarossa eseguita su alcuni dei tamponi dopo l'applicazione, si sono rilevate tracce di cera. Le applicazioni delle stesse soluzioni tramite **spugnette in lattice** hanno causato anch'esse una parziale compressione dell'impasto ceroso con conseguente lucidatura, ma molto meno evidente rispetto a quelle a tampone. Le prove con il **panno in microfibra** usato come supportante, nonostante abbiano dato ottimi risultati per quanto riguarda l'assenza di residui, hanno ottenuto valori insufficienti in riferimento alla capacità pulente e all'applicabilità del mezzo. Il **Nevek®** applicato interponendo carta giapponese non ha rilasciato residui sulla superficie, ma non è risultato efficace per quanto riguarda la capacità pulente. L'**Agar agar preformato** ha dato ottimi risultati per quanto riguarda l'assenza di residui, il rispetto della morfologia superficiale e dell'integrità di brillantezza, ma insufficienti per quanto concerne la capacità pulente e l'applicabilità, decisamente compromessa su una superficie tridimensionale e irregolare come quella dell'opera in esame. Si è però pensato, in base ai risultati ottenuti con tale gel, di approfondirne le possibilità, modificandone la metodologia di utilizzo. Ci si era infatti resi conto che un minimo di azione meccanica risultava necessaria affinché si riuscisse a rimuovere i depositi parzialmente inglobati all'interno della cera, per questo motivo si è pensato di sfruttare il leggero effetto "peeling" dei gel polisaccaridici allo stato sol: l'idea era quella di utilizzare un prodotto con una temperatura di gelificazione più bassa rispetto a quella di rammollimento della cera (33-34° C), così da poterlo applicare fluido e quindi migliorarne l'applicabilità e, si pensava, anche l'azione pulente [9]. Il prodotto selezionato è stato il **Phytigel®**, ma i risultati ottenuti non sono stati risolutivi in quanto il materiale già a 36-37° C cominciava a cambiare di fase, da sol a gel. Per rallentare questa transizione si è provato sia ad abbassare la concentrazione di prodotto, sia ad utilizzare acqua bidistillata, dal momento che trattandosi di un tipo di Gellano, necessitava di cationi bivalenti per gelificare, senza però ottenere il risultato sperato. L'eccessiva morbidezza del gel ha reso difficile la sua asportazione dalle superfici planari delle stesure di prova, operazione che sarebbe stata quindi ancora più complicata su un'opera tridimensionale come *Il Sogno*. Inoltre, nonostante già la temperatura di gelificazione troppo alta non lo rendesse idoneo ad essere steso fluido sulla cera, non è comunque apparso particolarmente efficace nella rimozione dei

residui semicoerenti. Il **Nanorestore® Gel Peggy 6** non ha rimosso i residui e sull'area di prova si è notato un leggero sbiancamento dopo l'applicazione. La **Groom/stick** ha presentato una buona capacità pulente, ma la sua eccessiva compattezza ha determinato un'eccessiva pressione durante l'utilizzo che ha modificato leggermente la morfologia e la brillantezza; inoltre su un'opera tridimensionale e irregolare come quella in oggetto, sarebbe risultata particolarmente inadatta. Gli idrogel a base di **PVA/Borace** hanno dato i migliori risultati, particolarmente quelli a più alta percentuale di prodotto (8-10%): il leggero potere adesivo **[10]** ha permesso al gel di asportare gran parte dei depositi parzialmente inglobati all'interno degli impasti cerosi ed al contempo il carattere acquoso lo ha reso poco affine al materiale originale ceroso, abbassando quindi la possibilità di interazione con quest'ultimo. La sua natura compatta, ma estremamente duttile, gli ha permesso di adeguarsi perfettamente alle superfici senza bisogno di premere e di conseguenza schiacciare la cera. Un'altra qualità di questo materiale è la possibilità di essere riutilizzato più volte, in quanto basta impastarlo per disperdere al suo interno i depositi da esso rimossi e rendere la sua superficie nuovamente efficace. Per tali ragioni è stato scelto per pulire la scultura in oggetto.

Mezzo utilizzato		Soluzioni/sostanze applicate	Risultato	commento
Libere	Tampone	pH 5.5 / 7 / 8.5	MS 2,5 / AR 7 / IB 1 / CP 6 / AM 3	Azione meccanica troppo aggressiva: modifica brillantezza, morfologia e asporta materiale.
	Spugnetta in lattice	pH 5.5 / 7 / 8.5	MS 8,8 / AR 9 / IB 7,6 / CP 1,8 / AM 2	Modifica leggermente brillantezza e morfologia. Non efficace.
Supportate	Panno in microfibra	pH 5.5 / 7 / 8.5	MS 8,2 / AR 10 / IB 7,5 / CP 2 / AM 2	No residui, ma non efficace.
	Nevek®	pH 5.5 / 7 / 8.5	MS 9,8 / AR 10 / IB 8,8 / CP 2,3 / AM 7	No residui e no modifiche, ma non efficace.
	Agar agar preformato	pH 5.5 / 7 / 8.5	MS 10 / AR 10 / IB 9,7 / CP 1,5 / AM 1	No residui e no modifiche, ma non efficace e non pratico.
	Agar agar steso allo stato sol	pH 5.5 / 7 / 8.5	MS 2,8 / AR 7,4 / IB 2,7 / CP 3 / AM 5,8	T di gelificazione troppo alta: modifica brillantezza.
	Phytigel® steso allo stato sol	pH 5.5 / 7 / 8.5 / Acqua bidistillata	MS 7 / AR 5 / IB 6,7 / CP 3,3 / AM 4,8	T di gelificazione troppo alta e non efficace.
	Nanorestore Gel® Peggy6	Acqua demineralizzata	MS 9 / AR 6 / IB 7 / CP 3 / AM 3	Modifica brillantezza: sembra lasciare residui. Non efficace.
	Idrogel PVA/Borace (4%)	Acqua bidistillata	MS 7 / AR 4 / IB 5 / CP 8 / AM 5	Troppo duttile, "morbido" e appiccicoso. Tende a lasciare qualche residuo.
	Idrogel PVA/Borace (8-10%)	Acqua bidistillata	MS 9 / AR 8 / IB 9 / CP 8 / AM 8,7	Duttilità e compattezza permettono di adeguarsi alle superfici. Efficace nella rimozione dei depositi.
A secco	Groom/stick	/	MS 7 / AR 8 / IB 7,6 / CP 6,6 / AM 7	Troppo compatta e dura, difficoltà ad adattarsi alle superfici. La pressione lucida e compatta la cera.

Tabella 1. I risultati dei test di pulitura sulla cera. Si ricordano i parametri: MS morfologia superficiale, AR assenza residui, IB integrità di brillantezza, CP capacità pulente, AM applicabilità metodo.

Risultati dopo le analisi FT-IR ATR a seguito delle prove

Dopo le prove si sono analizzati alcuni dei mezzi per verificare se al loro interno fosse presente della cera, o altro materiale originale. Nel caso dei tamponi si è rivelata la presenza di materiale ceroso, così come nel Phytigel®, nell'idrogel PVA/Borace e nella Groom/stick; in quest'ultima si è anche rilevata la presenza di gesso. I materiali sono stati analizzati prima e dopo, sottraendo lo spettro iniziale da quello finale, così da rendere più evidenti i picchi non appartenenti al materiale stesso. All'interno dei panni in microfibra e dell'Agar agar preformato non

si sono rilevate tracce di cera. Il metodo che ha asportato maggiore materia cerosa, è stato l'Agar agar steso fluido, seguito dal tampone con cui si è applicata la soluzione tamponata a pH 7 con il Tween® 20, da quello con cui si è stesa la soluzione tamponata a pH 8.5 e da quello con cui si è applicata la soluzione chelante tamponata a pH 7. Minori quantità di materia cerosa si sono rilevate nella Groom/stick, seguita dal Phytigel steso allo stato sol e dall'idrogel PVA/borace. Per quanto riguarda quest'ultimo, nonostante dagli spettri si possa notare che le bande hanno un'intensità simile a quelle del Phytigel®, si sottolinea come questo particolare spettro dell'idrogel sia stato eseguito su una porzione di materiale con cui si era pulita una zona maggiore; quindi a parità di area, in confronto agli altri mezzi, l'Idrogel ha asportato quantità di cera praticamente trascurabili [11].



Figura 2. Alcuni degli spettri a confronto: tampone con cui si è applicata la soluzione a pH 7 con il Tween 20, Agar e Phytigel stesi allo stato sol e l'idrogel PVA/borace.



Figura 3. A sinistra: una porzione della scultura in cera durante la pulitura con l'idrogel PVA/Borace al 10%. A destra: due immagini al Dino-Lite (ingrandimento 50x), prima e dopo la pulitura con lo stesso idrogel.

Seconda fase sperimentale: test di incollaggio a trazione e peeling tra superfici cerose e cerose/gessose

Per risolvere il problema della grossa lacuna degli strati cerosi presente sull'opera, era necessario riuscire a fare aderire nuovamente il frammento staccatosi dalla propria sede. Erano inoltre presenti, sui bordi laterali, piccole lacune della cera che lasciavano il gesso sottostante a vista. L'obiettivo era quello di trovare un adesivo che permettesse al frammento originale e alle porzioni integrate di aderire nelle sedi, che risultasse compatibile con i materiali cerosi e gessosi, ma che al contempo non compromettesse l'integrità dell'opera nel caso in futuro risultasse necessario rimuoverle. Queste ragioni ci hanno portato a propendere per adesivi sintetici, principalmente in dispersione acquosa, per mantenerli esclusivamente nell'interfaccia di incollaggio. Il carattere acquoso inoltre si è rivelato utile per conferire ai prodotti un'affinità con l'anima interna in gesso.

I prodotti selezionati sono stati cinque, di cui tre a base di resina acrilica, *Plextol B500*, *Lascaux 360 HV* e *Lascaux 498-20X*, uno a base vinilica, *Bindan-RS* e una resina epossidica, *Epo 155*. La sperimentazione è consistita nell'eseguire delle prove di trazione e peeling al dinamometro, per verificare la forza degli adesivi in riferimento alle superfici cerose e gessose a cui sono stati applicati.

La ricetta per la preparazione dei provini in cera si è ricavata dai risultati delle indagini spettroscopiche in FT-IR ATR eseguite sui campioni di materiale originale; i blocchi in gesso invece si sono ottenuti colando all'interno di un recipiente gesso da presa (solfato di calcio emiidrato). Le lastre così ottenute, di 1,8 cm di spessore, sono state sezionate per ottenere piccoli blocchi di 2,5×4 cm e 2,5×5 cm. Su una faccia di tali parallelepipedi, che fossero in gesso o cera, si sono incollati dei profilati di alluminio opportunamente tagliati a misura, con un adesivo bicomponente (*Salda Rapido Mixer®* della Bostik). Si sono utilizzati due diversi profilati in alluminio: a forma di "T" per le prove a trazione e a "L" per quelle a peeling [12]. Successivamente si sono fissati i panetti di cera/cera e cera/gesso fra loro usando gli adesivi sintetici di cui sopra. Gli adesivi a base acrilica per gli incollaggi cera/cera, si sono testati sia tal quali, sia riattivati a solvente (Butilacetato).

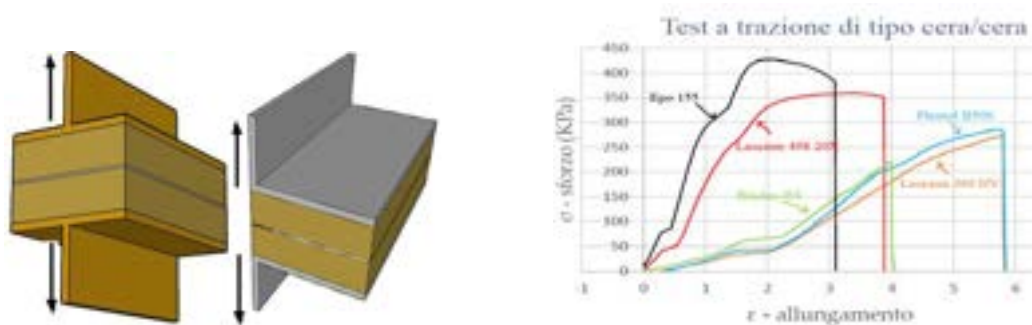


Figura 4. A sinistra: le due tipologie di provini, a trazione e a peeling. A destra: un esempio di diagramma sforzo-deformazione.

L'esecuzione dei test è stata eseguita all'interno dei laboratori della Stazione Sperimentale della Carta Innovhub, di Milano [13]. Si è utilizzato un dinamometro monocolonna con morsetti a compressione con velocità di trazione di 2 mm al minuto, apertura di 4 cm ad una temperatura di 23-24 °C. È un tipo di analisi distruttiva, il provino infatti è stato portato a frattura; nel nostro caso comunque, non si tratta di una rottura che si verifica propriamente all'interno di un unico materiale, quanto del distacco che avviene fra due materiali diversi.

I diagrammi di sforzo-deformazione corrispondono al comportamento dei provini precedentemente descritti sottoposti alla trazione esercitata dal dinamometro: sull'asse Y si trovano i valori corrispondenti allo sforzo (σ), (KPa), mentre sull'asse X si trovano i valori relativi all'allungamento (ϵ) [14]. Le prove consistono nel deformare fino a rottura i provini applicando, lungo i loro assi principali, un carico di trazione gradualmente crescente. I valori che si sono calcolati e quindi presi in considerazione sono stati il *modulo elastico relativo medio* (E_{rm}) e il *punto di massimo carico relativo medio* (Ultimate Tensile Strength, UTS_{rm}) [15]. I materiali polimerici, come gli adesivi in esame, non sempre presentano la porzione di curva relativa al modulo elastico lineare e di conseguenza proporzionale, ma piuttosto curva e leggermente flessa, nonostante il comportamento rispetti le caratteristiche elastiche. In questi casi si procede quindi misurando i moduli *tangente* o *secante*; in tale ricerca si è utilizzato quest'ultimo [16].

E _r media dei moduli elastici secanti*							UTS*					
	trazione cera/cera	peeling cera/cera	trazione cera/gresso	peeling cera/gresso	trazione cera/cera (riattivato)	peeling cera/cera (riattivato)	TC	DC	TG	DG	R-TC	R-DC
Lascaux 360HV	51,68	35,646	32,746	9,527	60,996	36,93	320	116,11	142,86	64	242	99,5
Lascaux 498 20X	123,36	122,649	109,799	117,888	181,657	118,838	360,4	161,48	603,227	207,165	407,733	38,95
Plextol B500	52,01	30,8	40,496	23,068	55,042	30,793	305,79	163,305	207,345	70	201,586	66,66
Bindan-RS	51,355	50,98	32,01	33,893	/	/	280,745	132,64	406,345	100,25	/	/
Epo 155	191,932	95,569	157,662	165,722	/	/	437,252	151,115	431,926	190,847	/	/

Figura 5. A sinistra: i Moduli elastici relativi medi (E_{rm}). A destra: i Punti di carico massimo relativi medi (UTS_{rm}).

Osservazioni visive e commento durante e a seguito dei test

Plextol B500, *Epo 155* e in misura minore *Bindan-RS*, nonostante la planarità delle superfici di incollaggio dei provini, sono risultati troppo poco viscosi e quindi difficilmente applicabili; soprattutto nell'eventualità in cui si fosse reso necessario stenderli su superfici verticali o non perfettamente combacianti. In particolar modo per il *Plextol B500*, la pressione esercitata per fare aderire le due parti dei provini, causava la fuoriuscita di gran parte dell'adesivo. Tale problematica si è ovviamente registrata esclusivamente nei test di tipo *cera/cera*, dato che la porosità del gesso e la sua affinità con le dispersioni acquose, hanno facilitato l'operazione. La maggiore viscosità dei due prodotti *Lascaux* ha permesso invece un'agevole applicazione.

L'adesivo che in generale ha sopportato il quantitativo di sforzo maggiore (UTS_{rm}) è stato quello epossidico *Epo 155*; il secondo il *Lascaux 498 20X*, che ha registrato valori di poco inferiori rispetto alla resina bicomponente. Il *Plextol B500* ha presentato un comportamento, sempre in relazione ai valori UTS_{rm} , molto simile all'adesivo vinilico *Bindan-RS* che ha mostrato valori leggermente più alti. Il *Lascaux 360 HV* è stato invece quello che ha sopportato la minore quantità di carico, ma che generalmente si è allungato di più. Per quanto riguarda il *modulo elastico relativo medio* (E_{rm}), anche in questo caso l'adesivo *Epo 155* è stato quello che ha registrato il valore maggiore. Ha infatti sopportato maggiori quantità di sforzo, a cui hanno corrisposto valori relativamente bassi di deformazione. Anche per questo parametro è stato seguito dal *Lascaux 498 20X*, che nonostante abbia sopportato leggermente meno carico e registrato un allungamento maggiore rispetto all'*Epo 155*, ha comunque presentato buoni valori di *modulo elastico relativo medio*. Come per UTS_{rm} , anche per E_{rm} ,

il *Plextol B500* e il *Bindan-RS* hanno presentato un comportamento simile. In generale, il *Plextol B500* ha subito un allungamento maggiore; infatti, anche in base alle osservazioni fatte dopo le misurazioni con il dinamometro, si è notata la maggiore elasticità delle resine acriliche, rispetto soprattutto all'adesivo vinilico. Il *Bindan-RS* infatti è risultato particolarmente rigido e fragile al tatto a seguito della rimozione dai panetti di prova dopo le misurazioni al dinamometro. La resina adesiva che ha presentato il valore E_{rm} più basso è stato il *Lascaux 360 HV*: questo ha infatti registrato valori relativamente bassi di sforzo e molto alti di allungamento.

In generale si sono registrati maggiori valori di sforzo e minori deformazioni per quanto concerne le prove di tipo a trazione e questo ha comportato anche conseguenti valori più alti di *modulo elastico relativo medio* (E_{rm}) [17]. La riattivazione a solvente invece ha registrato valori maggiori in riferimento ai punti di massimo carico (UTS_{rm}), solo sui provini a trazione in cui è stato steso il *Lascaux 498 20X*; in tutti gli altri casi ha determinato una minore sopportazione allo sforzo. I valori UTS_{rm} e E_{rm} del *Plextol 500* riattivato e non riattivato a solvente risultano invece molto simili: solo leggermente superiori quelli in cui si sono direttamente fatti aderire i blocchi dopo l'applicazione, senza la riattivazione.

Scelta dell'adesivo

Per la scelta dell'adesivo si sono considerate sia le prove eseguite con il dinamometro, sia le osservazioni visive fatte prima e dopo queste, rispettivamente durante la stesura degli adesivi e a seguito del distacco dei blocchi dei provini. Nonostante l'adesivo epossidico *Epo 155* abbia registrato i più alti valori in riferimento al *modulo elastico relativo medio* e al *punto di massimo carico relativo medio*, la scelta non è ricaduta su tale prodotto in quanto le considerazioni fatte preliminarmente alle prove, in fase di preparazione dei provini, hanno evidenziato tempi molto lunghi di indurimento. Inoltre trattandosi di un'epossidica risulta più difficilmente rimovibile e revisionabile. Il *Bindan-RS* ha mostrato una rigidità, notata soprattutto nella fase successiva alle prove, che non ci è parsa una caratteristica positiva; inoltre tendeva a non stendersi in modo omogeneo su tutta la superficie di incollaggio, lasciando delle porzioni sprovviste di materiale. Il *Plextol B500* non ha sopportato quantità di carico molto alte, per di più il fatto di presentarsi estremamente liquido e quindi difficilmente applicabile su superfici irregolari e verticali, ha reso difficoltoso il suo utilizzo. Per quanto riguarda il *Lascaux 360 HV*, pur non avendo sopportato molto carico, in media, ha presentato un'alta deformabilità, caratteristica che potrebbe rivelarsi utile in riferimento a determinate necessità, ma che nel nostro caso non era desiderata. Inoltre si è notato come tendesse a rimanere molto appiccicoso e quindi difficilmente rimovibile dalle superfici analizzate. Il *Lascaux 498 20X* è apparso il migliore per le problematiche a cui si doveva sopperire e in base agli obiettivi che ci si era prefissati. La sua natura lo rende affine sia al materiale ceroso, data la presenza di solvente al suo interno [18], sia al gesso, dal momento che si tratta di una dispersione acquosa. Ha anche ottenuto ottimi risultati al dinamometro, sopportando alti valori di sforzo, ma risultando comunque piuttosto deformabile. La sua viscosità ha inoltre consentito di applicarlo agevolmente sulle superfici irregolari e verticali dell'opera, senza rischiare colature che ne avrebbero potuto compromettere l'integrità superficiale. La sua densità ha permesso anche di riempire eventuali punti di vuoto fra le porzioni che si dovevano incollare e integrare. Inoltre, la relativa velocità di "presa", e la facile rimozione dalle superfici cerosi senza lasciare particolari residui, ha contribuito a far propendere per l'utilizzo di tale prodotto.

Conclusioni

L'intervento ha avuto lo scopo di recuperare l'integrità estetica e strutturale dell'opera, migliorandone la fruibilità e la stabilità. In questo caso si è resa subito evidente l'impossibilità di poter effettuare l'intervento sul manufatto seguendo le tradizionali, e più volte riportate in bibliografia, tecniche di pulitura. La delicatezza della superficie della cera, non verniciata, non ha permesso l'utilizzo di metodi che prevedessero un'azione meccanica di frizione e strofinio. La lunga fase sperimentale di prova eseguita preliminarmente all'effettivo intervento di pulitura ha evidenziato come, in questo particolare caso, non è stata tanto la soluzione utilizzata per pulire, quanto più la metodologia applicativa e il meccanismo stesso di pulitura a determinare la buona riuscita del risultato. Infine si è rivelato efficace un prodotto il cui meccanismo di azione è risultato essere ibrido: meccanico-chimico. La presenza di acqua all'interno del prodotto, gli ha permesso di non aderire alle superfici cerosi, ma di avere un'azione selettiva principalmente sullo sporco a carattere igroscopico.

Comunque, la tendenza della cera ad inglobare i materiali di deposito che inevitabilmente si poggiano sulla sua superficie, rende evidente quanto sia indispensabile agire preventivamente sull'ambiente più che sul manufatto, attuando specifiche misure manutentive e conservative, che ad oggi portano generalmente all'inserimento di tali manufatti all'interno di teche opportunamente schermate e con meccanismi che permettano la stabilità dei valori termogravimetrici.

In riferimento alle integrazioni, si sconsiglia l'utilizzo di calore, in quanto, nonostante possa venire applicato su porzioni ridotte tramite strumenti di precisione, può comunque rischiare di modificare la morfologia delle opere,

deformandole irreversibilmente. Inoltre l'apporto di calore, in particolare su superfici patinate contenenti inerti, o altri generi di additivi, può causare la migrazione di questi ultimi modificando l'aspetto superficiale della cera. L'utilizzo di adesivi sintetici a freddo, che presentano caratteristiche chimico-fisiche affini a quelle del materiale ceroso, per incollare inserti preformati, ci sembrano un'alternativa più controllabile e in parte anche revisionabile, in quanto possono risultare più facilmente removibili, a differenza delle suture a caldo che proprio per il tipo di interazione fra la porzione integrata e quella originale, risultano difficilmente reversibili.



Figura 6. A sinistra: il frammento originale dopo l'incollaggio con Lascaux 498 20X nella sua sede originale. A destra: *Il Sogno* a restauro ultimato.

NOTE

[1] Eseguita grazie a Davide Bussolari, diagnosta e docente presso l'Accademia di Bologna.

[2] L'altra versione de *Il Sogno* proviene da collezione privata.

[3] Le scansioni sono state effettuate con uno scanner digitale *Artec Eva* e sono state eseguite da Matteo Fabbri (TryeCo 2.0), Architetto e docente presso l'Accademia di Bologna.

[4] Sulla superficie infatti si sono notate delle piccole convessità sferiche frutto del riempimento delle piccole bolle d'aria dello stampo in gelatina.

[5] Tali indagini sono state effettuate tramite FT-IR in ATR con spettroscopio Bruker ALPHA su cristallo di diamante e sono state eseguite da Michele Di Foggia, chimico e docente presso l'Accademia di Belle Arti e il dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie di Bologna.

[6] Rimanendo sempre all'interno del range di sicurezza definito dal Dottore Paolo Cremonesi per le pitture ad olio, in particolare, la soluzione a pH acido, non dovrebbe interagire né con gli esteri della cera, né con gli acidi grassi liberi in essa contenuti. Quelle a pH 7 e 8.5 in quanto non più acide, possono al contrario ionizzare queste ultime sostanze, che nonostante siano composte da lunghe catene idrocarburiche, avendo il gruppo funzionale carbossilico (-COOH), si possono ionizzare e quindi diventare più solubili nel mezzo acquoso.

[7] Gel composto da una miscela 4:1 rispettivamente di una dispersione di PVA (Polivinilalcol) in acqua bi-distillata e una soluzione di sale borace (sono state testate idrogel a diverse percentuali di prodotti: al 4, al 6, all'8 e al 10%). Per un approfondimento a riguardo si rimanda all'articolo di A. del Bianco, M. Di Foggia, A. Giuffredì, "*La rimozione dei depositi superficiali del gesso mediante idrogel viscoelastici di Alcol polivinilico e Borace*" nel presente volume.

[8] Ricavato da una ricerca sul Dry cleaning fatta da M. Daudin-Schotte, M. Bisschoff, I. Joosten *et al.*

[9] Si è testato anche l'Agar agar steso allo stato sol: si è deciso di eseguire tali prove nonostante si sapesse che la temperatura di gelificazione dell'Agar agar fosse troppo alta, allo scopo di verificare le conseguenze che tale metodo poteva causare al materiale ceroso

[10] Avendo utilizzato il prodotto su un materiale idrofobo e non poroso, il potere adesivo del PVA/borace è di molto attenuato, facendolo comunque risultare rispettoso e compatibile con la materia costituente l'opera.

[11] Infatti nell'idrogel utilizzato sulla piccola area di prova, analoga a quelle in cui si sono applicati gli altri mezzi, non si è rilevata presenza di cera al suo interno.

[12] Per facilitare il distacco dei provini di tipo peeling, una parte di superficie di contatto (0,5×5 cm) non è stata incollata. Per mantenere uguali le superfici di incollaggio delle due tipologie di test (10 cm²), i panetti di cera costituenti i provini a trazione si sono tenuti più piccoli (4×2 cm) di quelli a peeling (5×2,5 cm).

[13] I test al dinamometro sono stati eseguiti insieme al Dottore Claudio Bozzi e al Dottore Antonio Sardella.

[14] I valori di carico, o sforzo, e del loro relativo allungamento dipendono anche dalla dimensione del provino. Per questo motivo, per rendere il risultato indipendente dai parametri geometrici dei blocchetti, lo sforzo e l'allungamento vengono normalizzati: *sforzo nominale* ($\sigma=F/A$) e *deformazione nominale* ($\varepsilon=\Delta l/l_0$).

[15] Il modulo elastico delimita la regione caratterizzata da deformazioni reversibili. Si misura mettendo in relazione lo sforzo e la deformazione nel seguente modo: σ/ε (sforzo/allungamento). I valori vengono definiti *relativi* perché i risultati sono in riferimento alle superfici a cui i prodotti sono applicati e non degli stessi in senso assoluto; e *medi* perché si tratta della media dei provini, quattro per ogni tipologia di test.

[16] Si è misurata la pendenza della retta che dall'origine interseca il punto di massimo carico, o il punto di rottura.

[17] Le cause sono da rintracciarsi nella tipologia di prova e nel modo in cui la forza esercitata dal dinamometro è stata applicata. In quelle di tipo peeling, avendo l'asse di trazione decentrato e non essendo incollati nei primi 5 mm di altezza, il carico non poteva essere distribuito omogeneamente.

[18] Lascaux 498 20X: dispersione acquosa di Plextol D498, composto da Butilacrilato/Metilmetacrilato (BA/MMA) addensato con un 20% di Xilene.

BIBLIOGRAFIA

1. Borgioli Leonardo, Cremonesi Paolo, *“Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome”*, Il Prato, Saonara PD, 2005
2. Angellotto D., Kumar F., Speranza L., Vaccari M. G., *“Verso il Perseo: il modello in cera di Benvenuto Cellini al Museo del Bargello”*, in *“OPD Restauro”* n.19, Centro Di, Firenze, 2007, pagine 67-84
3. Dal Forno Federica, *“La ceroplastica anatomica e il suo restauro. Un nuovo uso della TAC, una possibile attribuzione a G. G. Zumbo”*, Nardini Editore, Firenze, 2009
4. Berzioli M., Casoli A., Cremonesi P., Fratelli M., Riggiardi D., Zorzetti I., *“Verifica analitica dell'idoneità delle soluzioni acquose nella pulitura di sculture in cera”*, in *“Quaderni del CESMAR7”* n.7, Il Prato, Saonara PD, 2010
5. Cremonesi Paolo, *“L'ambiente acquoso per la pulitura di opera policrome”*, Il Prato, Saonara PD, 2011
6. Callister W. D., Rethwisch D. G., *“Scienza e Ingegneria dei Materiali”*, Edises, Napoli, 2012
7. Angelova L. V., Berrie B. H., Weiss R. G., *“Partially hydrolyzed Polyvinyl Acetate and Borax gels for cleaning painted surfaces”*, in *“New insights into the cleaning of paintings. Proceedings from Cleaning 2010 International Conference”*, Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, 2013, pagine 201-203
8. Daudin-Schotte M., Bisschoff M., Joosten I., Van Keulen H., Van den Berg K. J., *“Dry cleaning approaches for unvarnished surfaces”*, in *“New insights into the cleaning of paintings. Proceedings from Cleaning 2010 International Conference”*, Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, 2013, pagine 209-219
9. Gabbriellini C., Pradier I., Rossi F., Rossignoli G., Dallatana D., Porro A., Speranza L., Toni R., *“Il restauro dello Spellato del Museo dipartimentale S.Bi.Bi.T. dell'Università di Parma. Biomateriali e tecnologie innovative per la valorizzazione della ceroplastica settecentesca”*, in *“OPD Restauro”* n.25, Centro Di, Firenze, 2013, pagine 37-52
10. Nuzzo P., Speranza L., Mercante M., Tattini F., Kumar F., Cordua M. G., *“‘Ecce puer’ e ‘Bookmaker’ di Medardo Rosso alla Galleria d'Arte Moderna di Verona: Tomografia, tecnica e restauro di due opere in cera e gesso”*, in *“OPD Restauro”* n.26, Centro Di, Firenze, 2014, pagine 53-71
11. Otello Francesca, *“Materiali cerosi nell'arte contemporanea. Storia, indagini tecnico-scientifiche e metodologiche di conservazione”*, tesi di laurea Accademia di Belle Arti Bologna, relatori: Vanghi Lucia, Di Foggia Michele, A.A. 2015/16
12. Barbera Veronica, *“Revisione conservativa del modello ligneo del Monumento funebre di Benedetto XIV di Pietro Bracci”*, tesi di laurea Accademia Belle di Arti Bologna, relatrice: Accorsi Graziella, A.A. 2016/17

IL RESTAURO DI SEI CERE DERMATOLOGICHE DELL'OSPEDALE MAGGIORE DI MILANO. PROBLEMATICHE CONSERVATIVE E SCELTE OPERATIVE

Elisa Bartolini*, Laura Speranza**

*Restauratrice freelance diplomata presso la SAF dell'Opificio delle Pietre Dure, via Sempione 80, 20016, Pero (MI), 3386161395, elisa.bartolini@outlook.com

** Funzionario Storico dell'Arte, Opificio delle Pietre Dure, 50121, Firenze, 0552651314, laura.speranza@beniculturali.it

Abstract

I sei moulages restaurati racchiudono il ventaglio di problematiche riscontrabili sull'intera Collezione di cere a cui appartengono. Dopo un'introduzione riguardante le vicende storiche delle opere e in seguito alla descrizione della tecnica di realizzazione, allo stato di conservazione delle cere e agli obiettivi e metodologia di intervento, verranno espone le fasi più critiche affrontate durante il restauro delle cere: la pulitura, le integrazioni materiche e la scelta di un adesivo idoneo all'incollaggio dei frammenti cerosi fratturati.

Introduzione

Agli inizi del Novecento il Dott. Angelo Fermo Bellini (1872-1949) ha realizzato per l'Istituto Dermosifilopatico dell'Ospedale Maggiore di Milano una collezione di modelli in cera rappresentanti le patologie della pelle, detti *moulages*, utilizzati per la didattica in ambito medico. Il termine *moulage* deriva dal francese e significa calco, è infatti l'impronta in negativo ottenuta da un soggetto malato il punto di partenza per la realizzazione di un modello raffigurante una patologia della pelle.

Queste opere sono accomunate dalla stessa tecnologia di esecuzione, alcune vennero esibite nel 1910 e nel 1911 alle Esposizioni Internazionali di Buenos Aires e di Roma. Tutte le cere sono rimaste esposte nella Clinica fino alla seconda guerra mondiale, quando furono accatastate e trasferite nelle cantine, per essere poi riesposte nell'atrio della stessa negli anni '70, in seguito all'intervento di ripristino eseguito dal dermatologo Ruggero Tagliavini. Nel 2004 una vetrina di *moulages* è stata esposta a Milano alla mostra *Il tesoro della Statale - Collezioni e identità di un grande Ateneo*. Otto modelli sono stati restaurati all'Opificio nel 2011 nell'ambito della didattica. Nell'aprile 2017 un sopralluogo a Milano ci ha consentito di valutare macroscopicamente lo stato di conservazione della intera collezione.



Figura 1. Le cere derematologiche prima e dopo il restauro.

Tecnica di realizzazione

Bellini ha descritto procedure e materiali che ha utilizzato per realizzare le cere in un articolo pubblicato nel 1908 sul *Giornale Italiano delle Malattie veneree e della pelle*. I modelli sono composti da tre sottili strati di cera sovrapposti, con all'interno un riempimento in gesso di spessore variabile. Sui pazienti veniva effettuato un calco in gesso della parte malata e la cera colata a "sciacquo" nel calco ottenuto. La procedura veniva ripetuta più volte versando il composto a temperatura sempre più bassa. Tale impasto ceroso è composto "per i casi ordinari" da una miscela di cera d'api 20%, ceresina 5%, stearina 10% e paraffina 65%. Bellini scrive di averne variato i quantitativi in base al risultato estetico che voleva ottenere: effetti di colore, trasparenza e lucidità, raggiungibili grazie alle specifiche caratteristiche dei vari materiali. La cera è colorata sia allo stato di fusione con colorazioni utilizzate in microscopia e pigmenti [1] che fra gli strati, dove sono interposte delle campiture realizzate con colori ad olio stesi a pennello. Per dare rinforzo ai modelli seguiva la colatura del gesso, entro cui venivano inseriti dei fili metallici rivestiti di cotone, utili successivamente per fissare i *moulages* a tavolette lignee modanate e dipinte di nero. Sul recto della cera venivano realizzati gli ultimi ritocchi di colore e l'aggiunta di cera applicata a caldo, per meglio simulare la presenza di croste e malattie. Le estremità dei fili metallici inglobati nel gesso fuoriescono a coppie dai lati di ogni modello e si agganciano a delle viti a occhio poste sulle tavolette. Le cere venivano poi circondate con un pannello di tessuto bianco, fissato alla tavoletta in legno con chiodi. Su molti dei supporti è presente un'etichetta cartacea con il nome della patologia rappresentata. L'etichetta è ancorata al legno con delle puntine da disegno.

Stato di conservazione

Le opere sono accomunate da problematiche conservative analoghe, determinate dalle loro vicissitudini storiche che comprendono errate movimentazioni, periodi trascorsi in condizioni climatiche critiche, modifiche e vistosi rimaneggiamenti dovuti agli interventi di ripristino a cui furono sottoposte nel secolo scorso. In generale, sui *moulages* si osservano danneggiamenti strutturali quali fratture del gesso e della cera, in molti casi riparate con materiali simili agli originali e/o con resine di sintesi. Sono visibili lacune della sola cera o di cera e gesso, sollevamenti della cera, fessurazioni, infiltrazione di materiali di deposito e alterazione dei materiali aggiunti durante il ripristino novecentesco, talvolta usati in modo improprio. I vecchi riasssemblaggi dei modelli fratturati impediscono l'allineamento corretto dei frammenti. Le vistose integrazioni in cera colmano le mancanze in maniera approssimativa e imprecisa e sono male o per nulla intonate alla materia originale. Spesso sono ben visibili eccessi di materiale ceroso posticcio, applicato intenzionalmente a caldo per suturare le fratture e colmare le lacune presenti sui *moulages*, eccedenze presenti anche in forma di gocciolature accidentali su parti originali altrimenti ben conservate. Sono visibili anche danneggiamenti dovuti all'azione localizzata del calore, quali schiacciamenti e scalfiture. Il variare continuo di temperatura e umidità ripetuto ciclicamente nel tempo ha causato nei manufatti variazioni dimensionali del gesso, non assecondate dalla cera. In certe zone è quindi venuto a mancare il contatto tra il gesso interno e la cera, rendendole dei punti di rottura preferenziali durante le movimentazioni delle opere. Elevate temperature possono causare deformazioni plastiche e inclusioni di particolato atmosferico nella superficie cerosa, fenomeni riscontrabili sui *moulages* milanesi. Poche delle opere si trovano ad oggi frammentate in macro blocchi cera-gesso senza che sia avvenuto alcun riasssemblaggio.

I tessuti che contornano le cere appaiono iscuriti dalla presenza di deposito superficiale incoerente; alcune pezze presentano macchie di colore scuro e di plausibile natura resinosa. Le etichette cartacee sono ingiallite per via dell'ossidazione, molte presentano piccole macchie brune nell'area sottostante le puntine e lievi abrasioni superficiali. In alcuni casi sul recto sono presenti macchie scure circolari, piccole gore e lievi scalfiture. Alcuni degli angoli appaiono ripiegati e sfaldati. Tutti gli elementi metallici (viti a occhio, ganci uncinati in ferro, puntine e i vecchi chiodi ancorati alle tavolette in legno), ad eccezione dei chiodini di fissaggio dei tessuti, presentano evidenti tracce di ossidazione diffusa. Su alcune delle tavolette mancano delle viti a occhio per l'ancoraggio dei fili metallici dei *moulages* ai supporti lignei e al loro posto sono presenti dei chiodi simili a quelli usati per fissarvi i tessuti. Alcune tavolette presentano tracce di ridipinture opache e piccole mancanze. Abrasioni superficiali, graffi e piccole scalfiture sono riscontrabili su tutti i supporti in legno. In certi casi sul recto sono presenti vecchi chiodi sotto ai quali spesso è visibile un frammento di tessuto, probabile traccia di vecchi ancoraggi della stoffa al supporto.

Indagini diagnostiche [2]

Sono stati caratterizzati i materiali utilizzati nel vecchio restauro e dei materiali non descritti da Bellini nel suo articolo, come la natura dell'inchiostro usato per scrivere sui cartellini cartacei, di tipo ferrogallico [2]. Sono stati prelevati dai modelli frammenti della cera d'integrazione e campioni delle sostanze resinose usate come adesivi nel vecchio restauro, questi ultimi identificati come materiale a base di nitrocellulosa e materiale vinilico. Le fibre dei residui di stoffa trovati impigliati in alcuni elementi metallici presenti sulle tavolette lignee sono

risultate essere di lino, al contrario delle fibre dei tessuti attuali, in cotone. Si può supporre quindi che i tessuti attuali non siano gli originali. Dagli spettri ottenuti con l'analisi FTIR degli impasti cerosi, analizzati in più punti, si riconoscono i picchi caratteristici delle cere naturali (gruppo estereo) che aumentano e diminuiscono d'intensità a seconda del punto del campione analizzato. Possiamo supporre che la cera usata per le integrazioni del vecchio restauro comprenda sia cere naturali che sintetiche. Non è possibile escludere che sia stata utilizzata anche la cera originale, ricavata da frammenti rotti e rifiuti.

Obiettivi e metodologia di intervento

I sei *moulages* restaurati presentano tutte le problematiche riscontrabili sull'intera Collezione. L'intervento ha interessato tutti i materiali costituenti le opere. L'analogia fra materiali costituenti e tecnica di realizzazione che caratterizza le opere ha reso possibile programmare un restauro basato su un approccio metodologico unitario, estendibile anche agli altri elementi della Collezione, pur nel rispetto delle specifiche necessità conservative di ogni modello. Il restauro, volto a ridurre le problematiche riscontrate, ha mirato al recupero dell'integrità sia fisica che estetica delle opere e a restituire una buona leggibilità ai manufatti con un intervento rispettoso della materia originale, ritrattabile e meno invasivo possibile.

Lo smontaggio dei *moulages* dai propri supporti in legno è stato previsto solo sulle opere che presentavano fratture nell'anima in gesso, essendo questa una fase delicata e invasiva. Dopo la pulitura è avvenuta la rimozione dei vecchi incollaggi che impedivano il corretto allineamento fra i frammenti in cui sono rotti molti dei modelli e la sostituzione delle vecchie integrazioni ostacolanti la leggibilità delle opere. Si sono realizzate nuove integrazioni visibili a distanza ravvicinata rispetto agli originali e ritrattabili. Sono state realizzate a tarsia laddove le lacune erano di sola cera; dove le mancanze comprendono anche il gesso sottostante è stata valutata la possibilità, in assenza di riferimenti fotografici, di chiudere le lacune con integrazioni plastiche, facilmente rimovibili e senza modificare l'originale. Per la ricollocazione dei sottili frammenti in cera originali staccati si è rivelato fondamentale impiegare un adesivo idrosolubile, tenendo conto della natura del materiale ceroso e del substrato in gesso. A tal fine è stata effettuata una ricerca per identificare l'adesivo più idoneo.

Pulitura

L'asportazione di componenti idrocarburiche e grasse dalle cere avviene durante la fase di pulitura anche se si interviene a livello chimico con un procedimento adeguato al comportamento chimico dei materiali cerosi. Questa rimozione avviene a livello fisico per via dell'azione meccanica che si esercita sui manufatti cerosi invecchiati, sulle cui superfici disgregate è presente del materiale solo in parte coeso [3]. Si è quindi cercato di effettuare dei test di pulitura che prevedessero la minore azione meccanica possibile dando al contempo dei risultati apprezzabili.

Prove di pulitura e risultati

I test sono stati effettuati con una soluzione tradizionalmente utilizzata per la pulitura delle cere, cioè Tween® 20 al 2% in H₂O; una miscela con Mucina[4] allo 0,1% in H₂O (che non necessita di alcun risciacquo) e una soluzione tampone a pH6, conducibilità 4,5 mS/cm [5], realizzate sia per mezzo di tamponi di cotone idrofilo che addensando le soluzioni con Tylose® MH 300 P (della CTS S.r.l.).

Le prove sono state eseguite realizzando dei tasselli di ca 1 cm² su una porzione dei modelli con caratteristiche morfologiche simili (rugosità, levigatezza etc.). Nel caso dei test a tampone, con una minima pressione si sono effettuati dieci passaggi rotatori. L'applicazione dei gel ha avuto un tempo di contatto pari a 5 minuti. Rimozione dei gel e lavaggi sono avvenuti a tampone con acqua deionizzata.

Ad un esame autoptico, sono risultate più efficaci le soluzioni addensate, ottenendo i migliori risultati con la mucina e con la soluzione tampone. Fra i test a tampone sono stati ottenuti i migliori risultati con la miscela acqua e mucina, a seguire la soluzione addizionata con Tween® 20 e la soluzione tampone.

Metodologia adottata per la pulitura delle cere

In seguito all'asportazione del particellato incoerente con pennelli a setole morbide e microaspiratore, la pulitura è stata effettuata impiegando la miscela composta da acqua deionizzata e mucina allo 0,1% applicata a tampone senza necessità di risciacquo. Questo metodo di applicazione della soluzione è stato necessario laddove la cera si presentava più sottile e fragile e ha dato buoni risultati quando lo spessore e il livello di coesione dello sporco di deposito erano di media entità. In seguito, laddove necessario e possibile, il sistema acqua-mucina è stato applicato sotto forma addensata e risciacquato successivamente con acqua deionizzata.

Rimozione delle integrazioni posticce e riassetto

La rimozione delle vecchie integrazioni in cera è avvenuta meccanicamente a bisturi, con l'ausilio di un visore ottico (5x) e del microscopio ottico. Il diverso grado di durezza del materiale da rimuovere rispetto alla cera di cui sono composte le opere e il mancato imparentamento fra le due materie (dovuto probabilmente alla

caratteristica bassa conducibilità termica delle cere) ha fatto sì che incalzando in alcuni punti la cera posticcia, le integrazioni saltassero via dall'opera, scoprendo la superficie originale senza intaccarla. Il gesso posticcio è stato il più possibile rimosso con l'ablatore a ultrasuoni piezoelettrico e la rimozione dei vecchi incollaggi è avvenuta dal retro, per impacchi con acetone. Dopo aver ristabilito l'allineamento fra i macro frammenti le opere sono state riassemblate incollando il gesso con la resina PVA K60 in alcool etilico applicata a freddo.

Integrazioni materiche

Le integrazioni del gesso mancante sono state effettuate con Polyfilla interior®. Ove fosse necessario colmare vuoti strutturali, è stata precedentemente fissata con dei punti di UHU Plus 5 minuti® una rete in fibra di vetro.

Mancanze di sola cera

Le integrazioni del rivestimento in cera assumono un ruolo estetico e una funzione protettiva–impedendo il deposito del particolato atmosferico sul gesso e la sua infiltrazione tra cera e gesso. Le mancanze sono state integrate con un impasto ceroso a livello con l'originale, cromaticamente intonato al colore degli incarnati dei *moulages*. [6] Per le mancanze e per la sostituzione delle vecchie integrazioni della cera, sull'esempio di lavori pregressi dell'Opificio, ne sono state realizzate di nuove a tarsia con un impasto differente dall'originale, colando della cera per ricavare delle lastre su cui è stata ricalcata la forma della lacuna da integrare. Una volta sagomata la tarsia, è stata applicata tiepida. L'impasto ceroso per le tarsie è stato selezionato in seguito a delle prove preliminari, su dei prototipi in cera e gesso lacunosi [7] ottenuti con un impasto ceroso simile all'originale. Sono state testate varie miscele: paraffina e cera microcristallina Cosmoloid H80; paraffina e ceresina [8] e Syncrowax HRC- Syncrowax BB4 [9]. A seconda delle proporzioni delle miscele risultano proprietà tecnologiche (quali durezza e doti termoplastiche) differenti.

Impasto ceroso d'integrazione [Tf = temperatura di fusione]		% in miscela	Consistenza
A	Paraffina (Tf 50-62°C) - Cosmoloid H80(Tf 83-94°C)	60%-40%	meno plastico di B, D, E
B	Paraffina (Tf 50-62°C) - Cosmoloid H80(Tf 83-94°C)	80%-20%	plastico
C	Paraffina (Tf 50-62°C) - Syncrowax BB4(Tf 62-70°C)	60%-40%	friabile
D	Paraffina(Tf 50-62°C) - ceresina(Tf 61-78°C)	60%-40%	plastico
E	Paraffina (Tf 50-62°C) - ceresina (Tf 61-78°C)	80%-20%	plastico
F	Syncrowax HRC(Tf 57-62°C)-Syncrowax BB4(Tf 62-70°C)	60%-40%	troppo friabile, impossibile creare la tarsia
G	Syncrowax HRC (Tf 57-62°C)-Microcristallina(Tf 83-94°C)	60%-40%	molto friabile

Per la scelta dell'impasto sono state prese in considerazione la facilità di inserimento e di modellazione delle tarsie. È stata provata anche la loro rimozione meccanica a bisturi, che ha permesso di verificare la mancata fusione di cera "originale" e d'integrazione. Le miscele B ed E hanno dato i risultati migliori ma si è optato per la prima sulla base di protocolli consolidati nel settore Materiali ceramici e Plastici dell'Opificio per il restauro della ceroplastica.

Mancanze di cera e gesso



Figure 2 Tre cere prima delle integrazioni plastiche

Tre dei modelli oggetto di intervento (fig.2) presentavano lacune di forte impatto sia nella cera che nel gesso sottostante. Per ristabilire una buona leggibilità delle opere, in assenza di riferimenti fotografici, abbiamo deciso di analizzarle singolarmente per capire se fosse possibile integrare per analogie.

- Per il volto era impossibile ricostruire la parte mancante della porzione di naso affetta dalla malattia, era operabile solo un raccordo con le parti limitrofe, invece era possibile la restituzione volumetrica della regione orale.

- Nel piede la lacuna era anche di tipo strutturale, questa era stata ripristinata con la rimozione del materiale applicato col vecchio intervento di restauro, rimosso perché il gesso posticcio si sovrapponeva alla cera originale e causava un evidente disallineamento fra le parti costitutive.

In questo caso è stato trovato un riferimento nell'altra cera accoppiata sulla stessa tavoletta (fig.1), la quale rappresenta lo stesso soggetto reso nella medesima posa. Allora è stata realizzata la controforma del modello integro per inserirvi successivamente i due macro frammenti in cui si trovava scomposto l'altro piede, questo è

stato utile per individuare un posizionamento più rispondente al vero rispetto a quello proposto con le vecchie integrazioni.

Sia il piede che il volto necessitavano di integrazioni capaci di svolgere anche un'azione di sostegno per l'opera. In questi due casi sono stati realizzati dei prototipi costituiti da tre tipologie di elementi realizzati con dei fogli in cera [10], ossia: **1.** una lastra che va a chiudere la lacuna dal retro, la cui area è più grande della mancanza e segue la forma del retro del modello; **2.** lastre di raccordo fra il piano d'appoggio dei modelli e la lastra di occlusione della lacuna, dritte nel caso del piede, sagomate per il volto; **3.** spessori che riducono il dislivello tra la lastra di occlusione e il modellato originale in cera. Gli elementi sono stati saldati tra loro col termocauterio. Sono stati realizzati i calchi dei prototipi in cera con il silicone liquido [11], essi hanno reso possibile replicare i prototipi in resina [12], che è stata colata all'interno degli stampi in silicone. A indurimento avvenuto i prototipi in resina sono stati perfezionati sovrapponendo Polyfilla interior® e successivamente cera [13], in modo tale da creare un raccordo d'integrazione con l'originale. Per perfezionare i margini di collegamento tra prototipi e cera d'integrazione è stato interposto un foglio di Melinex®, così da non intaccare i margini originali.

• Per il dito indice è stato sperimentato l'uso della tecnologia 3D [14], vedendo nel dito medio e anulare della stessa mano un valido riferimento morfologico.

Questa scelta è nata ipotizzando che l'acquisizione virtuale dei volumi dei modelli di riferimento e la loro combinazione-sintesi digitale possa avvenire con un inferiore livello di interpretazione soggettiva rispetto alla modellazione manuale "dal vivo", fattore che diventa molto importante in assenza di riferimenti fotografici dai quali poter copiare la parte perduta. È avvenuto quindi il rilievo digitale tridimensionale delle dita di riferimento e della parte lacunosa con scanner a luce strutturata, la creazione virtuale del prototipo e la sua stampa 3D in resina stereolitografica. È stata realizzata una matrice siliconica [15] del prototipo entro cui è stata colata "a sciacquo" della cera pigmentata, permettendo di ottenere una copia. A raffreddamento avvenuto, il dito in cera (ca 0,15 cm di spessore) è stato riempito internamente con un'anima di rinforzo in stucco Polyfilla Interior®, utile anche per il fissaggio del dito di integrazione all'opera.

Le integrazioni plastiche sono state vincolate ai modelli originali e alle tavolette con dei magneti al neodimio di piccole dimensioni e modesta forza di attrazione, fermati con dei punti di resina epossidica [16], per consentirne la rimozione in breve tempo e con estrema facilità.

Il ritocco pittorico di tutte le integrazioni in cera è stato realizzato con i colori a vernice Gamblin Conservation Colors con la tecnica del puntinato.

Adesione dei frammenti cerosi fratturati.

Impostazione metodologica

Alcuni dei *moulages* presentavano il problema del distacco di vari sottili frammenti di cera combacianti fra loro, ciò ha reso necessario pensarne il riassetto tramite un adesivo.

La cera è un materiale idrofobo, ha bassa polarità e presenta una superficie liscia, per cui tra due superfici cerosa può avvenire un'adesione per mezzo di sostanze intermedie (gli adesivi) di natura prevalentemente chimica, senza la formazione di forti legami meccanici all'interfaccia fra i pezzi fratturati e l'adesivo, una volta trascorso il tempo di presa. Nel nostro caso, per ricongiungere i frammenti con giunzioni testa-testa, sono sufficienti moderate forze adesive. L'acqua è il solvente che meno interagisce con la cera, oltre che l'unico che possa essere impiegato: ricordiamo che nell'impasto ceroso dei *moulages* è presente circa il 10% di stearina, sostanza solubile in alcool.[17] I criteri tenuti in considerazione per la selezione degli adesivi sono stati: idrosolubilità dopo l'invecchiamento; stabilità chimica e fisica; adeguato potere adesivo (l'adesione dovrà cedere prima che le tensioni si vadano a ripercuotere sul materiale originale creando nuove fratture); elasticità sufficiente per poter supportare le forze che verosimilmente si eserciteranno su di esso (la condizione ideale sarebbe che avesse proprietà meccaniche il più possibile simili a quelle della materia cerosa); buona viscosità; facile applicabilità (stesura) e tempo di fissaggio breve, preferibilmente nell'ordine di decine di secondi. Quest'ultimo parametro è meno importante in questo specifico caso perché i frammenti non necessitano di un sostegno manuale durante il fissaggio, per via della presenza dello strato di sostegno in gesso posto internamente alle opere. In altri contesti dello stesso ambito [18], un adesivo con elevata velocità di asciugatura agevolerebbe molto il lavoro del restauratore, perciò ne abbiamo tenuto conto pur consapevoli che l'acqua non è un solvente fra i più rapidi a evaporare. È stato quindi esaminato lo stato dell'arte in materia e valutati i prodotti studiati in occasione di tesi di laurea, progetti di ricerca e pubblicazioni scientifiche [19], sono stati presi in esame i prodotti commerciali comunemente impiegati nel campo del restauro. Non abbiamo incluso nella sperimentazione i polimeri di sintesi commercializzati sotto forma di emulsioni per evitare l'eventuale diffusione nel materiale ceroso dei co-formulati presenti nell'emulsione (gli additivi non dichiarati dai produttori). In seguito ad una prima selezione sono state fatte delle valutazioni empiriche che hanno consentito di selezionare gli adesivi da sottoporre a prove

meccaniche di taglio, per verificare la resistenza degli incollaggi dei sistemi cera-adesivo-cera e determinarne i valori delle costanti elastiche.[20]

Prima selezione degli adesivi, valutazioni empiriche e prime prove di incollaggio

Inizialmente sono stati presi in considerazione: colla di storione [21]; gomma arabica; alcool polivinilico; Aquazol 500; Colla d'amido; Jun Funori.

Per quanto riguarda gli eteri di cellulosa, il lavoro svolto dalla Restauratrice Alba Vitale [22], in cui ha indagato limiti e potenzialità di questa classe di materiali, è stato determinante nell'inclusione nelle prove della miscela Klucel® G al 5% in H₂O + Plextol® B 500 (1:1) da lei selezionata per incollare i frammenti di cera.

Colla d'amido e Jun Funori sono stati scartati in partenza per l'effetto adesivo nullo del primo materiale e molto scarso del secondo nei confronti del substrato ceroso.

Colla di storione e gomma arabica sono state testate sia tal quali che con l'aggiunta di plastificanti, al fine di ridurre la rigidità. Per la colla di storione sono stati utilizzati glicerolo e sorbitolo in rapporto 1:1 [23], i quali possono ottimizzare le proprietà meccaniche dei film proteici.

- Soluzione di colla di storione al 30% in acqua
- Soluzione di colla di storione (additivata di plastificante) al 30% in acqua
- Soluzione di gomma arabica al 50% in acqua
- Soluzione di pva 6% in acqua [24],
- Soluzione di Aquazol® 500 al 40% in H₂O
- Soluzione di Klucel® G al 5% in H₂O + dispersione in acqua Plextol® B 500 (1:1 v/v)

Sono stati preparati dei listelli in cera, di dimensioni pari a 7x0,7x0,1 cm, poi rotti in due parti a circa metà della loro lunghezza totale e incollati con gli adesivi [25]. Fra gli adesivi testati la gomma arabica è stato l'unico a consentire di ottenere l'unione dei frammenti entro il tempo di fissaggio di un minute [26]. Un risultato analogo si è conseguito anche con Aquazol® 500 al 40% in acqua ma dopo un tempo di fissaggio doppio (120") rispetto a quello necessario alla gomma arabica.

La brevità del tempo di fissaggio ottenuta col polisaccaride ci ha spinti a provare a rendere la gomma arabica un adesivo più idoneo all'incollaggio della cera aumentandone il pH e riducendone la rigidità con l'aggiunta di un plastificante, un adesivo sufficientemente elastico può in parte assecondare le variazioni dimensionali del gesso e quindi i movimenti della cera. Soluzioni di gomma arabica a pH6 sono state ottenute utilizzando l'idrossido di calcio. Per ridurre la rigidità, generalmente vengono utilizzati glicerolo, sorbitolo, miele. Abbiamo voluto provare a miscelare alla gomma arabica l'Aquazol® 50 [27], con l'intento di verificare se in questo caso potesse funzionare da plastificante.

Sono state quindi preparate delle miscele a differenti concentrazioni, ognuna composta da gomma arabica a pH6 e un plastificante fra Aquazol® 50, glicerolo, sorbitolo e glicerolo e sorbitolo insieme. Con esse sono stati incollati altri listelli in cera analoghi ai precedenti (7x0,7x0,1 cm).

Scelta degli adesivi da sottoporre alle prove di taglio

Sono state effettuate altre prove empiriche sottoponendo dei campioni a una prova di trazione con un dinamometro digitale non di alta precisione, per avere un'idea seppur approssimativa della resistenza allo sforzo applicato. Il test è avvenuto dopo una settimana rispetto al momento degli incollaggi, a temperatura ambiente di 26°C, utilizzando listelli in cera analoghi ai precedenti, tre per ogni tipo di adesivo, per un totale di 15 adesivi:

1. Alcool polivinilico al 6% in H₂O ; **2.** Klucel G al 5% in H₂O + Plextol B500 (1:1); **3.** Aquazol 500 al 40% in H₂O; **4.** Storione 30% in H₂O; **5.** Storione 30% in H₂O + Sorbitolo 10% e glicerolo 10%; **6.** Gomma arabica al 50% in H₂O; **7.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 10%glicerolo ; **8.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 20%glicerolo; **9.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 10% sorbitolo; **10.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 20% sorbitolo; **11.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 10%glicerolo e 10% sorbitolo; **12.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 10% Aquazol 50; **13.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 15% Aquazol 50; **14.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 20% Aquazol 50; **15.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 30% Aquazol 50.

Tutti gli adesivi hanno dimostrato di avere un adeguato livello di viscosità, ad eccezione delle miscele 14 e 15, troppo viscosi e inapplicabili sulla cera, quindi sono state escluse. La migliore bagnabilità del substrato ceroso è stata ottenuta con le miscele Klucel G 5% in H₂O + Plextol B500 (1:1); Aquazol 500 al 40% in H₂O; Gomma arabica + 10% Aquazol 50 e Gomma arabica + 15% Aquazol 50. La resistenza a trazione della colla di storione è risultata essere maggiore nei provini plastificati, così come per la gomma arabica. Per la scelta delle miscele gomma arabica-plastificante da sottoporre alle successive prove di taglio si è tenuto conto anche del tempo di incollaggio, risultato inferiore quando il plastificante in miscela era inferiore al 20% del totale. Fra i polimeri di sintesi testati in queste concentrazioni l'Aquazol®500 sembra essere il più resistente a trazione, seguito dalla miscela Klucel G 5% in H₂O + Plextol B500 (1:1) e infine dall'alcool polivinilico al 6% in H₂O.

È stato così selezionato un totale di sette adesivi da sottoporre alle prove di taglio: **1.** Alcool polivinilico al 6% in H₂O; **2.** Klucel G al 5% in H₂O + Plextol B500 (1:1); **3.** Aquazol 500 al 40% in H₂O; **4.** Colla di storione al 30%

in H₂O + Sorbitolo 10% e glicerolo 10%; **5.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 10%glicerolo; **6.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 10% sorbitolo; **7.** Gomma arabica al 50% in H₂O + 10% Aquazol 50;

Prove meccaniche

Per conoscere il modulo di elasticità e il carico di rottura dell'impasto ceroso dei *moulages*, alcuni provini di sola cera sono stati sottoposti a delle prove di taglio, utili per la definizione del modulo di elasticità tangenziale. La caratterizzazione della cera è avvenuta sottoponendo alle prove dei cubi (di 2cm³), appositamente realizzati. Per poter effettuare una valida media fra i risultati ottenuti, le misure sono state effettuate su 13 campioni.

Prove analoghe sono state effettuate su dei provini riproducenti dei sistemi cera-adesivo-cera al fine di valutare la resistenza degli incollaggi e determinarne le costanti elastiche. Per il test di resistenza degli incollaggi sono stati realizzati dei campioni di forma cubica accoppiando fra loro dei prismi in cera. Ogni prisma misura 2x2x1 cm, incollati due a due con gli adesivi da testare formano un giunto sovrapposto e costituiscono un solido di 2cm³ ca [28]. Gli adesivi sono stati applicati a pennello. Il legame è realizzato tra due parti rigide e la direzione della forza applicata sarà perpendicolare al legame stesso. Sono stati preparati 70 provini, 10 per ogni tipo di adesivo selezionato, in modo da poter effettuare una media fra i risultati ottenuti con il test. Le prove sono state effettuate dopo più di due settimane dall'incollaggio, in seguito alla permanenza dei provini per qualche giorno in una camera climatica a T 20°C e UR 65%, rimaste costanti. Questo ha permesso di far stabilizzare i campioni incollati, che sono stati pesati prima e dopo la permanenza in camera climatica per verificare se ci fossero state variazioni di peso imputabili alla igroscopicità degli adesivi. Le variazioni riscontrate rientrano negli errori sperimentali.

In entrambi i casi è stato utilizzato un banco prova di carico che ha permesso di applicare sui provini una forza graduale registrando sia la forza applicata che la deformazione subita dal campione. Le prove sono state effettuate a T costante di 25°C. Al banco prova è stato fissato un sistema in resina che ha permesso di alloggiare il campione in maniera tale che la coppia di tensioni tangenziali di verso opposto potesse esercitare il suo effetto nella parte centrale del provino. Nel caso dei campioni incollati la forza applicata è distribuita su tutta l'area di incollaggio e l'entità della sollecitazione (che tende a far scorrere le due parti incollate l'una sull'altra) viene registrata fino alla rottura dell'incollaggio, di conseguenza è possibile calcolare la corrispondente resistenza a taglio.

Risultati delle prove

Dalle prove di taglio a cui sono stati sottoposti i 13 cubi di sola cera è emerso che il carico di rottura del materiale è in media di circa 350000 N/m².

Viene riportato in tabella il valore medio della forza alla quale i provini sottoposti alle prove di taglio hanno ceduto; i valori di tenuta sono ordinati a partire dal più resistente al meno resistente.

Adesivi	Valore max a rottura (media) Pa	Note
GA + 10% sorbitolo	22410 N/m ²	
Aquazol® 500 al 40% in H₂O	6340 N/m ²	
GA + 10% glicerolo	6199 N/m ²	1 campione ha ceduto subito
PVA 6% in H₂O	3570 N/m ²	1 campione ha ceduto subito
Klucel G 5% in H₂O + Plextol B500 (1:1)	2050 N/m ²	5 campioni hanno ceduto subito
GA + 10% Aquazol® 50	1800 N/m ²	2 campioni hanno ceduto subito
Storione 30% in H₂O + Sorbitolo 10% e glicerolo 10%	1730 N/m ²	1 campione ha ceduto subito

Tutti i campioni incollati hanno dimostrato avere una resistenza al taglio nettamente inferiore rispetto a quella della cera sola, i valori più alti sono stati riscontrati nei campioni incollati con la soluzione di gomma arabica plastificata con sorbitolo al 10%. La resistenza al taglio per gli altri provini incollati con gomma arabica plastificata, ovvero gomma arabica con glicerolo e gomma arabica con Aquazol® 50 ha dato risultati peggiori: circa il 70% di tenuta in meno (rispetto a gomma arabica-sorbitolo) il primo e circa il 92% in meno il secondo.

La colla di storione plastificata è risultata essere l'adesivo meno performante. Tra i polimeri di sintesi, i campioni incollati con Aquazol® 500 hanno dimostrato la maggiore resistenza al taglio, seguiti dall'Alcool polivinilico e dalla miscela Klucel® G e Plextol® B500. Durante le prove alcuni campioni hanno ceduto subito dopo l'inserimento nella macchina. Va considerato che ci sono molte variabili che influenzano la forza di resistenza di un incollaggio. La resistenza di un giunto non dipende solo dal materiale utilizzato, bensì da molteplici fattori: la quantità di adesivo utilizzato, lo spessore del giunto, la possibilità di sovrapporre o meno il materiale da congiungere, la modalità di applicazione oltre ai fattori ambientali. In seguito alla rottura dei campioni abbiamo potuto osservare che nessun adesivo sembra essere penetrato nel substrato ceroso.

Considerazioni e scelta dell'adesivo più idoneo per il restauro dei moulages.

Per poter valutare meglio le prestazioni degli adesivi testati per l'incollaggio della cera sarebbe necessario, oltre a caratterizzare gli adesivi a base di gomma arabica e ad effettuarne misure colorimetriche, testare la resistenza degli incollaggi dopo cicli di invecchiamento artificiale, comprensivi di irraggiamento UV e repentini stress

termo igrometrici. I dati acquisiti dalle prove di taglio evidenziano che le migliori prestazioni, in termini di resistenza a rottura, sono state ottenute dai campioni incollati con la soluzione di gomma arabica plastificata con 10% di sorbitolo, risultati notevolmente migliori rispetto a quelli degli altri adesivi. Prima di poter pensare di proporre questa soluzione come adesivo è necessario studiarne alterazioni e degrado, effettuare un invecchiamento artificiale per avere un'idea, seppur approssimativa, dei cambiamenti del comportamento del materiale col passare del tempo, individuando le variazioni delle proprietà chimico-fisiche e meccaniche dell'adesivo in opera, quindi verificarne la stabilità e la possibile migrazione del plastificante all'interno della cera. Per il nostro caso di studio abbiamo ritenuto opportuno scegliere come adesivo l'Aquazol® 500 diluito al 40% in acqua deionizzata, questo per via della sua discreta forza adesiva (comunque maggiore rispetto a quella del PVA e della miscela Klucel® G con Plectol® B500), buona applicabilità, tempo di fissaggio relativamente breve, buon grado di flessibilità e la scarsa appetibilità da parte dei microrganismi, inferiore rispetto alle emulsioni di PVA[29]. La sensibilità dell'Aquazol® ad elevati tassi di umidità [30] non rappresenta un limite nel nostro caso, dal momento che nell'ambiente in cui sono conservati i moulages non risulta essere particolarmente umido. Inoltre il polimero sembra invecchiare depolimerizzando e non reticolando, aspetto favorevole alla sua risolubilizzazione in caso di necessità. [31]

NOTE

[1] Impiegò acido osmico e Sudan III, quest'ultimo poi sostituito coi pigmenti carminio e vermiglione per via della sua instabilità cromatica. L'intensità del colore giallo dipende dal quantitativo di cera d'api e di cerasina mentre trasparenza e opacità sono dati da paraffina e stearina.

[2] Indagini sulle fibre condotte dalla Dott.ssa Isetta Tosini, Direttore coordinatore del Laboratorio di Biologia dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze. I prelievi di cera e delle sostanze resinose sono state analizzate con spettrofotometria FT-IR e con indagini al SEM dalla Dott.ssa Monica Galeotti e dal Dott. Simone Porcinai presso il Laboratorio scientifico 2 dell'Opificio delle Pietre Dure. Da fotografie digitali IRFC è stato riconosciuto l'utilizzo di inchiostro ferrogallico sulle etichette cartacee.

[3] Berzioli M., Casoli A., Cremonesi P., Freatelli M., Riggiardi D., Zorzetti I., *Verifica analitica dell'idoneità delle soluzioni acquose nella pulitura di sculture in cera*; Cesamar7, Il Prato, Padova, 2010, pp. 41-42.

[4] A volte la mucina viene addizionata alla soluzione di citrato della Saliva artificiale per potenziare il potere tensioattivo. Anche la Saliva artificiale usata come tensioattivo non necessita di risciacquo ma abbiamo escluso a priori il suo utilizzo: il citrato presente nella saliva artificiale, essendo un chelante, potrebbe avere un forte effetto su tutti i materiali disaggregabili per azione chelante, ovvero complessare cationi metallici, come i saponi metallici che si formano per reazione tra gli acidi grassi di oli invecchiati, e certi cationi, presenti come pigmenti, possono essere rimossi dalle superfici. Per il suo impiego sarebbe quindi necessario effettuare dei test e soprattutto valutare la concentrazione del chelante. Per non correre rischi, per la pulitura delle superfici cerosi dei *moulages*, che sappiamo essere state dipinte anche in superficie con colori ad olio, abbiamo voluto testare la sola mucina miscelata in acqua.

[5] Proposta e testata dal Gruppo di Ricerca CESMAR7 (si rimanda alla nota 3).

[6] Pigmenti: giallo di Napoli; terra di Siena; terra d'ombra naturale e bruciata, terra verde, rosso indiano.

[7] Piccole calotte realizzate con uno stampo in silicone entro cui è stata colata "a sciacquo" la cera e successivamente del gesso alabastrino. Dopo la completa asciugatura del gesso i prototipi sono stati estratti dallo stampo e con il bisturi è stata rimossa da ognuno una parte della cera, creando una lacuna circoscritta.

[8] La cerasina è una cera naturale di origine minerale ricavata dalla raffinazione dell'Ozocherite, costituita da una miscela di idrocarburi paraffinici. In ambito odontotecnico viene normalmente addizionata alle cere di paraffina per elevarne l'intervallo di fusione e migliorarne la lavorabilità (De Benedetto, Galli; 2018).

[9] Cere sintetiche, si rimanda alle schede tecniche. Ringraziamo il fornitore Croda Italiana S.p. A. che ha reso possibile il test fornendoci dei campioni del materiale.

[10] Cera di modellazione in fogli ad uso odontotecnico, consistenza invernale ed estiva, Virab®.

[11] Silical 120 (CTS S.r.l.) è una gomma siliconica liquida, catalizzatore Silical 125, rapporto in peso al 5%.

[12] Stonerock®, commercializzata da R.S. di Ciabatti Roberto e C. S.A.S.. Prodotto bicomponente a base di polimeri acrilici in dispersione acquosa. Questo materiale non presenta ritiro durante l'asciugatura ed ha un basso peso specifico. Con l'invecchiamento può ingiallire, nel nostro caso l'ingiallimento non rappresenta un problema in quanto i prototipi in resina non sono visibili, perché coperti con Polyfilla interior® e cera. Con questa resina è stata realizzata anche la controforma del modello integro del piede.

[13] Miscela analoga a quella usata per le integrazioni a tarsia. Applicata a caldo col termocauterio.

[14] Grazie alla disponibilità del restauratore Mattia Mercante e della strumentazione del Settore Materiali Ceramici e Plastici dell'Opificio. Si è utilizzata tecnologia Ametek® Creaform®: scanner a luce strutturata Go!Scan50® con precisione fino a 0,1 mm e risoluzione di 0,5 mm. I file dei modelli ricostruiti in 3D sono stati stampati mediante stampate FormLabs® Form2® con resina stereolitografica FormLabs®.

[15] Elite Double 22, Zhermack®. Consente una rapida duplicazione.

[16] Parallelepipedi magnetici: 5x1,5x1 mm; forza di attrazione= 0,140 Kg ca.. Dischi magnetici: 1,5 mm diametro, 1 mm altezza; forza di attrazione= 0,03 Kg ca.. Incollati con Resina epossidica UHU Plus®.

[17] Per verificare l'interazione dell'alcool etilico con la miscela di cere è stata effettuata una prova di solubilità, immergendo in una capsula di Petri riempita di alcool etilico due pezzetti di cera per composizione simile a quella delle opere, appositamente preparata. La capsula è stata chiusa, dopo 48 ore la cera è stata tolta dal contenitore e si è cominciato a far evaporare l'alcool: l'alcool ha estratto alcuni componenti dalla miscela di cere che a seguito dell'evaporazione hanno cominciato a cristallizzarsi, rendendosi visibili a occhio nudo come deposito biancastro. Si è resa evidente l'interazione dell'alcool etilico con la miscela cerosa.

[18] Si pensi ad esempio al caso delle cere botaniche (L.Speranza in OPD, 2015): piante in cera dove è possibile imbattersi in sottilissimi petali ridotti in frammenti o a dover riassemblare le parti di una foglia di cera.

[19] A.Vitale, 2016; I. Praider, 2011; J. Lang, 2011; Nerea del Moral Azanza, 2016; V. J. Murrell, 1971.

[20] Si ringrazia per la disponibilità e per l'effettuazione delle prove meccaniche il Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali dell'Università degli Studi di Firenze, rappresentato dal Professore associato Dott. Marco Fioravanti e dall'Ingegnere tecnico Lorenzo Procino.

[21] Selezionata fra le colle animali basandoci sugli studi condotti da J.Lang (Lang,2011).

[22] Alba Vitale, Stefania Caramanna, Giuseppe Lazzara, Il restauro del gruppo scultoreo polimaterico "Madonna del Rosario e San Domenico" Studio di adesivi per integrazioni delle lacune su manufatti in ceroplastica. , tesi di diploma dell'Accademia di Belle Arti di Palermo, a.a 2015-2016. Si ringrazia l'autrice per la disponibilità.

[23] M.L. Petruzzellis, "Sabbath Phantoms" (1939): Studio di una tecnica artistica inedita, progetto ed intervento di restauro del dipinto su vetro in trasparenza del pittore surrealista Kurt Seligmann., tesi di diploma dell'Opificio delle Pietre Dure, a.a 2016-2017.

[24] Alcool polivinilico commercializzato dalla CTS S.R.L., il polimero è stato diluito al 6% in H₂O, percentuale entro cui è facilmente solubile a freddo (si rimanda alla scheda tecnica del prodotto).

[25] Per realizzare i provini utilizzati per tutte le prove condotte in questo studio è stata utilizzata una miscela simile per composizione a quella dei *moulages*: 65% paraffina, 20% cera d'api vergine, 10% stearina, 5% ceresina.

[26] Passati i 60 secondi, i provini incollati con la gomma arabica sono stati lasciati a completare l'asciugatura fissandone un'estremità a una superficie di appoggio, tenendo in sospensione il resto del provino. Trascorse 24 ore non avevano subito né curvature né rotture nella zona di incollaggio, mantenendo l'adesione dei frammenti.

[27] (NIIR Board, 2010; A. Turco, 1990) (Horie, 2010; Turco,1990).

È noto che le diverse tipologie di Aquazol sono completamente miscibili tra loro e con altri polimeri polari (o polimeri solubili in solventi polari) comunemente usati nel restauro a cui possono venire aggiunti per variane le caratteristiche.

[28] Prismi ottenuti colando la cera fusa in stampi in silicone appositamente realizzati, per un totale di 280 prismi (2x2x1 cm). Incollandoli due a due sono stati ricavati 140 cubi, 20 per ogni tipo di adesivo da testare. Di questi la metà sono stati sottoposti alle prove di taglio, l'altra parte è stata preparata per essere sottoposta ad eventuale irraggiamento UV e a stress in camera climatica.

[29] Dallo studio condotto dal Gruppo Chimico del CESMAR7 (Apollonia et al., 2008 pag), in cui l'Aquazol® e altri 10 adesivi sono stati sottoposti a un elevato irraggiamento UV, viene sconsigliata l'esposizione del polimero alle radiazioni UV, col suggerimento di utilizzare l'Aquazol solo come adesivo. Il degrado dell'Aquazol risulta comunque inferiore rispetto a quello del Klucel G, sottoposto al medesimo invecchiamento.

[30] Elevata umidità può portare a un ammorbidimento del polimero con conseguente perdita di resistenza meccanica (Tocci, 2009).

[31] (Wolbers, 1994).

BIBLIOGRAFIA

1. Andreoni A., Gabbriellini C., Kumar F., Rossi F., Simoni F., Speranza L., Tattini F.. *"Il restauro della Venerina di Palazzo Poggi di Bologna. Un intervento innovativo per la realizzazione di strutture di sostegno nelle opere in ceroplastica"* in *"OPD Restauro n.23. Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze"*, Centro Di, Firenze 2011, pp. 42-57.
2. Appollonia L.; Pinna D.; Cauzzi D.; Casoli A.; Campani E.; Berzioli M.; Darecchio M. E.; Zeoli A.; Colombo A.; Martini M.; Galli A.; Chiantore O.; Poli T.; Piccirillo A.; Camaiti M.; Piccolo M.; Tisato F.; Borgioli L.; Cremonesi P.; Volpin S., *"Studio per la caratterizzazione chimico-fisica dei consolidanti. Valutazione della variazione delle proprietà chimico-fisiche con l'invecchiamento artificiale di undici adesivi, di origine naturale e sintetica, comunemente utilizzati come consolidanti nel restauro di beni storico-artistici"*, in *"L'attenzione alle superfici pittoriche, materiali e metodi per il consolidamento e*

- metodi scientifici per valutarne l'efficacia*", in "Colore e Conservazione", IV Congresso Internazionale, 21-22 novembre 2008, Milano, Il Prato, Padova, 2009.
3. Arslanoglu J., "Evaluation of the use of Aquazol as an adhesive in painting conservation", in WAAC newsletter, 25, 2003.
 4. Arslanoglu J., "Using Aquazol: A brief summary." Paintings Specialty Group Postprints Washington DC: American Institute for Conservation, 2005, pp. 107-110.
 5. Arslanoglu J., "Aquazol as used in conservation practice", in WAAC Newsletter 25, January, 2004, pp. 10-15.
 6. Barbagli F., Cordua M. G., Corti C., Gabbriellini C., Nepi C., Rossi F., Speranza L. "Le collezioni ceroplastiche del Museo di Storia Naturale di Firenze, vicende storiche, conservazione e restauro delle piante in cera" in "OPD Restauro n.27. Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze", Centro Di, Firenze, 2015, pp. 69-91.
 7. Bartolini E., "Il restauro di sei cere dermatologiche dell'Ospedale Maggiore di Milano, linee guida per l'intervento sulla collezione dei moulages milanesi. La scelta di un adesivo idoneo all'incollaggio dei frammenti cerosi fratturati." Tesi di diploma presso l'Opificio delle Pietre Dure, Firenze, a.a.2017-2018, relatori: Bonaiuti R.; Galimberti P.M.; Porcinai S.; Rossi F.; Speranza L..
 8. Berzioli M., Casoli A., Cremonesi P., Freatelli M., Riggardi D., Zorzetti I., "Verifica analitica dell'idoneità delle soluzioni acquose nella pulitura di sculture in cera"; Cesamar7, Il Prato, Padova, 2010.
 9. Borgioli L., Cremonesi P., "Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome", Il Prato, Padova, 2005.
 10. Borgioli L., "Aquazol, un polimero idrosolubile", in "Bollettino CTS n. 5", gennaio 2006 <https://www.ctseurope.com/site/dettaglio-news.php?id=31>.
 11. Buzzegoli E., Landi L., Minotti D., "Fenomeni di diffusione, in un supporto poroso, di materiali utilizzati per il consolidamento di opere di pittura, in L'attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e metodi per il consolidamento e metodi scientifici per valutarne l'efficacia", Atti del terzo congresso internazionale Colore e Conservazione, Milano 10-11 novembre 2006, Il Prato, Padova, 2008, pp. 81-89.
 12. De Benedetto A., Galli L., "Laboratorio odontotecnico – Volume I", Franco Lucisano editore. Distribuzione esclusiva Zanichelli, Bologna, 2018.
 13. Gabbriellini C., Nesi G. Rossi F., Speranza L., "Il restauro di un manufatto in cera del Museo di Anatomia Patologica di Firenze. Il busto di 'bambino idrocefalico' eseguito da Luigi Calamai nel 1831" in "OPD Restauro n.20. Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze", Centro Di, Firenze 2009, pp. 227-234.
 14. Gabbriellini C., Nesi G., Rossi F., Santi R., Speranza L., "La collezione di cere del Museo di Anatomia Patologica di Firenze. Note sulle vicende storiche, sulla tecnica esecutiva e sui restauri in "OPD Restauro n.21. Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze", Centro Di, Firenze 2010, pp. 51-70.
 15. Gabbriellini C., Pradier I., Rossi F., Rossignoli G., Dallatana D., Porro A., Speranza L., Toni R., "Il restauro dello 'Spellato' del Museo Dipartimentale S. Bi. Bi. T. dell'Università di Parma. Biomateriali e tecnologie innovative per la valorizzazione della ceroplastica settecentesca. Progetto MIUR, legge 6/2000 – ACPR_00312" in "OPD Restauro n.25. Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze", Centro Di, Firenze, 2014, pp. 37-52.
 16. Horie V., "Materials for Conservation - Organic consolidants, adhesives and coatings, Second edition", Butterworth-Heinemann, Oxford, 2010.
 17. Lang J., "Adhesives for Wax Artifacts: Investigation of suitable materials and their adhesion properties via tensile and bending tests", CCI symposium Adhesives and consolidants for conservation: research and applications, Ottawa, 2011.
 18. Lippi D., Speranza L., Galeotti M., Gabbriellini C., Rossi F., "Integrazioni materiche e recupero di cere deformate: esperienze d'intervento sulla collezione dermatologica dell'Università di Firenze" in "OPD Restauro n.26. Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze", Centro Di, Firenze, 2015, pp. 191-201.
 19. Mecklenburg M. F., Marion F., Fuster-Lopez L., Ottolini S., "A Look at the Structural Requirements of Consolidation Adhesives for Easel Paintings." in "Adhesives and Consolidants in Painting Conservation", edited by Barros D'Sa, Angelina, Bone, Lizzie, Gent, Alexandra, and Ciarricoates, Rhiannon., London: Archetype Publications, in association with the ICON Paintings Group, 2002, pp. 7-23.
 20. Murrel V. J., "Some aspects of the conservation of wax models", in "Studies in conservation", Vol.16, 1971 Number 3, 1971.
 21. NIIR Board, "Gums, Adhesives & Sealants Technology (with formulae & their Applications), 2nd Revised Edition", Asia Pacific Business Press Inc, 2010, pp. 508-563.
 22. Nuzzo P., Speranza L., Mercante M., Tattini F., Kumar F., Cordua M. C., "Ecce Puer e Bookmaker di Medardo Rosso alla Galleria d'Arte Moderna di Verona. Tomografia, tecnica e restauro di due opere in

- cera e gesso*” in *“OPD Restauro n.26. Rivista dell’Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze”*, Centro Di, Firenze, 2015, pp. 53-71.
23. Petruzzellis M.L., *“Sabbath Phantoms” (1939): Studio di una tecnica artistica inedita, progetto ed intervento di restauro del dipinto su vetro in trasparenza del pittore surrealista Kurt Seligmann.* Tesi di diploma presso l’Opificio delle Pietre Dure, Firenze, a.a 2016-2017, relatori: Bettini F.; Frosinini C.; Pensabene Buemi L.; Lalli C.G.; Subelyte G..
 24. Pradier I., *“Materiaux de comblement et de bouchage”* in *“A corps ouvert. Etude et restauration d’une cire anatomique fiorentine dela fine du XVIII siècle (Conservatoire d’Anatomie de Montpellier). Recherche sur les matériaux de comblement des objets en cire”*, Institut National du Patrimoine (INP-Paris), Diplôme de Restaurateur, 2011, pp. 90-105.
 25. Rossi Doria M., Colombo A., Minotti D., Mecklenburg M., Cremonesi P., *“Studio delle proprietà meccaniche di consolidanti utilizzati per il restauro di beni policromi mobili”* in *“L’attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e metodi per il consolidamento e metodi scientifici per valutarne l’efficacia.”* Atti del Congresso CESMAR7, Milano 21-22/09/2008, Il Prato, Padova 2008, pp. 39-47.
 26. Tocci L., *“Valutazione dell’Aquazol (PEOX - POLI 2 - ETIL - 2 - OSSAZOLINA) utilizzato come consolidante della tela di supporto dei dipinti.”* in Atti del VII Congresso Nazionale IGIIC “Lo Stato dell’Arte”, Napoli, 2009.
 27. Turco A., *“Nuovissimo ricettario chimico”*, Volume 1, terza edizione, Hoepli, Milano, 1990, pp. 61-62
 28. Vitale A., *“Il restauro del gruppo scultoreo polimaterico “Madonna del Rosario e San Domenico”. Studio di adesivi per integrazioni delle lacune su manufatti in ceroplastica.”*, tesi di diploma presso l’Accademia di Belle Arti di Palermo, a.a 2015-2016, relatori: Caramanna S.; Lazzara G.; Bruno M.; Vitella M.; Civileto R., pp. 86-119.
 29. Wolbers R. C., *Un approccio acquoso alla pulitura dei dipinti*, Quaderno Cesmar7, n.1, ed. Il Prato, Padova, 2004.
 30. Wolbers R. C., *Proprietà a breve termine degli adesivi: effetto dei solventi e dei plastificanti*, in *L’attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e metodi per il consolidamento e metodi scientifici per valutarne l’efficacia*, Atti del terzo congresso internazionale colore e conservazione, Milano 10-11 novembre 2006, Padova, 2008.
 31. Wolbers R. C., McGinn M., Duerbeck D., *Poly (2-ethyl-2-oxazoline): a new conservation consolidant*, in *Painted wood: history and conservation*, Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.

RESTAURO DEI REPERTI LIGNEI POLICROMI DEL CONTROSOFFITTO ROMANO RINVENUTO A ERCOLANO

Elisabetta Canna*, Maria Labriola**, Annunziata Laino***, Stefania Siano****

*Funzionario Restauratore, Parco Archeologico di Ercolano, Via Mare 44, 80056 Ercolano (NA), +393472407497, elisabetta.canna-01@beniculturali.it

** Conservatore Restauratore, Consorzio Pragma, via Roma 188, 90133, Palermo, +393355709818, marella.labriola@gmail.com

*** Conservatore-restauratore, Herculanum Conservation Project, Parco Archeologico di Ercolano, Via Mare 44, 80056 Ercolano (NA), +393206224362 n.laino@herculaneum.org

**** Funzionario Archeologo, Parco Archeologico di Ercolano, Via Mare 44, 80056 Ercolano (NA), +393470091464 stefania.siano@beniculturali.it

Abstract

Tra il 2009 e il 2010, nell'ambito dell'*Herculanum Conservation Project* (HCP), nell'area Est dell'antica spiaggia del sito archeologico di Ercolano, sono stati scoperti 211 reperti lignei, in stato di imbibizione, appartenenti alla copertura e al controsoffitto del cosiddetto Salone dei Marmi della Casa del Rilievo di Telefo e consistenti nelle diverse orditure del tetto e in elementi decorati a rilievo con tracce di policromia e doratura appartenenti al cassettonato. Il presente contributo tratterà la prima campagna di restauro avviata su 75 reperti con tracce di policromia e doratura, selezionati tra quelli di maggiore valore archeologico sulla base anche di una potenziale ricostruzione parziale del controsoffitto, come naturale avanzamento delle campagne di documentazione e dei numerosi studi scientifici, avviati nell'ambito dell'HCP subito dopo il rinvenimento, si veda il contributo "*Studi diagnostici sul controsoffitto ligneo policromo del salone dei marmi della Casa di Telefo (Ercolano)*" presentato anch'esso in occasione del presente convegno.

Partendo dalla storia conservativa e dalla scelta dei reperti sarà presentata la prassi metodologica adottata; l'esecuzione del consolidamento per impregnazione di una miscela a base di lattitolo e trealosio, zuccheri idrogenati e non riducente rispettivamente, in soluzione acquosa gestito a temperatura ambiente, con la successiva difficile fase di asciugatura controllata, fino all'intervento di ricomposizione e presentazione estetica. Si tratta di un intervento condotto e diretto nel biennio 2018-2019 dai restauratori dell'equipe interdisciplinare HCP, attiva sul sito da diversi anni, in stretto coordinamento con i funzionari del partner pubblico, oggi Parco Archeologico di Ercolano, una perfetta simbiosi di collaborazione pluridecennale tra privato e pubblico, che conferma come l'estrema flessibilità di una realtà privata nella fase di studio e sperimentazione accompagna e alleggerisce il partner pubblico nelle scelte più dirette e conclusive. Pertanto questo contributo mira a diffondere il protocollo d'esecuzione, al fine di stimolare un maggior dibattito scientifico sui diversi aspetti di questa metodologia, senz'altro ascrivibile all'ambito della "Green Conservation", già utilizzato in occasione del restauro del mobilio in legno e avorio di Villa dei Papiri (IGIIC-Lo Stato dell'arte 2013) dall'allora Soprintendenza Archeologica responsabile per Ercolano.

Introduzione

Durante i lavori eseguiti nell'ambito dell'*Herculanum Conservation Project* (HCP) [1] nella parte orientale dell'antica spiaggia di Ercolano per il convogliamento delle acque freatiche, fra l'agosto 2009 e il mese di giugno del 2010, è stato riportato in luce un imponente crollo di legni inglobato nei flussi vulcanici dell'eruzione del Vesuvio del 79 d.C. (Camardo D., Notomista M. 2011; Camardo D., Notomista M., 2015). La prosecuzione delle indagini archeologiche ha permesso di attribuire il tetto al cosiddetto Salone dei marmi della Casa del rilievo di Telefo. I numerosi reperti lignei rinvenuti appartengono sia alla struttura portante del tetto che al controsoffitto; sono state recuperate lunghe travi, travetti secondari ma anche diverse cornici e pannelli decorati a rilievo e dipinti che conservano ben evidenti i segni di lavorazione e degli incastri ma anche la policromia originale, e in alcuni casi tracce di foglia d'oro.

La pianificazione e prima conservazione sullo scavo

La pratica operativa di primo intervento su scavo in presenza di falda acquifera per il recupero di 211 reperti lignei in stato umido o imbibiti, avvenuta nel mese di luglio 2009 e nel mese di giugno 2010, ha necessariamente previsto la messa a punto di modalità organizzative efficaci, che tenessero conto dei limiti temporali dell'intervento poiché il legno imbibito, una volta esposto all'aria e alla luce, avrebbe perso velocemente parte dell'acqua d'impregnazione con l'innescarsi di fenomeni di forte contrazione di volume a partire dagli strati più esterni, di sfibramenti, fessurazioni, deformazioni fino al collasso strutturale nei casi di degrado più avanzato.

La loro conservazione pre scavo era stata facilitata dalle condizioni del terreno di giacitura: ambiente non areato e costantemente bagnato con il quale il materiale era entrato “in equilibrio”.

I materiali organici preservavano per lo più le loro caratteristiche e all'atto del recupero più del 70% degli elementi si presentavano sufficientemente solidi, compatti e resistenti alle sollecitazioni, pur presentando danni meccanici, quali rotture e compressioni dato l'evento traumatico del crollo della copertura investita dall'onda piroclastica. L'ampia superficie interessata al recupero, quasi 55 mq, la natura dello strato di rinvenimento, e la quantità dei reperti ritrovati, ha condizionato i tempi di recupero e, trovandoci in un contesto di reperti policromi e con presenza di dorature, questa prima fase è risultata particolarmente delicata e fondamentale per il proseguo conservativo dei reperti. Le prime fasi di pianificazione dell'intervento da parte del team HCP e dei responsabili dell'allora Ufficio Scavi di Ercolano ha previsto che le prime attività svolte dai restauratori si coordinassero con la fase di catalogazione e documentazione fotografica di ogni singolo elemento, messa a punto dagli archeologi (cfr. il contributo “*Studi diagnostici sul controsoffitto ligneo policromo del Salone dei marmi della Casa del rilievo di Telefo (Ercolano)*”, presentato anch'esso in occasione del presente Congresso.); le operazioni di prima pulitura, con la rimozione del fango dalle superfici (Figure 1 e 2), hanno di fatto facilitato la lettura macroscopica dei parametri essenziali quali: forma, colore, dettagli della superficie, segni di lavorazione particolari e modalità esecutiva di assemblaggio dei pezzi, presenza di cromia.



Figure 1 e 2. Uno dei lacunari del controsoffitto (Rep. 40) in fase di scavo, anno 2009, e durante alcuni dei primi interventi di pulitura del successivo biennio a cura dei restauratori di Consorzio Pragma e coordinato dal restauratore HCP Alessandra De Vita.

I criteri di scelta della tipologia di stoccaggio e monitoraggio dei reperti

L'eccezionale ritrovamento di elementi strutturali di grandi dimensioni, elementi decorativi con presenza di policromia e doratura le cui indagini diagnostiche successive confermeranno un legante a uovo impoverito, hanno reso fondamentale l'avvio di una lunga fase di approfondimenti scientifici mirati ad una conoscenza più approfondita al fine di individuare la metodologia specifica per portare i reperti in asciutto. È stata così avviata una lunga campagna di monitoraggio [2] con la verifica ogni quattro mesi delle condizioni termoigrometriche e microbiologiche dei 211 reperti, conservati dapprima in un deposito temporaneo in prossimità dello scavo, dove gli sbalzi di temperatura e umidità erano contenuti, successivamente dal 2011 in un container frigo climatizzato, fornito ed installato nell'ambito dell'HCP, insieme ad un prefabbricato allestito ad uso laboratorio di restauro legni nelle aree messe a disposizione dall'allora Soprintendenza, che garantisce una temperatura costante tra i +4 e i +5 °C (Figure 3 e 4). Con lo spostamento nel container frigo tutti i reperti sono stati sottoposti ad un'accurata campagna fotografica e di rilievo con scanner laser, consentendo la messa a punto di un data base implementabile.



Figure 3 e 4. L'allestimento del container climatizzato e del laboratorio di restauro dei legni presso il Parco Archeologico di Ercolano nell'ambito di una campagna di lavori HCP diretti dall'arch. Carlo Monda.

La prima campagna di restauro

Gli approfondimenti scientifici

Durante il periodo di messa a deposito, i diagnostici hanno inizialmente effettuato studi micromorfologici, fisici, chimici e dendrocronologici finalizzati alla comprensione dello stato di conservazione e all'assunzione di informazioni sui materiali originali, per i risultati dei quali rinviemo al contributo “*Studi diagnostici sul controsoffitto ligneo policromo del salone dei marmi della Casa di Telefo (Ercolano)*” presentato anch'esso in occasione del presente convegno.

Durante la fase diagnostica è stata avanzata una sperimentazione specifica confrontando le più diffuse tecniche di trattamento del legno archeologico imbibito al fine di individuare quella più idonea alla conservazione dei reperti. Si vuole nel presente intervento brevemente riportare i risultati di questa fase che hanno poi indirizzato il successivo restauro. Sono stati testati i seguenti metodi:

- *Impregnazione con zuccheri semplici o idrogenati: lattitolo più trealosio o saccarosio*
- *Impregnazione con Polietilenglicoli (PEG) a vario peso molecolare*
- *Impregnazione con resina melaminica (Kauramin® BASF)*
- *Impregnazione con colofonia*
- *Impregnazione con Acquazol 200 (poli 2-etil-2-ossazolina a P.M. 200.00 Ouma) [3]*

Tali trattamenti sono stati sperimentati su campioni di legno archeologico, recuperati dallo scavo e valutati privi di interesse archeologico, e successivamente su provini appositamente preparati con l'applicazione di policromia, del tutto simile in termini di pigmenti e tecnica a quella originale. L'unica a non essere stata sperimentata è l'impregnazione con PEG ritenuta non idonea al caso, poiché sono note le criticità di questa metodologia di consolidamento, inscurimento e appesantimento del legno, migrazione del consolidante sulla superficie dovuta all'igroscopicità dei bassi pesi molecolari, e la produzione di acidità libera per degradamento dei PEG con idrolisi della componente polisaccaridica residua del legno. Quest'ultimo aspetto, particolarmente importante per la presenza di pellicola pittorica su moltissimi reperti lignei.

Per i restanti trattamenti, la verifica dell'efficacia è stata eseguita sia in termini di stabilizzazione delle dimensioni e forma del legno sia in quelli di compatibilità rispetto ai diversi colori presenti sulla copertura lignea. I più idonei sono risultati i trattamenti con lattitolo più trealosio, quello con Aquazol e quello con Kauramina, che non hanno rilevato alterazioni cromatiche, se non di entità trascurabile, e che forniscono al legno una buona stabilizzazione dimensionale.

La sperimentazione si è poi indirizzata a testare la compatibilità dei trattamenti individuati su frammenti lignei originali con tracce di policromia blu e rossa; l'efficacia è stata misurata in variazioni dimensionali e cromatiche. Grazie a questa seconda fase di indagini e con il bagaglio di informazioni precedenti, il metodo di consolidamento con lattitolo e trealosio appare complessivamente il più efficace nella stabilizzazione dimensionale del legno e nel mantenimento della tonalità del colore.

Il sistema, messo a punto da Andras Morgos e Setsuo Imazu, ha dato ottimi risultati in occasione di interventi sviluppati in Cina e Giappone su oggetti policromi e polimerici umidi (legno-pellicola pittorica/lacche) che i restauratori incaricati dell'intervento avevano già utilizzato nel 2012, in team con CNR Ivalsa, in occasione del restauro del mobilio in legno e avorio in stato imbibito, presso il sito archeologico di Ercolano allora parte della Soprintendenza archeologica(IGIIC-Lo Stato dell'arte 2013).

La selezione dei reperti.

Sulla base dei solidi e molteplici approfondimenti scientifici nel 2017 viene avviata la prima campagna di restauro a cura dell'HCP, che ha riguardato una prima selezione di 75 elementi lignei tra quelli di maggior pregio archeologico, tutti con presenza di policromia e tracce di doratura (Figure 5, 6 e 7). La selezione dei reperti è stata realizzata anche in funzione di una futura esposizione al pubblico da parte del Parco Archeologico di Ercolano, inserendo reperti che nell'insieme possono in parte formare uno spaccato del controsoffitto del salone dei marmi della Casa del Rilievo di Telefo, anche da un punto di vista della tecnica costruttiva.



Figure 5, 6 e 7. Immagini dei reperti n.92, 209 e 206, esempi dei reperti selezionati per questa prima campagna di restauro. Esempi della campagna scanlaser 3D a cura dell'archeologo e data manager HCP Ascanio D'Andrea di Akhet Srl.

L'avvio della fase di lavaggio e desalinizzazione

L'intervento è stato eseguito all'interno del laboratorio temporaneo appositamente allestito per il restauro dei legni presso l'area Uffici dell'HCP, dove sono state allestite 26 vasche d'immersione, di dimensioni appropriate, per 75 reperti lignei.

La scelta della distribuzione dei reperti (alcuni dei quali costituiti da numerosi elementi smontabili) è stata condizionata sia dall'esigenza di preservare il fragile stato di conservazione sia dalla volontà di rendere più veloci gli scambi tra reperto e miscela consolidante. L'utilizzo di distanziatori ha consentito una migliore sistemazione in vasca mentre per proteggere gli elementi in sottosquadro o particolari lavorazioni in rilievo sono stati utilizzati del tessuto non tessuto, delle garze elastiche elastiche ed, in alcuni casi, inserito spessori in polietilene (Figure 8 e 9). Per i reperti di grandi dimensioni, con particolari dettagli costruttivi, sono state realizzate delle buste con reti in lattice per poter sovrapporre più elementi contemporaneamente in vasca, ottimizzando spazi e materiale di consumo. I reperti compositi, non assemblati da vincoli fissi, sono stati smontati temporaneamente, per consentire, durante l'immersione in vasca, un migliore stoccaggio nel rispetto dello stato di conservazione; in questa fase è stato possibile rimuovere ulteriore terra di scavo interposta tra gli elementi.



Figure 8 e 9. Posizionamento in vasca con distanziatori e preparazione dei reperti compositi nell'ambito della campagna di interventi 2018-2019 eseguiti dai restauratori di Consorzio Pragma su incarico dell'Istituto Packard per i Beni Culturali con Direzione Lavori a cura di restauratore HCP Annunziata Laino

I reperti sistemati in vasca sono stati dapprima sottoposti al processo di desalinizzazione, immersi in acqua demineralizzata [4] e sottoposti a lavaggi periodici affinché i parametri della conducibilità, inizialmente molto alti, si stabilizzassero tra i 100-200 microsiemens, condizione favorevole alle successive penetrazioni del

prodotto consolidante. In considerazione delle lunghe tempistiche della fase di desalinizzazione al bagno impregnante è stato aggiunto un biocida, Preventol R80® al 2% per il controllo microbiologico.

Per ogni singola vasca sono state elaborate specifiche schede (Figura 10), dove sono riportati i tempi ed i dati di misurazione di questa fase che ha avuto una durata globale di circa un mese e 25 giorni, da settembre a novembre 2017, pur variando da vasca a vasca in considerazione dello stato di fatto dei reperti.

VASCA N. 1		Rep. n. 40		n. 9 ELEMENTI				
LAVAGGI-DESALINIZZAZIONE								
Data	Cambi soluzione	Acqua corrente lt.	Acqua demineralizzata lt.	Volume totale lt.	Ph.	E.C.	Biocida 2 % - ml.	Note
25/09/2017		15	15	30			600	entrata
10/10/2017					7,9	presenza Sali ammoniacali		uscita
10/10/2017	X		28	28	7	4		entrata
16/10/2017	X		28	28	6,2	398		uscita
29/10/2017	X		28	28	7,7	178		uscita
03/11/2017	X		28	28	6,3	293		uscita
06/11/2017	X		28	28	7,7	179		uscita
15/11/2017					6,7	84		termine lavaggio

Figura 10. Esempio di scheda “Lavaggio” adottata per i reperti posizionati in Vasca n.1, grafico preparato dal restauratore Elisa Pecoraro di Consorzio Pragma/HCP.

Il trattamento consolidante

La prassi metodologica con utilizzo di zuccheri idrogenati (Lattitolo + Trealosio) disciolti in acqua, prevede l'impregnazione dei reperti con una miscela a concentrazioni crescenti e per legni che presentano un degrado contenuto, come nel nostro caso, segue un'essiccazione controllata in camera climatica. La soluzione impregnante lavora a temperatura ambiente (variabile tra 20°C e 26°C), elemento importante vista la presenza di pellicola pittorica e foglia d'oro.

Il trattamento impregnante è stato effettuato immergendo i singoli manufatti in una soluzione di lattitolo e trealosio (9:1 in peso) in acqua demineralizzata a T° ambiente, all'interno delle stesse vasche utilizzate per i lavaggi ma adeguatamente coperte per il controllo dell'evaporazione, fondamentale per garantire il mantenimento del rapporto peso/volume. La soluzione consolidante, partendo da una concentrazione iniziale del 20% in peso è stata nel corso dei mesi progressivamente aumentata di step del 10%, fino al raggiungimento del valore finale del 60%, come previsto dal protocollo elaborato in fase di studio. Solo in fase iniziale, al bagno impregnante è stato aggiunto un biocida, Preventol R80® al 2%.

Il controllo del raggiungimento dell'equilibrio di scambio all'interno delle vasche è stato realizzato mediante misure di densità dei bagni attraverso l'utilizzo di un rifrattometro, misurando la percentuale di zuccheri in acqua e valutando la necessità di implementazione del consolidante; la dotazione di due ampie vasche di stoccaggio vuote ha consentito di rimuovere la miscela dalle vasche contenenti i reperti ed effettuare gli scambi, evitando di movimentare gli stessi dalle loro postazioni. Allo scopo di non inibire e accelerare la velocità di scambio tra miscela consolidante e reperti, la soluzione impregnante è stata rinnovata a cadenza settimanale e a tal fine è risultato utile, dopo le prime settimane, rimuovere il tessuto non tessuto interposto tra legno e garzatura.

Al fine di monitorare correttamente questa delicata fase e registrare il comportamento dei reperti sono state prodotte delle schede per ogni singola vasca, che riportano la tempistica ed i dati di misurazione (Figura 11).

VASCA N. 1		Rep. n. 40		n. 9 ELEMENTI					
CONSOLIDAMENTO									
Data	Cambi soluzione	acqua demineralizzata lt.	Concentrazione % lattitolo- trealosio	volume totale lt.	Letture rifrattometro	Note			
22/11/2017	X		20%	34		pulitura da depositi di terra inizio trattamento			
30/11/2017	X		20%	34	17,5				
06/12/2017	X		20%	34	17				
12/12/2017			20%	34	20	non cambiata la soluzione			
19/12/2017	X		30%	34	20	cambio % la soluzione			
08/01/2018	X		30%	34	27				
17/01/2018			30%	34	30	non cambiata la soluzione			
22/01/2018	X		40%	34	30	cambio % la soluzione			
02/02/2018	X		40%	34	38				
14/02/2018	X		40%	34	38				
27/02/2018	X		50%	34	41	cambio % la soluzione			
21/03/2018	X		50%	34	47	aggiunta soluzione per arrivare a concentrazione			
30/03/2018	X		50%	34	48				
26/04/2018	X		60%	34	51,5				
04/05/2018	X		60%	34	53				
30/05/2018	X		60%	34	55,5				

Figura 11. Esempio di scheda “ Consolidamento “ adottata per i reperti posizionati in Vasca n.1, grafico preparato dal restauratore Elisa Pecoraro di Consorzio Pragma/HCP.

Raggiunta la percentuale di 50-60% di zucchero in acqua è stato necessario mantenere l'ambiente costantemente riscaldato intorno ai 23 ° in maniera da evitare la cristallizzazione degli zuccheri all'interno delle vasche ed in aderenza ai reperti. Il mantenimento della temperatura ambientale tra i 20 e i 26 °C è stato quindi un elemento tecnicamente molto rilevante per la buona riuscita del trattamento ed è risultato importante non fare coincidere la fase finale del consolidamento con i mesi strettamente invernali, in cui sarebbe stato più complesso mantenere stabili i parametri ambientali richiesti.

Raggiunto il range del 60% di concentrazione di zuccheri il trattamento consolidante è stato considerato concluso, ma i bagni impregnanti sono stati prolungati per consentire che lo scambio, necessariamente più lento a queste percentuali, sortisse gli effetti consolidanti in profondità, ma anche per permettere di creare nel container le giuste condizioni climatiche per la futura essiccazione dei reperti.

La durata del trattamento ha subito variazioni in dipendenza dallo stato di conservazione dei reperti e degli spessori di ognuno; lo spessore massimo trattato è stato quello del reperto n.209, elemento di cornice decorata a rilievo (fig.6), con 8,5 cm. In generale il trattamento ha avuto una durata di circa 10 mesi, da novembre 2017 a settembre 2018.

Di particolare rilevanza è l'eco-compatibilità del trattamento, gli zuccheri idrogenati utilizzati vengono sciolti in acqua e nessun solvente è stato utilizzato per questa fase, possono essere quindi recuperati facilmente attraverso un semplice processo di evaporazione dell'acqua; gli zuccheri residui sono stati raccolti e conservati per un futuro riutilizzato.

La fase di asciugatura ed essiccazione

Visto l'alto numero dei reperti, alcuni di dimensioni considerevoli, è stato stabilito insieme alla direzione dei lavori, di effettuare la fase di asciugatura all'interno del laboratorio temporaneo utilizzato per la fase di desalinizzazione e consolidamento, adeguatamente condizionato attraverso l'uso di termoconvettori di calore con termostato incorporato. Il monitoraggio microclimatico dell'ambiente è stato eseguito dai restauratori durante tutto il periodo attraverso la costante lettura di 2 data logger, per il controllo di U.R. e T°.

I manufatti estratti dal bagno consolidante sono stati tamponati con carta inumidita per eliminare l'eccesso di prodotto in superficie e successivamente “impanati” in polvere di lattitolo per evitare la formazione di cristalli tridrati in fase di essiccazione, che avrebbero potuto contribuire alla formazione di fenomeni fessurativi superficiali.

L'essiccazione è avvenuta ad una temperatura di circa 30 °C e un UR inizialmente del 50-55% (essiccazione lenta) e successivamente al 35% (essiccazione rapida) fino a stabilizzazione del peso, verificata mediante pesature a cadenza giornaliera nei primi 10 giorni e dopo ogni 2/3 giorni. Sono stati elaborati per ciascun reperto dei grafici excel in cui è stato riportato l'andamento della variazione in peso al variare dei giorni di essiccazione (Fig.12), quando la curva iniziava ad avere un andamento lineare indicativo di una variazione in termini di peso minore di 1 gr, la fase di essiccazione poteva definirsi conclusa. Durante la fase di essiccazione nell'ambiente climatico così predisposto il peso dei manufatti si è stabilizzato dopo circa 30 giorni, ma è stato variabile in considerazione dello spessore dei singoli manufatti (Figure 13, 14, 15 e 16).



Figura 12. Esempio di grafico “Essicazione” adottata per i reperti posizionati in Vasca n.1, grafico preparato dal restauratore Elisa Pecoraro di Consorzio Pragma/HCP



Figura 13 e 14. Reperto 56, prima e dopo l'intervento di consolidamento ed essicazione



Figura 14 e 16. Reperto 193, prima e dopo l'intervento di consolidamento ed essicazione, immagini cura dell'archeologo e data manager HCP Ascanio D'Andrea.

La fase di pulitura e presentazione estetica

I reperti asciutti, sono stati imballati in singole scatole e trasportati presso il laboratorio di restauro dove è iniziata l'ultima fase dell'intervento di restauro, condotto direttamente da Parco Archeologico di Ercolano con l'assistenza del team HCP.

È stata eseguita una revisione degli elementi con il costante supporto del confronto fotografico pre-intervento, alcuni di essi hanno mostrato leggeri sfibramenti nelle zone di rottura più esterne ed è stato necessario un consolidamento puntuale, eseguito con prodotto Rexil® a base di resina Regalrez 1126®. In un unico caso, post essiccazione si è avuta perdita di coesione della pellicola pittorica fissata mediante applicazione a pennello di alga Funori al 1%- 2% in acqua demineralizzata e alcool (1:1).

I reperti sono stati liberati dai depositi coerenti e mediamente coerenti mediante l'utilizzo di microaspiratori, pennelli e bisturi, mentre per depositi più concrezionati è stato necessario utilizzare emulsioni grasse o gelificate precedute da utilizzo di solventi siliconici secondo necessità.

Terminata la fase di pulitura è stato necessario eseguire alcuni ridotti incollaggi strutturali del legno per mezzo di una resina epossidica ad alta elasticità, avendo cura di isolare le parti interessate con resina acrilica in solvente; per incollaggi di piccoli sollevamenti e fessurazioni è stata utilizzata una colla vinilica a media elasticità. In un singolo caso, reperto n.40, è stato necessario procedere ad un appianamento delle deformazioni per permettere un corretto rimontaggio del manufatto; le due tavole contigue del reperto, di spessore limitato, sono state umidificate e messe sotto peso, fino ad ottenere un riallineamento degli elementi.

Le integrazioni e le stuccature, volutamente assai ridotte nel rispetto della materia e del contesto archeologico, sono state effettuate con stucchi acrilici (DUCO®), opportunamente caricati con terre colorate per la ricostituzione del tessuto cromatico e la riduzione dell'interferenza visiva delle lacune.

In base alla documentazione fotografica ed alle scansioni laser, sono stati riassemblati gli elementi compositi, smontati in fase di consolidamento in vasca, nel rispetto delle tecniche esecutive.

Le ultime fasi di restauro indirizzate ad una corretta equilibratura cromatica d'insieme sono in corso d'opera e la scelta e l'applicazione di un protettivo finale è ancora in fase di discussione.

Conclusioni

Il presente intervento di restauro si annovera tra i primi tre casi di studio esecutivi in Italia del metodo "lattitolo – trealosio"; senz'altro il primo in assoluto in presenza di pellicola pittorica. Il contributo aggiunge preziose informazioni al campo del consolidamento di legno imbibito; il metodo è sicuramente ascrivibile all'ambito della Green Conservation, con possibilità di riuso del materiale consolidante, facilità di smaltimento, rispetto dell'ambiente e della salute degli operatori. Tuttavia il metodo presenta alcune criticità da non sottovalutare e ponderare con attenzione nei singoli casi d'intervento: le lunghe tempistiche in cui risulta fondamentale l'attenzione costante alle condizioni microclimatiche, lo spessore e lo stato di conservazione dei reperti.

La presenza sullo scavo di materiale ligneo, e più specificatamente di legno bagnato, sottopone sempre l'ente pubblico responsabile e i suoi partner a criticità operative e finanziarie particolarmente elevate. Nel nostro caso l'estensione dell'area di giacitura, la presenza di policromia, il numero elevato di reperti, la necessità di operare una scelta di stoccaggio opportuna in attesa del conforto dei risultati diagnostici e dei finanziamenti, hanno rappresentato complessità risolte con una pianificazione ragionata sul caso specifico e grazie alla collaborazione tra oggi il Parco Archeologico di Ercolano (l'allora Soprintendenza archeologica) e il Packard Humanities Institute, la fondazione americana che insieme ad altri partner ha creato questo pluridecennale partenariato pubblico-privato senza precedenti per la conservazione del patrimonio archeologico italiano. Dieci anni sono stati necessari dal momento dello scavo al momento del primo intervento di restauro e la presenza di un gruppo di lavoro collaudato, composto già in partenza da differenti professionalità, si è rivelato sostanziale per affrontare questa tipologia di reperti. L'avvio di molteplici fasi di approfondimento scientifico da parte del partner privato, partendo anche dalla pregressa esperienza svolta dall'ente pubblico durante l'intervento di scavo, recupero e restauro dei legni e dei materiali organici in stato umido nell'area di Villa dei Papiri, hanno senza dubbio rappresentato un'unione virtuosa e vincente, in un perfetto equilibrio di risorse umane, intellettuali ed economiche. La nascita del Parco Archeologico di Ercolano, un istituto autonomo dedicato al patrimonio archeologico di Ercolano, è stata tempestiva aumentando in modo significativo l'operatività del partner pubblico facendosi che nuovi capitoli importanti seguiranno gli avanzamenti raccontati in questo contributo per fare sì che diversi dei reperti oggetto dell'articolo saranno esposti al pubblico nel prossimo futuro [5].

NOTE

[1] L'Herculaneum Conservation Project (HCP) è stato creato nel 2001 dal Packard Humanities Institute, una fondazione filantropica californiana e dall'allora Soprintendenza archeologica competente per il sito di Ercolano (dal 2016 Parco Archeologico di Ercolano), ai quali si è poi aggiunto come terzo partner un prestigioso istituto di ricerca la British School at Rome. Dal 2013 il Packard Humanities Institute ha rafforzato la sua presenza in Europa con la creazione dell'Istituto Packard per i Beni Culturali, che ha sostituito la British School at Rome nell'attuazione dell'HCP.

[2] Secondo la norma UNI 11206, linee guida per il recupero e prima conservazione di legno di interesse archeologico ed archeobotanico, "la presenza di acqua nel legno, in condizione di esposizione ai contaminanti ambientali, costituisce un fattore di alto rischio per l'instaurarsi di colonizzazioni biologiche; particolare attenzione deve essere rivolta alla preservazione del legno".

[3] L'Acquazol è stata testata per le sue caratteristiche di fissaggio della pellicola pittorica, ma non è stata mai testata per la stabilizzazione del legno imbibito.

[4] Prodotta da demineralizzatore mod. Minidem 20 (CTS - conducibilità 4 microsiemens e PH 7 circa.

[5] Si prevede l'inaugurazione nel corso del 2019 di una serie di iniziative espositive dedicate ai reperti lignei di Ercolano curate dal direttore dott. Francesco Sirano e l'archeologa funzionaria Stefania Siano con il supporto degli archeologi HCP Domenico Camardo e Mario Notomista.

BIBLIOGRAFIA

1. Camardo D., Notomista M., Lo scavo e il recupero del tetto in legno dell'ambiente 18 della Casa del Rilievo di Telefo, in *Rivista di Studi Pompeiani*, XXI, 2011, pp. 154-155.
2. Camardo D., Notomista M., The roof and suspended ceiling of the marble room in the House of the Telephus Relief at Herculaneum, in *Journal of Roman Archaeology*, 28, 2015, pp. 39-70.
3. Camardo D., Casieri M.B., D'Andrea A., Heußner K.U., Kastenmeier P., Notomista M., Studio delle tracce di lavorazione, dendroconologia e documentazione sui legni del tetto della Casa del Rilievo di Telefo ad Ercolano, in *RM* 121-2015, pp. 269-310.
4. Imazu S., Morgos A., "An improvement on the lactitol conservation method used for the conservation of archaeological waterlogged wood (The conservation method using a lactitol and trehalose mixture)", in "Proceedings of the 8th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference", Stockholm, 11-15 June 2001.
5. Imazu S., Morgos A., Kitano N., "Conservation of archaeological lacquer-ware using lactitol", in "Proceedings of the 8th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference", Stockholm, 11-15 June 2001.
6. Pedeli C., Pulga S., "Pratiche conservative sullo scavo archeologico - principi e metodi"; MIC, All'insegna del giglio, Firenze, 2002
7. Zhang J.P., Imazu S., Morgos A., "Lactitol Conservation of the 1st c. BC Extremely Degraded Waterlogged Archaeological Wooden Figures and Objects Excavated at the Tomb of one of the Kings of the Ancient Sishui Kingdom in China," in "Proceedings of the 10th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference", Amsterdam, 11-15 September 2007
8. Guidobaldi MP, Zolfo G., Labriola M., Capretti C., Macchioni N., Morgos A., Pecoraro E., Pizzo B.; "Conservation of the waterlogged precious roman composite furniture plated with carved ivory found in Villa dei Papiri, Herculaneum", 13th ICOM-CC Wet Organic Archaeological Materials Conference (WOAM) May 16-2 2016, Florence
9. Pecoraro E., Pizzo B., Salvini A., Macchioni N. "Dynamic Mechanical Analysis (DMA) at room temperature of archaeological wood treated with various consolidants" in *Holzforschung* *in press*
10. Macchioni N., Pizzo B., Capretti C., Pecoraro E., Sozzi L., Lazzeri S.; "New wooden archaeological finds from Herculaneum: state of preservation and hypothesis of consolidation of the material from the House of the Relief of Telephus" in: *Archaeometry*, 2016, volume 58 (6) pp.1024-1037. ISSN 1475-4754
11. Giachi G., "Sperimentazione di prodotti e di metodiche per il Trattamento dei reperti in legno degradato ed Imbibito d'acqua", *Gradus* 2008, pp. 17-24
12. De Carolis E., "I legni carbonizzati di Ercolano: storia delle scoperte e problematiche conservative" in *Archeologia di un territorio*, n. 17 (1998), pp. 43-57
13. Rizzi. G., "Il problema degli antichi elementi lignei di Ercolano" in *Conservation of Historic wooden structures*, Vol 1., 22-27 febbraio 2005, Firenze, pp.50-51
14. Tamburini D., "Lo studio del legno archeologico mediante tecniche cromatografiche e spettrometria di massa: il caso del sito di Ercolano" (Tesi di Laurea), relatori Colombini M.P., Łucejko J.J., Caporusso A.M., Università Di Pisa, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale Corso di Laurea Magistrale in Chimica, a.a.2011-2012.

I SANDALI PONTIFICALI DORATI DI CASTEL SANT'ELIA: LE INDAGINI SCIENTIFICHE PRELIMINARI. RIFLESSIONI SUI MATERIALI COSTITUTIVI E SUI PROCEDIMENTI PER IL RESTAURO

Anna Valeria Jervis*, Marcella Ioele, Giulia Galotta***, Maria Rita Giuliani****, Claudio Falcucci*****, Natalia Macro*******

* Restauratore, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236362, annavaleria.jervis@beniculturali.it

** Chimico, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236312, marcella.ioele@beniculturali.it

*** Biologo, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236615, giulia.galotta@beniculturali.it,

**** Biologo, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236339, mariarita.giuliani@beniculturali.it,

***** Ingegnere, M.I.D.A., via di Ripetta 146, 00186 Roma, 06 68803992, info@midaonline.com

***** Chimico, Università degli Studi dell'Aquila, Dip. Scienze Fisiche e Chimiche, natalia.macro89@gmail.com

Abstract

Dopo aver completato il trattamento conservativo delle altre due paia di sandali pontificali provenienti da Castel Sant'Elia, appartenenti alla collezione di paramenti liturgici medievali del Museo della Spiritualità, è stato affrontato, presso il Laboratorio manufatti in cuoio dell'ISCR, il restauro del terzo paio [1].

I sandali sono stati oggetto, in via preliminare, di un'estesa campagna di indagini scientifiche. Sono state eseguite radiografie, indagini microscopiche in luce trasmessa e polarizzata, in luce bianca riflessa e in luce UV, analisi XRF, SEM-EDS, micro-FTIR, micro-Raman, test microchimici e misura della temperatura di contrazione. Indagini xilotomiche sono state effettuate sui cavicchi lignei che attraversano suola, sottosuola e sottopiede, unendo insieme i tre elementi; sono stati inoltre effettuate indagini microscopiche dei filati delle cuciture. È stato quindi possibile confrontare le informazioni emerse sulla composizione dei materiali costitutivi con la letteratura tecnica e con alcune fonti medievali.

La determinazione dello stato di conservazione delle fibre di collagene, tramite misurazione della temperatura di contrazione, si è rivelata importante ai fini delle scelte operative effettuate per il restauro, così come il riconoscimento dei materiali sovrammessi e dei depositi superficiali da rimuovere.

Il restauro è attualmente in corso. Dopo aver messo in sicurezza le parti sollevate e decoese degli strati decorativi, e dopo aver consolidato gli elementi più fragili della tomaia, è stata effettuata la pulitura della tomaia, con il controllo del microscopio ottico, per mezzo di miscele non polari, dato il precario stato di conservazione del supporto evidenziato in sede diagnostica.

È inoltre in corso la valutazione di prove preliminari volte a valutare il possibile utilizzo del laser, ai fini della rimozione degli strati sovrammessi, sul sottopiede e sul sottosuola.

Introduzione



Figura 1. I sandali dopo la pulitura della tomaia e la parziale correzione delle deformazioni.

Il restauro dell'importante collezione di paramenti liturgici medievali di Castel Sant'Elia, già oggetto di un progetto dell'ISCR conclusosi nel 2017 con la riapertura del Museo della Spiritualità, ha costituito l'occasione per affrontare lo studio e le problematiche conservative delle 3 paia di sandali pontificali medievali, del XII e XIII secolo, appartenenti alla collezione [2]. Così come per gli altri della stessa collezione, la raffinatezza di manifattura e la scelta dei pregiati materiali costitutivi confermano l'appartenenza di queste calzature a prelati di alto rango, in sintonia con la tradizionale classificazione di "sandali pontificali", ovvero destinati ad essere indossati da un vescovo o da un abate durante la celebrazione della messa pontificale.

L'intervento sul terzo paio, tuttora in corso (Fig. 1), ha consentito di soffermarsi sullo studio dei materiali costitutivi, avvalendosi di analisi scientifiche di tipo non invasivo e micro-invasivo, che hanno portato ulteriori elementi di conoscenza utili alla comprensione di questa tipologia di manufatti.

Descrizione del manufatto

I sandali 00174815, già studiati da Joseph Braun alla fine dell'Ottocento e da lui datati al XII secolo, avevano originariamente la medesima forma degli 00174814, nella stessa collezione, detti “con iscrizioni pseudocufiche”, con tomaia rialzata in corrispondenza del tallone e linguette sui lati e sul davanti che servivano a fermare, per mezzo di un laccio oggi scomparso, la calzatura intorno alla caviglia [3]. Tutte le parti della calzatura, tranne la suola di sughero, sono in pelle. La tomaia è interamente e uniformemente dorata al di sopra di uno strato di color cremisi; il medesimo colore, senza doratura, risulta applicato anche su fodera interna, sottopiede, sottosuola e profilo della suola. Soltanto tre chiodini metallici a forma di rosetta sono attualmente superstiti fra quanti erano originariamente disseminati su tutta la superficie. Di quelli mancanti testimoniano il tracciato a losanghe disegnato dai fori, ed i residui dei gambi dei chiodini stessi. Al pari dei sandali 00174814, che erano punteggiati di rivetti d'argento, anche questi dovevano originariamente avere un aspetto simile a quelli dell'Arcangelo Michele, nell'abside della basilica di Castel Sant'Elia, affresco che risale ad un'epoca vicina a quella dei nostri sandali, tra fine XI e XII secolo [4] (Fig 2a).



Figura 2. a) Particolare del piede sinistro dell'arcangelo Michele, affresco dell'XI-XII sec. nella basilica di Sant'Elia.; b) particolare di uno dei chiodini superstiti al dino-lite; c) particolare della radiografia del calzare sinistro.

Materiali costitutivi: studio e identificazione

I chiodini a forma di rosetta. Al fine di acquisire delle informazioni preliminari su questi manufatti, ed in particolare sui materiali costitutivi, sono state condotte alcune indagini non distruttive in situ ed in particolare una campagna di indagini XRF ed un esame radiografico [5] prima del trasporto presso il Laboratorio per il restauro.

Sono stati esaminati i chiodini, che sono risultati costituiti di peltro, ovvero di una lega di stagno e piombo. Il rivestimento in foglia d'oro delle teste a forma di rosetta è dimostrato, oltre che dall'XRF, anche dalle microimmagini al microscopio digitale dino-lite (Fig. 2b).

La radiografia ha evidenziato la forma dei tre chiodini ancora superstiti sulla parte anteriore della calzatura sinistra ed in particolare del gambo, non visibile ad occhio nudo perché situato all'interno del foro (Fig. 2c). Sulle parti rimanenti delle due tomaie sono inoltre leggibili piccoli segmenti radio-opachi analoghi ai gambi dei chiodini superstiti, probabilmente ancora presenti all'interno dei fori o forse dislocati, dopo la perdita della testa, e scivolati tra tomaia e fodera. Assai numerosi sono gli ulteriori residui di altri chiodini, di dimensione variabile fino ad essere puntiformi, la cui quantità è testimonianza del fatto che, originariamente, elementi decorativi metallici ornavano effettivamente ciascuno dei piccoli fori presenti.

Tecnica di concia della pelle. La concia all'allume, già riscontrata per la fodera dei sandali con arabesco (n. inv. 00174813), dà una pelle elastica di colore bianco crema. La negatività al test ferrico [6] ha escluso la concia al vegetale da tutti i campioni di pelle prelevati. Il solo colore bianco, tuttavia, non basta ad accertare la concia all'allume, poiché diverse tecniche di lavorazione della pelle danno luogo ad un materiale di colore chiaro. Da un micro-campione prelevato dalla tomaia, caratterizzato dalla presenza del colore rosso e della doratura, è stata quindi effettuata una sezione lucida poi analizzata al microscopio ottico e al SEM-EDS [7]; a seguito di quest'indagine la pelle bianca dei sandali è risultata effettivamente conciata all'allume. Nella parte intermedia della sezione, ovvero in una parte della pelle distante dalla superficie, gli elementi chimici alluminio (seppure in quantitativi minori che sul fiore della pelle, colorato di rosso), zolfo, cloro e sodio, caratteristici della concia all'allume in cui si impiegava solfato di alluminio e

cloruro di sodio [8], si trovano distribuiti sulla superficie dei fasci di fibre di collagene. Peculiare risulta inoltre la distribuzione di tali elementi, talmente omogenea da rendere leggibile la forma e l'intreccio delle fibre di collagene a cui essi sono legati. (Fig. 3).

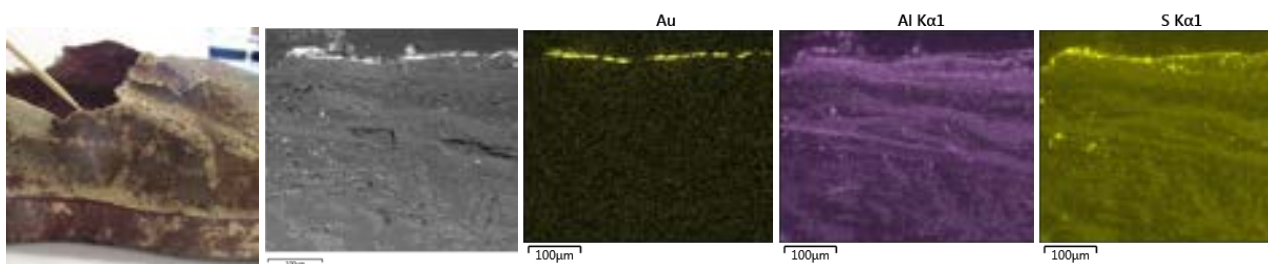


Figura 3. Pelle della tomaia tinta di rosso e ricoperta di lamina d'oro. Punto di prelievo, sezione stratigrafica al SEM (elettroni retro-diffusi) e mappe ai raggi-X per oro, alluminio e zolfo.

Il colorante rosso. Tutte le porzioni di pelle di cui è costituita la calzatura: tomaia, fodera, sottopiede, profilo della suola, sottosuola, sono tinte di rosso in superficie con un colorante organico. Appare priva di tintura, all'interno dei sandali, la porzione della fodera corrispondente alla punta. Questo induce a ipotizzare un utilizzo oculato della materia colorante, risparmiata laddove la sua mancanza non risulti in alcun modo visibile dall'esterno. La tintura, che come vedremo è stata estratta dalla cocciniglia, richiedeva la raccolta di un grande numero di esemplari per ottenere, attraverso la manifattura, quantitativi modesti di colorante: cosa che ne spiega il pregio e, verosimilmente, il costo elevato [9].

Sullo stesso microprelievo utilizzato per il riconoscimento del conciante, l'analisi al SEM della parte superficiale, ovvero dello strato rosso al di sopra della pelle, ha consentito di escludere che il colore sia stato ottenuto con pigmenti minerali. Inoltre, trattandosi della stessa area della tomaia in cui, in profondità, è stato identificato il conciante, ed essendo l'alluminio rilevato in quantità maggiore rispetto allo spessore del derma, ne possiamo evincere che la sua presenza sulla superficie sia dovuta, oltre alla concia, anche al suo impiego come mordente per la tintura. Come già evidenziato da Kirby, Spring e Higgitt [10], le indagini scientifiche volte ad identificare un colorante organico rosso individuano in genere la presenza di vari elementi, a cominciare dall'allume, che veniva utilizzato per far precipitare la lacca: la reazione tra l'allume e la sostanza alcalina usata a tale scopo (generalmente cenere, calce o urina invecchiata) forma infatti un composto che precipita insieme con il colorante. Spesso le analisi individuano anche zolfo, silicio, magnesio, calcio, fosforo o altri elementi, la cui presenza può essere ricondotta al modo in cui il pigmento veniva fabbricato. In particolare il fosforo può caratterizzare, secondo le autrici, la presenza di kermes o cocciniglia, trattandosi di un elemento importante nel processo vitale degli insetti da cui vengono estratti questi coloranti. Pertanto, nel caso delle nostre calzature, il fosforo evidenziato dalle indagini elementari al SEM effettuate sulla pelle tinta di rosso è stato interpretato come riconducibile ad una tintura a base di kermes o cocciniglia.

Un'indagine micro Raman effettuata successivamente ha infatti evidenziato la presenza di acido carminico, consentendo quindi di individuare la cocciniglia [11]. La letteratura ci dice che in età medievale, in Europa, la cocciniglia aveva due possibili origini: poteva trattarsi di cocciniglia polacca, il cui uso era più diffuso nell'Europa centrale, o di cocciniglia armena, piuttosto utilizzata nel bacino del Mediterraneo. La questione potrebbe essere approfondita in futuro, aggiungendo informazioni utili per la conoscenza storica di questi manufatti [12].

La foglia d'oro. Una sezione stratigrafica realizzata a partire da un micro prelievo della pelle dorata, osservata sia in luce bianca riflessa che UV, ha evidenziato che al di sotto della lamina è visibile una porzione trasparente dalla fluorescenza UV azzurro-verde, riconducibile all'adesivo proteico usato per incollare la lamina d'oro; tale evidenza è stata confermata da analisi FTIR [13].

L'analisi al SEM, eseguita sia sul campione tal quale che sul campione in sezione lucida, ha confermato che la lamina metallica è costituita da oro ad elevato grado di purezza, vista la sola presenza di rame, come ulteriore elemento, in percentuali bassissime. Come per le altre due paia, ci troviamo quindi in presenza di materiali pregiati che attestano la destinazione di queste calzature ad un personaggio di alto rango [14].

Gli strati decorativi di questi sandali hanno un preciso riscontro nel Manoscritto di Lucca, dove vengono date istruzioni per dorare una pelle rossa [15]. L'interpretazione di tale passaggio è controversa, poiché non è chiaro se per "pelle rossa" si intenda una pelle conciata al vegetale (la quale può assumere, a seguito della concia, un colore rossiccio) oppure, come nel nostro caso, una pelle preventivamente colorata di rosso. Il colore è qui verosimilmente inteso a conferire una base cromaticamente calda e satura alla foglia d'oro, al pari di quanto avviene per la doratura a guazzo

su bolo armeno. L'adesivo indicato nel Manoscritto, da applicare con una spugna, è albume, e questo troverebbe conferma nella fluorescenza azzurrina della sezione descritta precedentemente. Quando l'albume è asciutto, prosegue la fonte testuale, si pone la foglia, su cui si preme la spugna inumidita, per poi strofinarla, dopo l'asciugatura, con una pelle pulita. La descrizione corrisponde verosimilmente alla doratura di superfici unite, quali la tomaia delle nostre calzature.

I filati. L'esame microscopico ha consentito di identificare le tipologie di filato usate per le cuciture e le specie vegetali da cui sono state estratte le fibre costitutive [16]. La cucitura tra fodera e tomaia, in alcuni punti ancora intatta in corrispondenza del margine superiore, è costituita da un filato a due capi con torsione S, composto da fibre di canapa (*Cannabis sativa* L.), mentre la cucitura che unisce la pelle che riveste il profilo della suola e il sottosuola è costituita da un filato in lino (*Linum usitatissimum* L.), anch'esso formato da due capi uniti con torsione S.

Sui sandali della collezione con decorazioni ad arabesco (n. inv. 00174813) erano stati riscontrati, per le cuciture strutturali delle diverse parti, solo filati in canapa, sulla cui originalità però, specialmente in merito all'unione tra il sottosuola, con ogni probabilità posteriore, ed il resto della calzatura, avevamo avanzato dei dubbi [17]. Nel caso dei sandali 815, invece, possiamo affermare che il sottosuola sia originale anche in virtù della presenza dei cavicchi, di cui parleremo oltre; tuttavia la cucitura che lo unisce al profilo della suola, peraltro come abbiamo visto eseguita con filato costituito da una fibra diversa, potrebbe essere posteriore.

Mentre nel caso del margine superiore della tomaia, ove questo non sia lacunoso, la cucitura a sopraggitto che unisce tomaia e fodera è comprensibile anche ad occhio nudo (Fig. 4a), il tipo di cucitura utilizzato per il lato della tomaia, dove vengono uniti ben quattro margini, ovvero le due estremità della fodera e quelle della tomaia, non è visibile (fig. 4b). Questa tipologia di cucitura viene definita "punto sellaio": in essa i due fili che la costituiscono uniscono i lembi delle pelli incrociandosi in corrispondenza dei fori.

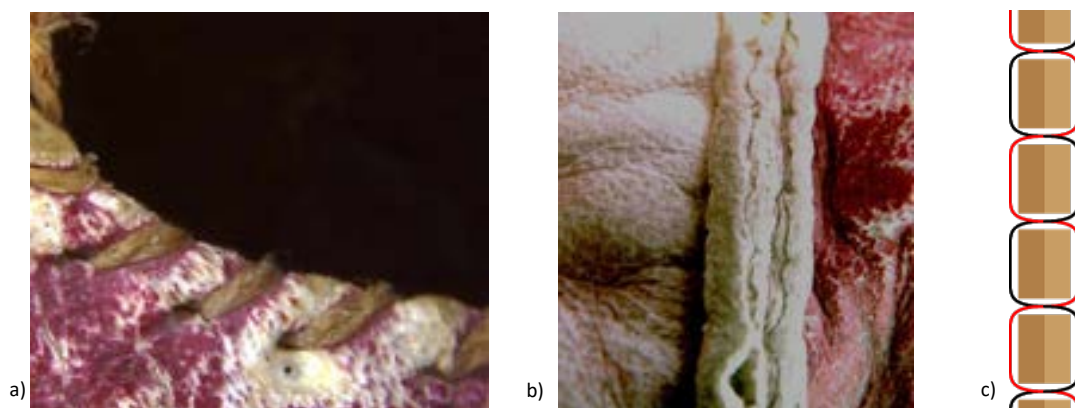


Figura 4. a), Particolare della cucitura a sopraggitto del bordo superiore della tomaia; b); particolare dell'unione dei quattro lembi di tomaia e fodera, cuciti insieme a punto sellaio; c), schema della cucitura a punto sellaio (<https://www.appuntidiselleria.com/2009/03/perche-cucire-mano.html>).

La suola. Come per le altre due paia, e come confermano anche le indagini RX, ciascuna suola è costituita da un unico pezzo di sughero, dello spessore di 2,2 cm ca.; il materiale è riconoscibile in quanto visibile in corrispondenza delle lacune della pelle che lo riveste.

I cavicchi lignei. Significativa appare l'unione dei tre elementi di appoggio del piede (sottopiede, suola e sottosuola), mediante cavicchi lignei passanti i quali, posizionati (tre per ogni calzatura) lungo la linea mediana longitudinale della suola, attraversano tutti gli strati. Le estremità di questi cavicchi sono visibili sia all'interno, che al di sotto delle calzature (Fig. 5a). Le indagini xilotomiche effettuate su di essi hanno consentito di stabilire che sono stati realizzati utilizzando porzioni di fusto di una specie botanica appartenente al gruppo delle monocotiledoni. Sono osservabili, infatti, peculiari strutture di forma approssimativamente circolare che corrispondono ai fasci vascolari sezionati trasversalmente [18] (Fig. 5b e c). Non è stato possibile, sulla base degli elementi morfologici osservabili, pervenire ad una sicura determinazione tassonomica botanica; tuttavia la valutazione di alcuni dettagli micro-anatomici, riscontrati su tutti i cavicchi esplorabili, porterebbe ad escludere specie quali la canna comune e i bambù, mentre rende verosimile l'ipotesi che siano stati ricavati da una pianta appartenente alla famiglia delle palme. Escludendo le specie esotiche coltivate, solo due specie sono native dell'area mediterranea, una delle quali è la palma nana (*Chamaerops*

humilis L., famiglia *Arecaceae*), presente allo stato spontaneo anche in alcune regioni dell'Italia meridionale (Sicilia, Sardegna Calabria e Campania). Pur effettuata solo in modo dubitativo, questa identificazione rafforza l'ipotesi di una fabbricazione siciliana delle calzature, dato il probabile impiego, da parte dell'artigiano, di materiali reperibili localmente e quindi, in questo caso, di legno di palma, compatto ma facilmente lavorabile nella direzione delle fibre, adatto alla realizzazione di elementi resistenti trasversalmente ad esse.

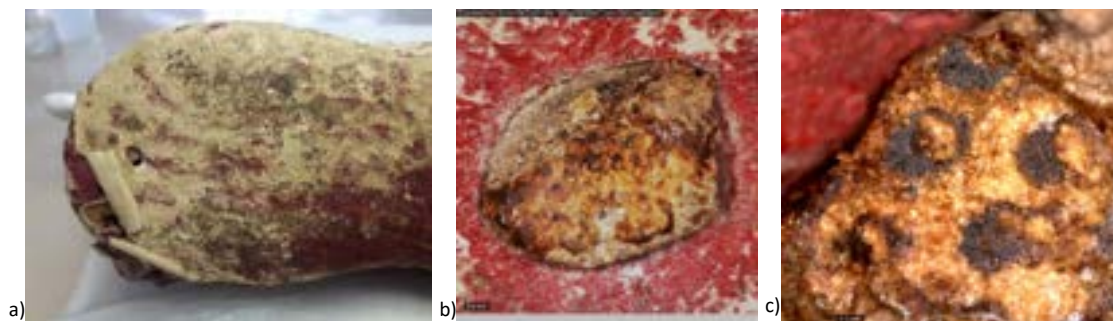


Figura 5. a) Particolare della suola su cui è visibile l'estremità di uno dei cavichii; b) cavichio in cui sono visibili i fasci vascolari in sezione; c) particolare al dino-lite della sezione dei fasci vascolari.

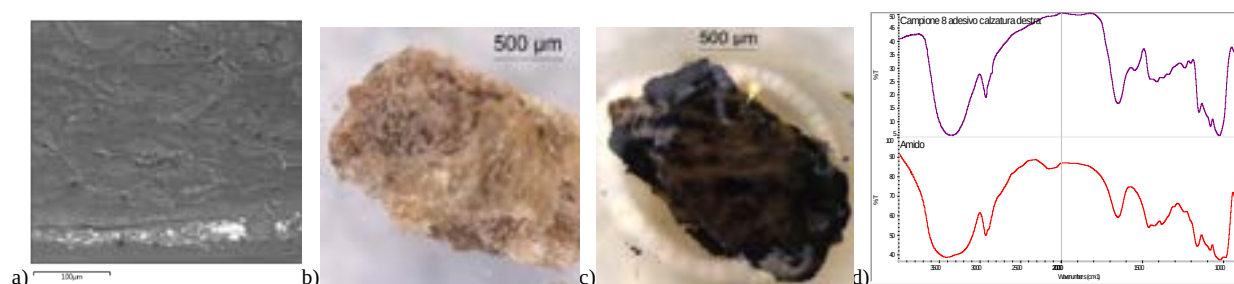


Figura 6. a) Immagine al SEM della sezione stratigrafica della pelle allumata della tomaia nella porzione inferiore; b) e c), frammento tal quale visto dal retro prima e dopo il test positivo per la presenza dell'amido; d) spettro FTIR a confronto con riferimento dell'amido.

Altri materiali costitutivi. Sulla superficie interna della pelle della tomaia, dal lato carne, e sulla superficie ad essa adiacente della fodera, le analisi al SEM mettono in evidenza uno strato dallo spessore di 20-30 micron in cui sono presenti calcio associato a zolfo, silicio associato ad alluminio e moderato ferro. L'analisi FTIR, associata al test dell'amido [19] (Fig. 6), ha rilevato che nello strato tra tomaia e fodera sono presenti amido, proteina, gesso e allumino-silicati; tali evidenze suggeriscono che le due pelli allumate siano state incollate l'una all'altra per mezzo di un adesivo a base di colla di farina, mescolata a gesso e altro materiale allumino-silicatico, probabilmente pomice.

Successione delle operazioni nella fabbricazione

L'osservazione diretta fornisce informazioni in merito al procedimento seguito per la fabbricazione; ne elenchiamo brevemente le principali fasi:

1. Tutte le pelli sono state tinte prima di essere cucite.
2. La pelle della tomaia già tinta di rosso, viene dorata. In sintonia con le fonti tecniche medievali, l'adesione della foglia d'oro viene effettuata per mezzo di un adesivo proteico, probabilmente chiara d'uovo.
3. Le pelli di tomaia e fodera sono incollate insieme con colla d'amido o più probabilmente di farina.
4. Tomaia e fodera, costituite ciascuna da un unico telo, sono modellate su una forma e cucite chiudendole "ad anello", unendole per mezzo un'unica cucitura verticale a punto sellaio che raccoglie tutti e quattro i margini delle pelli.
5. Tomaia e fodera vengono tagliate della forma opportuna e cucite insieme a sopraggitto lungo il profilo superiore, creando le linguette e gli occhielli destinati al passaggio della fettuccia o della stringa destinata a stringere la calzatura intorno alla caviglia.
6. La tomaia viene cucita alla pelle che riveste il profilo della suola e al sottosuola per mezzo di un'unica cucitura.

7. Viene posizionata la suola di sughero e il profilo della suola viene cucito al sottosuola. A luce radente risulta ben visibile lo spessore della pelle eccedente del profilo della suola, ripiegata sotto la suola e coperta con il sottosuola.

Stato di conservazione

Da una prima valutazione del degrado sono risultate evidenti le estese lacune (in parte probabilmente dovute, come per le altre due paia, all'asportazione avvenuta in passato di frammenti cui veniva attribuito il significato di reliquie, e/o ad erosione da parte di roditori) e i sollevamenti che hanno interessato, insieme, il fiore della pelle della tomaia e gli strati decorativi sovrammessi. Le microimmagini hanno evidenziato, al di sotto dei consistenti depositi presenti su tutta la superficie, la frammentarietà (seppure visibile anche ad occhio nudo) della foglia d'oro, peraltro ancora presente su tutta la tomaia in proporzione cospicua.

Caratterizzazione del cuoio: Determinazione dello stato di degrado mediante misura della temperatura di contrazione. La temperatura di contrazione (Tc) [20], è stata misurata per ottenere un'indicazione attendibile sullo stato di conservazione della pelle: per cuoi degradati esso diminuisce quanto più il degrado è avanzato. Questo valore dipende anche dal tipo di concia; ricordiamo a questo proposito che il trattamento all'allume non conferisce alla pelle, a differenza della concia al vegetale, una Tc più elevata di quella della pelle non conciata. Non è stato facile eseguire il prelievo perché le fibre sono fragili, corte, incollate le une alle altre e già parzialmente gelatinizzate, forse proprio a causa dell'uso delle calzature. I campioni, di dimensioni ridottissime, sono stati prelevati da porzioni esterne del manufatto, sicuramente più esposte all'usura.

Le fibre del microprelievo sono state fotografate al microscopio in luce trasmessa prima e dopo averle bagnate, per monitorare l'eventuale presenza di attività contrattile anche a temperatura ambiente; solo successivamente il campione è stato inserito nel dispositivo per effettuare la misura [21]. In questo modo è stato possibile riscontrare che, a contatto con l'acqua, le fibre di tutti i campioni si addensano contraendosi immediatamente, con residua attività contrattile a temperatura di poco superiore a quella ambiente. Questi valori hanno dato indicazioni fondamentali per l'individuazione delle metodologie d'intervento, dimostrando la necessità di escludere trattamenti che prevedessero il contatto di acqua con il tessuto fibroso della pelle, al fine di evitare la contrazione e gelatinizzazione delle fibre di collagene, e di orientarsi verso materiali e procedimenti diversi.

Riconoscimento degli strati sovrammessi. L'analisi FTIR ha permesso di identificare, nello strato che offuscava la foglia d'oro della tomaia, gesso, ossalati e silicati all'interno di una matrice contenente grasso e cera, sicuramente riferibile a uno o più strati manutentivi applicati in passato.

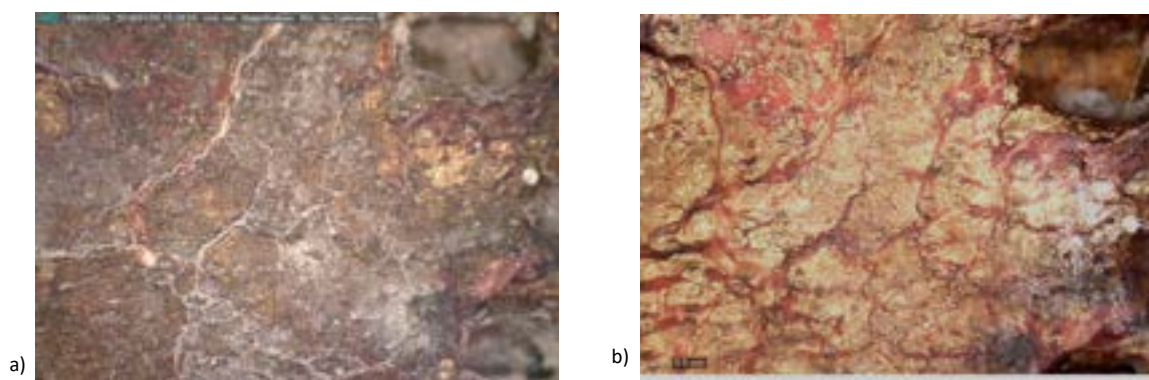


Figura 7. a) Particolare al dino-lite della tomaia dorata, a) prima della pulitura; b) lo stesso particolare dopo la pulitura.

Intervento di restauro

Consolidamento. Vista la necessità di un consolidamento che precedesse la pulitura, dopo una prima valutazione dell'impiego di un butilmetacrilato [22] in etere di petrolio, si è poi optato per un etilen-vinil-actato in soluzione [23] che ha consentito di riadagiare e far aderire le scaglie costituite dal fiore della pelle e dagli strati decorativi. La scelta del BEVA è stata motivata dalla volontà di impiegare lo stesso materiale successivamente usato per il rinforzo e la messa in sicurezza delle parti della tomaia a rischio perché adiacenti a lacerazioni e lacune: questa operazione è stata effettuata con tnt in poliestere e Beva film sottile [24].

Pulitura. La pulitura è attualmente in corso. Dopo una prima asportazione dei depositi incoerenti mediante microaspiratore ad ago, si è proceduto, sulla tomaia, alla pulitura a secco delle parti abrase e consunte con la pelle in vista, per mezzo di una leggera azione meccanica con *smoke sponge* [25] asciutta. Per la rimozione dello strato contenente grasso e cera si è optato per un'emulsione grassa a pH leggermente basico [26]. La pulitura è stata effettuata allo stereomicroscopio per mezzo di tamponi molto piccoli e poco inumiditi, allo scopo di agire esclusivamente sugli strati decorativi. Si è infatti voluto evitare che, per le ragioni precedentemente esposte, l'emulsione, pur contenendo una percentuale ridotta di acqua, entrasse direttamente in contatto con la pelle allumata. (Fig. 7).

Conclusioni e futuri approfondimenti

L'approfondita campagna diagnostica ha dato informazioni preziose sui materiali costitutivi e sulla tecnica d'esecuzione dei sandali pontificali 00174815, oltre a fornire indicazioni fondamentali per il loro restauro. Per la pulitura del sottopiede e del sottosuola, dove lo strato decorativo è costituito esclusivamente dalla tintura a cocciniglia, si sta prendendo in considerazione l'eventualità dell'impiego del laser, dopo l'effettuazione di promettenti prove su dei campioni. È inoltre allo studio l'effettuazione di un rilievo 3D, che verrà effettuato una volta completata la correzione delle deformazioni. Il rilievo servirà da traccia per la progettazione di riempimenti di forma e materiale adeguato, in modo da esercitare una moderatissima pressione dall'interno, equamente distribuita entro ciascuna calzatura, che contribuisca a preservare nel tempo gli esiti del restauro.

NOTE

[1] Gruppo di lavoro ISCR: Giulia Galotta, Maria Rita Giuliani, Marcella Ioele, (indagini scientifiche); Anna Valeria Jervis, (restauro); Angelo Rubino (documentazione fotografica). Si ringraziano Vincenzo Girolami, Sindaco del Comune di Castel Sant'Elia e Cecilia Maria Paolucci, Consigliere del Comune di Castel Sant'Elia per la preziosa disponibilità; si ringrazia inoltre Daniela Reggio, dottoranda in scienze dei materiali al CIQUS (Centro Singular de Investigación e Química Biolóxica e Materiais Moleculares) per la collaborazione alle indagini Raman.

[2] Jervis et al., 2014.

[3] La forma, l'epoca e l'ambito di produzione siciliano accomunano con ogni probabilità questi sandali al più celebre paio conservato nel Tesoro imperiale di Vienna (cfr. Bauer, 2006).

[4] Manacorda, 1995.

[5] Analisi di fluorescenza dei raggi X eseguite con uno spettrometro dotato di tubo radiogeno (anodo Au, HV 40 kV, corrente 40 μ A) e rivelatore Si-Pin con risoluzione di 160 eV a 5,9 keV. Indagini radiografiche eseguite con tubo radiogeno (anodo W, HV 25 kV, corrente 1 mA), lastre Kodak MX100, distanza sorgente-lastra 120 cm.

[6] Nel test per il riconoscimento della concia al vegetale i tannini a base fenolica reagiscono con i sali di ferro (III) formando prodotti di colore grigio scuro. Al campione posto su un vetrino si aggiunge una goccia di soluzione acquosa di cloruro ferrico al 2%.

[7] L'analisi SEM-EDS sono state eseguite con uno strumento Zeiss EVO 60, equipaggiato con il micro probe OXFORD Inca Pentaflex EDS per analisi semi-quantitative. Le misure sono state eseguite a pressione variabile su campioni tal quali o preparati in sezione lucida senza metallizzazione.

[8] Poiché il solfato di alluminio ed il solfato doppio di alluminio e potassio, tradizionalmente utilizzati nella concia all'allume, in soluzione liberano acido solforico, per evitare un eccessivo rigonfiamento della pelle dovuto all'acidità della soluzione vi si aggiungeva del cloruro di sodio.

[9] Kirby et al., 1996, p. 66.

[10] Kirby et al., 2005, pp. 72-74. Le lacche di origine animale hanno un quantitativo di fosforo maggiore rispetto a quelle di origine vegetale.

- [11] L'analisi è avvenuta su substrato SERS mediante Microscopio confocale WITec modello ALPHA300R+ con laser 488 nm. L'estrazione del colorante rosso è avvenuta, a partire da un piccolo frammento di cuoio, sia in acqua che in soluzione acquosa di idrossido di ammonio (28%).
- [12] Indicazioni utili sulla distinzione tra cocciniglia polacca ed armena si trovano in Kirby et al., 1996, p.63.
- [13] Le analisi micro-FTIR sono state eseguite con microscopio infrarosso IN10 Thermo Fisher dotato di detector MCT raffreddato ad azoto liquido, le misure sono state eseguite in trasmissione su cella di diamante e con micro ATR con cristallo di germanio.
- [14] “Dall’attenta osservazione degli elementi ancora presenti nella chiesa basilicale di Sant’Elia e dalle testimonianze superstiti di alcune epigrafi risalta immediatamente ai nostri occhi il potere, l’importanza e il ruolo che questo luogo dovette avere nel suo momento di massimo splendore corrispondente con il periodo in cui fu monastero benedettino”, Lalli, 2012, p. 51.
- [15] Caffaro, 2003, p. 113.
- [16] Analisi delle fibre tessili effettuate con microscopio ottico Leica DM RB in luce trasmessa e polarizzata su preparati allestiti a fresco con microcampioni di filato, al fine di rilevare gli elementi strutturali che caratterizzano le fibre.
- [17] Jervis et al., “*Bollettino ICR*”, 2014, p. 48. La resistenza della canapa, superiore a quella delle altre fibre tessili, ha fatto sì che questo materiale sia stato sempre privilegiato, in Europa, per le cuciture strutturali delle calzature.
- [18] Nelle Monocotiledoni i singoli fasci vascolari sono formati da cellule di xilema e di floema poste a diretto contatto, senza interposizione di tessuto meristematico, e di conseguenza non può esserci crescita secondaria del legno (xilema) secondo una successione di anelli annuali concentrici, come avviene invece in Dicotiledoni e Gimnosperme.
- [19] Test di Lugol: soluzione acquosa di iodio e ioduro di potassio; in presenza di amido si forma un complesso dall’intensa colorazione nera.
- [20] Misura alla quale le fibre di collagene immerse in acqua si contraggono a un terzo della loro lunghezza.
- [21] La misura è stata eseguita sotto osservazione microscopica con il dispositivo FP90 Mettler Toledo, equipaggiato con il tavolo caldo FP82, con inizio della programmata a 30°C. Dopo aver posto il vetrino con le fibre immerse in acqua nel tavolo caldo è stata avviata la scansione, facendo salire la temperatura di 2 gradi al minuto.
- [22] Plexisol P550 all’8% in etere di petrolio.
- [23] BEVA 371 in pasta, diluito in etere di petrolio al 20%, riattivato con termocautere a 70°C.
- [24] Tnt in poliestere della ditta Bresciani, 17 e 25 g/mq; spessore del film di Beva 25 micron.
- [25] Spugna di lattice vulcanizzato.
- [26] Emulsione a base di essenza di petrolio 80°-100°, con aggiunta di trietanolammina fino a pH 8,5.

BIBLIOGRAFIA

1. *Armenian cochineal*, in Wikipedia, l'enciclopedia libera, https://en.wikipedia.org/wiki/Armenian_cochineal
2. Bauer, R., *Scarpe (sandalia)*, in M. Andaloro (a cura di), *Nobiles Officinae. Perle, filigrane e trame di seta dal Palazzo Reale di Palermo*, Catalogo della mostra, I, Palermo 2006, pp. 62-63.
3. Bonaldo R., Lalli C., Lanterna G., *Allestimento e studio di lacche rosse standard usate nelle tecniche pittoriche su tela, legno e murali*, in “*OPD Restauro*”, 16, 2004, pp. 104-113, 201.
4. Caffaro, A., *Scrivere in oro. Ricettari medievali d’arte e artigianato (secoli IX-XI). Codici di Lucca e Ivrea*, ed. Liguori, Napoli 2003.
5. Conti, S., Keller, A., *Il colore nei materiali tessili antichi: standard di riferimento e caratterizzazione dei coloranti per mezzo di indagini ottiche*, in “*OPD Restauro*”, 20, 2008, pp. 64-72.
6. Jervis A.V., Checchi, S., Di Giovanni, A., Ferrari, S., Giuliani, M., Ioele, M., Jung, M., Mercalli, M., Moretti, F., *I sandali pontificali detti “con iscrizioni pseudocufiche” del Museo della Spiritualità di Castel Sant’Elia*, in Atti del congresso annuale dell’IGIIC, *Lo Stato dell’arte 12*, Milano 23-24 ottobre 2014, Milano 2014, pp.301-308.
7. Jervis, A.V., Jung, M., Giuliani, M., Ioele, M., *La conservazione delle calzature storiche presso il Laboratorio manufatti in cuoio dell’ISCR*, in “*Bollettino ICR - Nuova Serie*”, 29, 2014, pp. 31-60, con indicazioni bibliografiche precedenti.
Kirby J., *Back to the Roots – Workshop on the Preparation of Historical Lake Pigments Dyes, Dyeing and Lake Pigments – Historical Background*, Doerner Institut, Munich, 23–25 March 2011, http://www.doernerinstitut.de/downloads/Back_to_the_Roots/Back_to_the_roots_Kirby_I.pdf
8. Kirby, J., Spring, M., Higgitt, M., *The Technology of Red Dye Pigment Manufacture: Study of the Dyestuff Substrate*, in “*National Gallery Technical Bulletin*”, 26, 2005, pp. 69-87.

9. Kirby, J., White, R., *The Identification of Red Lake Pigment Dyestuffs and a Discussion of their use* in “*National Gallery Technical Bulletin*”, 17, 1996, pp. 54-80.
10. Lalli, G., *I paramenti liturgici di Castel Sant'Elia*, in Mercalli M., Checchi S. (a cura di), *I paramenti liturgici di Castel Sant'Elia. La loro storia e la cronaca del restauro*, ed. Gangemi, Roma 2012, pp. 48-56.
11. Manacorda, S., voce *Giovanni, Stefano e Niccolò*, in *Enciclopedia dell'Arte Medievale*, 1995 (http://www.treccani.it/enciclopedia/stefano-e-niccolo-giovanni_%28Enciclopedia-dell%27-Arte-Medievale%29/)
12. *Polish cochineal*, in *Wikipedia, l'enciclopedia libera*, https://en.wikipedia.org/wiki/Polish_cochineal
13. Thomas R. *Anatomy of the endemic palms of the Near and Middle East: archaeobotanical perspectives*, in “*Revue d'ethnoécologie*”, 4, 2013 - journals.openedition.org.
14. Tomlinson P. B., Horn J. W., Fisher J. B. *The Anatomy of Palms*, Oxford University Press, 2011.

IL RESTAURO DI CINQUE PANNELLI CERIMONIALI IN LEGNO SCOLPITO E DIPINTO PER “LA CASA DEGLI UOMINI”, TAMBARAN, DELLA COLLEZIONE DEI MUSEI VATICANI

S. Pandozy*, B. Cavallucci**, S. Cici**, F. Nepote***, A. Rocco****, C. Rivière**, U. Santamaria *****,
F. Morresi*****, Claudia Aguzzi*****, F. Castro*****, F.R. Cibi*****, A. Pernella*****,
M. Delle Rose*****, F. Fratini*****

* Responsabile Laboratorio Polimaterico, Musei Vaticani, stefania.pandozy@scv.va

** Conservazione e restauro, Laboratorio Polimaterico, Musei Vaticani, serenella.cici@scv.va;
barbara.cavallucci@scv.va; catherine.riviere@scv.va

*** Restauratore-conservatore, Torino - Roma, federicanepote@hotmail.com

**** Restauratore-conservatore, Roma, aradhel@hotmail.it

***** Dirigente Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione ed il Restauro (L.D.C.R.), Musei Vaticani,
ulderico.santamaria@scv.va

***** Assistente L.D.C.R., Musei Vaticani, fabio.morresi@scv.va

***** L.D.C.R., Musei Vaticani, grs.musei@scv.va

***** Naturalista, Biologo marino, già Collaboratore L.D.C.R., Roma, filippofratini.f@libero.it



Fig. 1 Pannello per *Tambaran*, MV 100387, prima del restauro, ripresa lato sinistro

Abstract

Molte questioni di carattere pratico ed etico si pongono al restauratore che si avvicina alla conservazione e al restauro di oggetti etnografici: quali danni vanno trattati e quali vanno mantenuti? Come trattarli e con quali materiali? Come considerare la datazione in relazione alla tecnica esecutiva? Nel laboratorio di Restauro Polimaterico dei Musei Vaticani si segue da sempre la linea guida del minimo intervento al fine di non perdere alcuna traccia dell'opera e del suo valore immateriale.

Cinque di tredici pannelli in legno scolpito e dipinto della collezione *P. F. Kirschbaum* dei Musei Vaticani, provenienti dal basso Sepik, Papua Nuova Guinea, Melanesia, Oceania, sono stati oggetto di un recente intervento di restauro in previsione della loro prossima esposizione museale. I manufatti sono costituiti da tavole in legno monoxilo, di forma rettangolare con estremità superiore arrotondata e *recto* interamente dipinto nei colori del nero, bianco, rosso e rosa con stilemi decorativi geometrici, dalle simbologie antropomorfe, zoomorfe e significati totemici. Sulla sezione superiore si evidenziano, scolpiti a rilievo, un volto sormontato da un disco ed una testa di uccello.

I pannelli sono stati fabbricati secondo le tecniche tradizionali: sono presenti segni d'uso di asce e accette per il taglio della tavola, asce per le operazioni di sgrossatura delle figure a rilievo e coltelli per la definizione dei particolari.

In merito alla natura dei pigmenti, le indagini eseguite dal Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione ed il Restauro (L.D.C.R.), hanno evidenziato la compresenza di pigmenti di origine naturale, minerale e pigmenti artificiali di produzione moderna, debolmente legati con gomma d'albero da frutto, confermando la loro realizzazione alla fine del XIX secolo, epoca in cui le produzioni si caratterizzano per la compresenza di materiali locali e materiali di importazione occidentale nel pieno rispetto delle tecniche tradizionali.

I pannelli versavano in un pessimo stato di conservazione, principalmente dovuto ad un'elevata e diffusa decoesione del pigmento bianco e dalla perdita di adesione all'interno degli strati pittorici o all'interfaccia tra il supporto e la pellicola pittorica. La progressiva riduzione di elasticità della pellicola pittorica ha determinato nel corso del tempo la formazione di numerosi sollevamenti e cadute della cromia in corrispondenza delle fessurazioni.

La pellicola pittorica è stata consolidata con una soluzione di *Funori* prodotto in laboratorio, partendo dall'alga *Gloiopeltis furcata* con il metodo dell'estrazione ad alcool. Il vecchio sistema di ancoraggio è stato rimosso e i fori di alloggiamento delle viti sono stati riempiti con balsa e stuccati con un impasto di egagropili di *Posidonia oceanica* trattati con metodologia sviluppata dall'L.D.C.R. e Lapi Gelatine di pesce. L'intervento è terminato con la realizzazione di supporti ad hoc che consentono l'esposizione dei pannelli stanti, migliorandone la lettura.

Introduzione

Cinque di tredici pannelli in legno scolpito e dipinto dei Musei Vaticani [1], raccolti dal missionario verbita P. F. Kirschbaum (1882-1939) nella regione del basso Sepik, Papua Nuova Guinea, Melanesia, Oceania, sono stati oggetto di un recente intervento di restauro e verranno presto esposti nel nuovo allestimento del Museo etnologico *Anima Mundi* [2]. Le singole opere misurano circa 2 metri di altezza per 30 cm di larghezza e 15 cm di profondità [3], differendo le une dalle altre per lievi variazioni dimensionali e decorative. Sono costituite ciascuna da una tavola di legno tropicale con taglio subradiale, di forma rettangolare con estremità superiore arrotondata e recto interamente dipinto nei colori del nero, bianco, rosso, rosa. Sulla sezione superiore riportano, scolpito a rilievo, un volto sormontato da un disco ed una testa di uccello. Il viso, di forma ovale, è dipinto su fondo bianco; gli occhi sono cerchiati di nero e rosa e il naso, in aggetto, è sottolineato da una linea nera longitudinale. Le narici sono perforate e da entrambe parte una decorazione spiraliforme rivolta verso il basso, che si congiunge sotto il naso stesso. La bocca ovale è resa con una piccola mezza luna dipinta di rosa. Le tempie sono ornate con due triangoli di colore nero; lo stesso motivo decorativo è riproposto in rosa sulle guance e in nero ai lati della bocca. La fronte alta è decorata con tre elementi a goccia e con una fascia ornamentale dalle forme discoidali. Sopra il rilievo del volto si staglia una testa d'uccello descritto da pennellate di colore bianco e rosa su fondo nero. Il becco d'uccello termina sopra il disco, anch'esso scolpito a rilievo, che a sua volta insiste sulla fronte del volto sottostante. Il disco, di colore bianco, è decorato da un profilo dentellato dipinto in rosa e nero. La superficie planare della tavola è dipinta con elementi geometrici discoidali e segmentati che rievocano alla mente il corpo di una figura antropomorfa. A coronamento del volto spiccano delle collane, dipinte nei colori bianco, nero, rosso, rosa, e decorazioni curvilinee e linee verticali che ripartiscono lo spazio. Da notare le sezioni triangolari affrontate lungo l'asse verticale della tavola, dipinte in bianco, con elementi circolari all'interno di ognuna.

Le opere, inizialmente raccolte presso la residenza di P. F. Kirschbaum a Marienberg, in Papua Nuova Guinea, furono poi inviate a Roma e donate a Papa Pio XI nel 1932. Vennero inserite, con diversi altri manufatti della stessa provenienza, in una "vetrina espositiva" costituita da un modello in scala di *Tambaran* che rievocava la tradizionale "casa" della Papua Nuova Guinea (Fig.2).

Il *Tambaran*, conosciuto anche come "Casa degli Uomini" o "Casa degli Spiriti", è precisamente l'edificio di culto al centro della vita sociale del villaggio: il luogo dove avvenivano i riti maschili più importanti e dove sculture ed oggetti sacri erano creati e conservati [4]. Tutti i villaggi della valle del fiume Sepik possedevano una o più "Case degli Uomini". Queste costruzioni di dimensioni monumentali nascevano simbolicamente dal corpo di un antenato. Nel quotidiano, il *Tambaran* era il luogo di incontro per riunioni maschili, mentre in occasione dei rituali, come le iniziazioni, la casa diveniva "calda" e gli spiriti che vi risiedevano si manifestavano nelle molteplici forme delle maschere e della musica [5]. Secondo quanto riportato in una nota scritta di P. F. Kirschbaum [6], i tredici pannelli cerimoniali della collezione erano disposti sulle pareti del *Tambaran*, non specificando se si trattasse di pareti interne od esterne [7], ed erano connessi all'evocazione del dio Atò (o Atei). Gli spiriti incarnati nelle sculture svolgevano funzione di oracoli in occasione di attività belliche o erano invocati per favorire la caccia.

Il luogo d'origine dei tredici pannelli cerimoniali è ignoto, ma le chiare consonanze stilistiche con altri due pannelli della collezione dei Musei Vaticani (MV 110837 e MV 100415), giunti a Roma nel 1925 in occasione dell'Esposizione Missionaria Vaticana [8], e con alcune sculture delle collezioni etnografiche di Berlino, Colonia [9] e Lugano [10] fanno supporre che l'area di produzione si possa circoscrivere al litorale occidentale della Papua Nuova Guinea, regione del basso Sepik, laghi Murik e del fiume Ramù.

Tecnica esecutiva

I pannelli cerimoniali sono la testimonianza di un particolare momento storico, caratterizzato dall'arrivo di strumenti e materiali di produzione occidentale che si vanno a sommare agli strumenti tradizionali fino a quel tempo impiegati. Nella regione del Sepik si ritrovano frequentemente utilizzate asce dal manico ricurvo dalle lame in pietra per le operazioni di sgrossatura; coltelli con lame in pietra, zanne di cinghiale o conchiglia, di dimensioni inferiori per l'intaglio e la definizione dei particolari. A questi strumenti, dalla fine del XIX secolo, si aggiungono beni di varia natura portati dall'occidente, come coltelli in metallo, vetri, vestiti, tessuti, colori,



Fig.2 Modello di *Tambaran*, Esposizione lateranense, San Giovanni in Laterano, foto ante 1963

coloranti. I nuovi strumenti facilitano e riducono i tempi di lavoro permettendo di realizzare più manufatti. Ha inizio un fenomeno di intensificazione delle cerimonie e dei riti: gli oggetti prodotti aumentano, per dimensione e per numero, a discapito dei dettagli e della perizia tecnica utilizzata nella realizzazione, senza però perdere di significato [11]. Ad esempio, il valore magico e simbolico attribuito ai pigmenti applicati sulle sculture si mantiene inalterato [12] nonostante la compresenza di pigmenti d'importazione e pigmenti locali, legati con essudati di piante autoctone [13].

Sull'opera sono presenti segni d'uso di asce e accette per il taglio della tavola, asce per le operazioni di sgrossatura delle figure a rilievo e coltelli per la definizione degli occhi, il becco, le narici e la bocca. La superficie lignea, non sembra essere stata soggetta ad operazioni di levigatura. Essa appare in parte scabra, riscontrando chiare scheggiature prodotte in fase di lavorazione accostate a porzioni di superficie rasata dal taglio della lama. Sul *recto* della tavola la superficie è integralmente dipinta con stilemi decorativi di natura geometrica, dalle simbologie antropomorfe, zoomorfe e significati totemici. In merito alla natura dei pigmenti, le indagini eseguite dal Laboratorio di ricerche scientifiche dei Musei Vaticani hanno evidenziato, confermando le attese, la compresenza di pigmenti di origine naturale, minerale e pigmenti artificiali di produzione moderna, quali Bianco di Zinco, colorante Orangine 7 ed Henné [14] legati con gomme di alberi da frutto presumibilmente autoctone. Dai risultati delle sezioni stratigrafiche e dall'osservazione diretta sono stati riscontrati tre interventi successivi nel tempo: una prima stesura di colore bianco, rosso o nero applicata direttamente sul supporto, seguita da un secondo momento costituito da una stesura di colore nero con soprammesse le decorazioni dipinte a pennello in bianco e rosso/rosa ed un terzo intervento con pigmento nero che ridefinisce i contorni.

Indagini diagnostiche

Al fine di contribuire alla conoscenza dei materiali costitutivi, definire e verificare le correlazioni tra i cinque pannelli cerimoniali è stato condotto uno studio analitico mediante indagini multispettrali non invasive con la tecnica della fluorescenza ultravioletta indotta (UFV), riprese infrarosse in falsi colori (IRFC) e misurazioni tramite la fluorescenza X (XRF), integrate da una campagna di micro-campionamenti, come mostrato in *Tabella.1*. I risultati sono stati utilizzati anche per la valutazione dello stato di conservazione e per le scelte delle metodologie di restauro.

OPERA	TIPOLOGIA INDAGINE	CAMPIONI	QUESITO	ANALISI
MV 100387	analisi non invasive	-	analisi dei pigmenti	UFV, IRFC, XRF
	micro-prelievi	100387-1	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, GC-MS, SEM-EDS
		100387-2	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, GC-MS, SEM-EDS, HPLC-MS/MS
		100387-3	analisi sostanza estratta durante l'applicazione del consolidante	FTIR, GC-MS
		100387-4	riconoscimento sostanza estratta	FTIR, GC-MS
		100387-5	analisi del colorante	HPLC-MS/MS
MV 100408	analisi non invasive	-	analisi dei pigmenti	UFV, IRFC, XRF
	micro-prelievi	100408-1	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, SEM-EDS
		100408-2	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, SEM-EDS
		100408-3	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, GC-MS, SEM-EDS
		100408-4	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, GC-MS, SEM-EDS
MV 100409	analisi non invasive	-	analisi dei pigmenti	UFV, IRFC, XRF
	micro-prelievi	100409-1	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, SEM-EDS
		100409-2	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, SEM-EDS
		100409-3	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, SEM-EDS
MV 100424	analisi non invasive	-	analisi dei pigmenti	UFV, IRFC, XRF
	micro-prelievi	100424-1	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, SEM-EDS, TMAH-py-GC-MS
		100424-2	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, SEM-EDS
		100424-3	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, SEM-EDS
		100424-4	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, SEM-EDS, TMAH-py-GC-MS
		100424-5	analisi del pigmento e del legante	Analisi stratigrafica, FTIR, SEM-EDS
MV 100433	analisi non invasive	-	analisi dei pigmenti	UFV, IRFC, XRF
	micro-prelievi	100433-1	composizione dello stucco	Analisi stratigrafica, FTIR, GC-MS, SEM-EDS
		100433-3	confronto stratigrafia con i risultati delle analisi dei pannelli MV 100387 e MV 100409	analisi stratigrafica
		100433-4	riconoscimento della specie lignea	analisi specie lignea

Tab. 1 Indagini diagnostiche, piano analitico

Le indagini UVF hanno evidenziato su tutti i pannelli una fluorescenza azzurra attribuibile allo strato bianco composto prevalentemente da carbonato di Calcio e di una marcata fluorescenza in corrispondenza del pigmento rosa determinata dalla presenza sia di un colorante organico che di pigmenti a base di Zinco. Le misure XRF sono state condotte su tutti i pannelli in corrispondenza dei tre pigmenti presenti: il rosa, il nero e il bianco. Gli elementi caratterizzanti nel rosa indicano la presenza di pigmenti minerali a base di Ferro (ocra rossa) e pigmenti a base di Piombo (minio e/o biacca). Si evidenzia anche la presenza di Bario e di Zinco sotto forma di litopone o utilizzati distintamente come bianco di Zinco e bianco di Bario. Il nero è a base di Ferro, con la presenza di pigmenti di origine vegetale (cfr. indagini su microprelievo). Il bianco è caratterizzato da pigmenti a base di Calcio e Titanio. Le indagini IFCR non hanno consentito la caratterizzazione dei pigmenti presenti.

I dati ottenuti dalle indagini non distruttive sono stati integrati da una campagna di micro-campionamenti sottoposti ad indagini stratigrafiche, SEM-EDS, spettrometria Infrarossa (FTIR), analisi cromatografica GC-MS, analisi di cromatografia liquida (HPLC) e di riconoscimento delle specie lignee. I risultati ottenuti hanno ulteriormente confermato una palette di colori comune a tutti i pannelli.

Il pigmento bianco, riscontrato su tutti i pannelli si conferma a base di carbonato di Calcio e gesso in tracce. Il nero è costituito da una miscela di nero vegetale (100408-3 e 100424-2) o di silicoalluminati di ferro (100387-1 e 2), uniti ad ocra rossa e gialla dispersa in una matrice composta da caolinite. Il rosso aranciato è costituito da minio e ocra in tracce (100387-1 e 2, 100433-1 e 3), mentre il rosa è composto solfato di Bario, bianco di Zinco e in minor misura ocra rossa e minio in una matrice di colorante rosso organico. Il supportante del colorante organico è identificabile come caolinite. Il colorante è stato caratterizzato mediante l'analisi HPLC-MS/MS sul campione 100387-2. Dal valore della massa accurata è stato possibile riscontrare la presenza di un colorante sintetico identificato con l'acido diazotato di sintesi noto anche come Acid Orange 7 o Orange II. Sono stati inoltre individuati dei componenti caratteristici dell'henné (*Lawsonia sp.*): un lawsone naftochinone arancio-rosso e ulteriori flavonoidi. Anche sul rosso dei campioni 100408-2 e 4, 100424-2, 100433-1 l'analisi Py-GC-MS ha confermato la presenza di un colorante acido diazotato a base naftalenica. Il legante è un prodotto di natura polisaccaridica, riconducibile a una gomma estratta da alberi da frutto per la presenza di xilosio [15]. Insieme alla componente polisaccaridica sono state anche individuate tracce di materiale proteico da ascrivere ad coadiuvante del legante. Sulla superficie dei campioni 100408-1,2,3,4 e 100424-1,2,5 è presente una resina acrilica di restauro (Paraloid B-72). La specie lignea del campione 100433-4 si ipotizza possa appartenere, per la presenza di tille, alla famiglia delle *Ulmaceae* o delle *Fabaceae*. La corrispondenza è stata rilevata anche con i campioni 100409-3 e 100387-2.

Stato di conservazione

Le opere si presentavano in pessimo stato di conservazione. È stata riscontrata un'elevata decoesione del pigmento bianco e la perdita di adesione all'interno degli strati pittorici e/o all'interfaccia tra il supporto e la pellicola pittorica. La diffusione, su buona parte della superficie dipinta, di cretti, sollevamenti e distacchi, pregiudicavano l'esposizione museale. Il degrado piuttosto avanzato è documentato già da alcune fotografie dell'esposizione Lateranense, datate 1962-1963. Negli scatti, la pellicola pittorica appariva lacunosa e le principali fessurazioni del supporto ligneo erano già presenti.

Sul supporto ligneo di tutti i pannelli è stato riscontrato un elevato numero di abrasioni, graffi e lacune, oltre a fessurazioni, di piccola e media entità, dovute al ritiro del legno in relazione alle variazioni termo-igrometriche degli ambienti espositivi. La progressiva riduzione di elasticità della pellicola pittorica ha determinato nel corso del tempo la formazione di numerosi sollevamenti e cadute della cromia in corrispondenza delle fessurazioni. La superficie dipinta è inoltre interessata da gore, macchie, sbiancamenti e decolorazione del pigmento rosa, la cui matrice organica è sensibile alla radiazione luminosa. In più zone si osserva la presenza di una sostanza filmogena, caratterizzata come Paraloid B-72, ed alcune colature della stessa. Infine, le superfici erano integralmente interessate dalla presenza di depositi coerenti ed incoerenti. Le opere provenivano da un ambiente del museo non ancora bonificato, ad alto rischio di contaminazione, fissate alle staffe in metallo del vecchio sistema d'ancoraggio, realizzato per l'allestimento intorno al *Tambaran* presso il Museo Etnologico dei Musei Vaticani.

I pannelli MV 100409 e MV 100433 erano inoltre interessati da un esteso attacco di insetti xilofagi, circoscritto alla parte inferiore del verso della tavola. L'infestazione, non più attiva, è presumibilmente contemporanea alla produzione dei manufatti. Si riscontrano numerose gallerie e fori di sfarfallamento ed il danneggiamento delle pareti cellulari con conseguente perdita di coesione strutturale. Si osserva, inoltre, presenza in tracce di sedimentazioni terrose ed alcune ooteche d'insetto, dell'ordine *Blattodea*. Il naturale ritiro del legno ha determinato la formazione sulla tavola MV 100433 di tre importanti fenditure, una nella parte superiore della tavola e due nella parte inferiore. La porzione compresa tra queste ultime, ulteriormente indebolita dall'attacco entomologico, era stata assicurata al supporto da una legatura in fibra vegetale (bambù/rattan). Nonostante la legatura, l'elemento è giunto a noi fratturato ed è stato pertanto separato dall'opera durante l'intervento di restauro, in attesa di essere rincollato.

Intervento

L'intervento è stato progettato seguendo la linea guida del minimo intervento. Nel rispetto dei materiali e delle tecniche originali i prodotti di restauro sono stati scelti sulla base delle loro caratteristiche di compatibilità e reversibilità, prediligendo quanto più possibile materiali di origine naturale e atossici. Tutte le operazioni sono state affiancate da una puntuale documentazione grafica e fotografica.

Le opere sono state sottoposte ad un preliminare trattamento di disinfestazione per anossia in atmosfera controllata [16]. Per comodità di esposizione descriviamo l'intervento svolto sull'opera MV 100387 rappresentativo delle diverse fasi. La prima fase ha previsto la messa in sicurezza delle scaglie di colore distaccate o sollevate e la mappatura delle stesse, seguita dalla rimozione dei depositi incoerenti attraverso una spolveratura puntuale con pennelli molto morbidi e aspiratore a potenza regolabile e micro-bocchette.

Confermata la presenza di un legante polisaccaridico, di gomme d'albero da frutto, e una stretta correlazione chimica di pigmenti, coloranti e leganti di tutti e cinque i pannelli, si è scelto di eseguire il consolidamento della pellicola pittorica con una soluzione di *Funori* all'1% in acqua demineralizzata e apporto del 2% di alcool isopropilico. Il *Funori*, già largamente impiegato dal Laboratorio Polimaterico per il restauro di opere in carta e pellicole pittoriche fortemente decoese, è caratterizzato da un blando potere consolidante e adesivo particolarmente adatto per fissare pigmenti polverulenti e scaglie di colore con una bassa componente legante, mantenendo inalterate le cromie e l'opacità della superficie trattata. Un debole potere tensioattivo ha inoltre determinato una lieve deterzione della superficie.

L'adesivo *Funori* è stato prodotto direttamente in laboratorio su indicazioni dell'L.D.C.R. partendo dall'alga secca *Gloiopeltis furcata*, con il metodo dell'estrazione ad alcool. Il protocollo di produzione prevede la preparazione di una soluzione al 2% di *G. furcata*, in acqua deionizzata (p/v). L'alga secca, viene lavata in abbondante acqua demineralizzata ed omogeneizzata a caldo ($T = 60^{\circ}\text{C}$ per 2 ore e 30 minuti). Segue il raffreddamento e riposo della soluzione algale per 12/24 ore ed il filtraggio della stessa con colino a maglie fini o garza sterile. Al prodotto ottenuto viene aggiunto 1:2 in peso di alcool etilico denaturato 99° determinando la separazione dell'alcool, strato superiore trasparente, dall'alga, strato inferiore giallo, e con essa la migrazione in superficie del *Funori*, una sostanza polisaccaridica dall'aspetto biancastro e viscoso. Il *Funori*, così ottenuto, viene pesato e ri-solubilizzato in proporzioni 1:100 in peso in acqua demineralizzata.

La soluzione di *Funori* all'1% è stata stesa a pennello sulla superficie dipinta, previa interposizione di carta giapponese *Japico* di differenti grammature. L'impiego della carta giapponese ha permesso di intervenire in sicurezza: evitando movimenti della pellicola pittorica, modulando il quantitativo di consolidante applicato, rimuovendo con facilità gli eccessi e producendo una lieve e mirata pressione sulla superficie, senza incorrere nella deformazione di questa. La metodologia d'intervento è stata estesa a tutta la superficie, variando, dove il pigmento era più corposo e sollevato, la grammatura della carta ed il numero di applicazioni. La distribuzione del consolidante sulla superficie è stata documentata digitalmente con una rappresentazione grafica per livelli semitrasparenti di colore rosa che ne simulano le stesure. Le scaglie distaccate sono state fatte aderire ad un velo di carta giapponese, ricollocate ed incollate al supporto con *Funori* all'1% in acqua demineralizzata. Ad asciugatura parzialmente avvenuta si è proceduto all'abbassamento della superficie, interponendo carta bisiliconata ed andando a pressare con lo strumento che, per tipologia e dimensione, risultava essere più opportuno: spatolina in acciaio di diversa misura, spatolina in bambù o tamponcino di cotone. Le zone trattate sono state messe sottopeso con sacchetti di piombini foderati in polietilene o cotone (Fig. 3).

I frammenti di stucco e le scaglie di colore distaccati all'interfaccia con il supporto necessitavano di un potere adesivo più elevato, sono stati rincollati con Lapi Gelatine di pesce al 10% in acqua demineralizzata e apporto dello 0,01% di Benzalconioloruro. Gli adesivi di origine animale sono stati oggetto di una recente sperimentazione condotta dal L.D.C.R. e dal Laboratorio di Restauro Polimaterico. La scelta è ricaduta sulle gelatine alimentari, quali Lapi Gelatine di pesce e di bue e sulla colla di coniglio *Zecchi*, ovvero gli adesivi che in sede di sperimentazione hanno dato migliore risultato al carico medio di rottura. La Lapi Gelatine di pesce oltre ad avere un ottimo potere adesivo, è incolore ed ha una buona applicabilità.

Terminato il consolidamento della pellicola pittorica sul *recto* della tavola, è stato possibile intervenire sul *verso*. Le quattro staffe del vecchio sistema di ancoraggio sono state rimosse, svitando le otto viti dalla testa piatta fissate direttamente nel legno del supporto. I prodotti di corrosione interessavano solo le parti a vista.



Fig. 3 MV 100387, Consolidamento del pigmento, riprese durante e dopo l'applicazione del Funori all'1% in acqua demineralizzata

La superficie lignea priva di finitura è stata pulita meccanicamente dai depositi incoerenti con l'ausilio pennelli a setole morbide ed aspiratore a potenza regolabile e successivamente tamponando con gomme in caucciù vulcanizzato. Per i pannelli MV 100409 e MV 100433 è stata consolidata la porzione inferiore del supporto ligneo fortemente indebolita dalla presenza di un esteso attacco entomatico pregresso. Il consolidamento con adesivi naturali in soluzione acquosa è stato scartato per evitare di innescare nuovi movimenti del supporto ed al contempo irrigidirlo rendendolo più fragile. Si è scelto, dopo alcuni test, di impiegare la resina alifatica *Regalrez 1126* solubilizzata al 20 % in Ligroina, applicata per imbibizione con una siringa per solventi. Essa ha permesso di ripristinare una buona resistenza meccanica del legno degradato senza irrigidirlo. Ristabilita la solidità necessaria, è stato possibile procedere all'incollaggio dell'elemento fratturato del pannello MV 100433, preventivamente rimosso, con Lapi Gelatine di pesce al 20%. La legatura di fibra vegetale, che in origine lo ancorava al supporto, è stata detersa e al contempo consolidata con *Funori* al 1% in acqua demineralizzata stesa a pennello.

I fori di alloggiamento delle viti sono stati riempiti con balsa e stuccati con un impasto di egagropili di *Posidonia oceanica* e Lapi gelatine di pesce al 10%. La *P. oceanica* è stata recentemente testata e inserita, dal L.D.C.R, tra i materiali per il restauro in quanto presenta interessanti caratteristiche di stabilità, elasticità, proprietà antifungine ed ignifughe. Ha una struttura aghiforme di lunghezza compresa tra i 4 e 2 mm; dalle prove condotte risulta adatta per stuccature di medie e grandi dimensioni e si presta a simulare la superficie grezza del legno. Inoltre, lunghezza e flessibilità degli aghi donano resistenza ed elasticità alla stuccatura. Diversamente, per le stuccature dei numerosi fori di sfarfallamento dove è risultato funzionale ricreare una superficie più liscia e compatta, la *P. oceanica* è stata impiegata come riempitivo per poi essere conclusa da una stuccatura estetica con polvere di legno (faggio) e Lapi Gelatine di pesce al 10%. Nel caso di micro-stuccature si è preferito utilizzare esclusivamente polvere di legno (faggio) e Lapi Gelatine di pesce al 10%. Le stuccature eseguite con polvere di legno sono state abbassate cromaticamente con acquerelli *Windsor & Newton*.

Sul pannello MV 100433 sono state rilevate anche tre importanti fenditure, una nella parte superiore e due nella parte inferiore, per le quali è stato programmato un monitoraggio a lungo termine. Allo stato attuale, esse risultano stabili: non si osservano fessurazioni di recente formazione e la loro presenza è già attestata in una foto storica datata 1963. Nonostante la comprovata stabilità, le fenditure sono state ricucite con stuccature sottolivello: della balsa è stata inserita, priva di adesivo, nelle fessure e fermata su entrambi i lati da una stuccatura a base di polvere di posidonia e polvere di legno legate con Lapi Gelatine di pesce al 10%.

Ooteche d'insetto, dell'ordine *Blattodea*, localizzate nella parte inferiore del verso della tavola, così come in alcuni sottosquadri degli altri pannelli, sono state mantenute. Questa tipologia di ooteche è presente frequentemente inglobata nel colore su numerosi manufatti della Papua Nuova Guinea della collezione [17]; questa peculiarità sarà oggetto di ulteriore approfondimento.

Le gore presenti sulla superficie dipinta sono state rimosse o alleggerite per estrazione, con una soluzione di acqua deionizzata e acetone (1:1), stesa a pennello su strati soprammessi di carta giapponese ed eseguiti piccolissimi ritocchi localizzati con acquerelli.

Per i pannelli MV 100408 e MV 100424 è stato rimosso il vecchio numero d'inventario con una miscela di acqua deionizzata e alcool (1:1) mediante impacchi di carta giapponese ed accordati cromaticamente con acquerelli e pastelli [18].



Fig. 4 I pannelli cerimoniali per *Tambaran* dopo il restauro, ripresa frontale parte alta

Per ogni opera è stato realizzato un supporto con materiali idonei alla conservazione, finalizzato allo stoccaggio dell'opera nel deposito, ed un supporto ad hoc [19] che consente l'esposizione dei pannelli stanti nel nuovo allestimento del Museo etnologico *Anima Mundi*.

Conclusioni

La grande ricchezza del museo etnologico *Anima Mundi* e nello specifico della collezione della Papua Nuova Guinea ci permette di accrescere una banca dati sui materiali e le tecniche artistiche autoctone ed acquisire una visione complessiva delle culture del mondo. La sfida del Laboratorio Polimaterico di utilizzare materiali naturali e atossici, non sempre facile da perseguire, rimane la linea guida alla base del nostro operato.

NOTE

- [1] Numeri di inventario unico dei tredici pannelli per *Tambaran* della collezione P. F. Kirschbaum, anno di acquisizione 1932: MV 100387, MV 100836, MV 100406 - MV100413, MV 100416, MV 100424, MV 100433
- [2] “Si stima che il Museo Etnologico dei Musei Vaticani custodisca circa 7.000 manufatti provenienti dall'Oceania con un consistente nucleo dalla Papua Nuova Guinea: diverse centinaia di oggetti furono raccolte dal missionario della SVD p. Jozef Kirschbaum (1882-1939) nell'area del fiume Sepik”. N. MAPELLI, K. AIGNER, N. FIUSSELLO (a cura di), *Ethnos. Le Collezioni Etnologiche dei Musei Vaticani*, Città del Vaticano 2012, p. 117
- [3] Misure dei singoli manufatti restaurati (altezza, larghezza, profondità): 202 x 33 x 15 cm (100387); 200 x 26,5 x 14,5 cm (100408); 200 x 27 x 19 cm (100409); 206 x 30 x 15 cm (100424); 204 x 42 x 15 cm (100433)
- [4] Cfr. E. KJELGREN, *How to read Oceanic Art*, The Metropolitan Museum of Art, New York, Yale University press, New Haven and London 2014
- [5] Cfr. P. PELTIER, ‘Maisons des hommes’, in *Sepik, Arts de Papouasie-Nouvelle-Guinée*, Catalogo esposizione temporanea al Musée du Quai Branly dal 27 ottobre 2015 al 7 febbraio 2016, p.155
- [6] Carteggio manoscritto e dattiloscritto, Faldone Nuova Guinea, fasc. 1, P.F. Kirschbaum, 1905/04/15, presso l'Archivio Storico del Museo Etnologico, Musei Vaticani
- [7] A tale proposito, la dott.ssa Katherine Aigner, curatrice della sezione Oceania dei Musei Vaticani, ipotizza la collocazione originale sulle pareti interne dei Tambaran. Nell'esposizione lateranense, l'opera, insieme agli altri tredici pannelli analoghi, decorava le pareti esterne della riproduzione del Tambaran. A seguire, nell'allestimento del Museo Missionario Etnologico dei Musei Vaticani, erano collocati sulla parete di fondo, del P.P. Oceania, NPG I, e sulle pareti esterne della riproduzione del Tambaran. Nel nuovo allestimento si è scelto di mostrarli singolarmente in una vetrina dedicata ai manufatti della Regione del Sepik.
- [8] Dono P. F. Kirschbaum per Esposizione Vaticana del 1925; provenienza Nuova Guinea, fiume Ramu. Schede Schulien 1883-1884, archivio Museo Etnografico, Musei Vaticani. Per l'Esposizione Universale dell'Anno Giubilare 1925, voluta da Papa Pio XI; cfr. E. M. CONSOLE, ‘Incontri tra culture nelle collezioni del Museo Missionario Etnologico’, in *I Musei Vaticani. Nell'80° anniversario della firma dei Patti Lateranensi, 1929-2009*, A. PAOLUCCI, C. PANTANELLA (a cura di), Ed. Musei Vaticani, Città del Vaticano 2009, pp. 169-178
- [9] Cfr. Figura Maschile VI 21303, Berlin, Ethnologisches Museum e Figura maschile 19382, Cologne, Rautenstrauch-Joest-Museum entrambe attribuite alla regione del basso Sepik in Catalogo *Sepik, Arts de Papouasie-Nouvelle-Guinée*, esposizione temporanea al Musée du Quai Branly dal 27 ottobre 2015 al 7 febbraio 2016, pp. 238-239
- [10] Cfr. Atei. Raffigurazione in legno di antenato, Lugano MUSEC in F.P. CAMPIONE, M.G. MESSINA (a cura di), *Je suis l'autre. Giacometti, Picasso e gli altri. Il primitivismo nella scultura del Novecento*, Mondadori Electa, Verona 2018, pp. 62-63
- [11] Cfr. *Art in Oceania a New History*, Yale University press, New Haven 2012, p.187; J. GUIART, *Fleuve Sepik, Nouvelle-Guinée*, ed. Jacques Kerchache, Paris 1967
- [12] Cfr. *Sepik, Arts de Papouasie-Nouvelle-Guinée*, esposizione temporanea al musée du Quai Branly dal 27 ottobre 2015 al 7 febbraio 2016, p. 206
- [13] “i leganti, se impiegati, erano esclusivamente essudati (gomme/resine) ottenute da piante della famiglia delle Ortiche o dalle foglie di gelso o fico. (...) Altri leganti che impartivano lucentezza erano la resina di tigas (Camposperma brevipetiolata) e il grasso di maiale”. K. HEAD, L. WILLET, ‘Approaches to the conservation of art from the New Guinea Highlands’ in *Plumes and pearlshells, art of the New Guinea*, (a cura di) N. WILSON, ed. Art Gallery NSW, 30 maggio-10 agosto 2014, p.149
- [14] ZnO - Ossido di Zinco, noto dal 1782 è stato commercialmente disponibile verso la metà del XIX secolo. Sembra inoltre accelerare lo sbiadimento di alcuni pigmenti organici di sintesi. M. MATTEINI, A. MOLES, *La chimica nel restauro*, Nardini editore, Firenze 2004, p.24; L'henné è una specie nativa dell'India occidentale, ma

si è diffusa sia ad est che ad ovest, ed è coltivato in molte delle regioni tropicali e subtropicali del mondo. D. CARDON, *Natural dyes*, Archetype Publication, 2007, p.83

[15] Per mancanza di standard di riferimento allo stato attuale non è stato possibile confrontare il pattern dei monosi. Laddove si potesse acquisire campionature di resine vegetali indigene si potrà procedere all'identificazione della specie vegetale.

[16] Sono stati realizzati, con materiali idonei alla conservazione, un supporto provvisorio per l'opera e la busta anossica in materiale polibarrera termosaldato con valvole d'ingresso e uscita (misura 225 x 25 x 60 cm per 300 litri d'aria). All'interno di ogni involucro, come da protocollo, sono stati inseriti un *data-logger*, la scheda di riconoscimento dell'oggetto, una pastiglia *Ageless eye* per la verifica dell'assenza di Ossigeno, due confezioni di *ArtSorb* da 500 gr ricalibrati a 55% RH e 6 sacchetti sottrattori di Ossigeno per un totale di 60 litri d'aria. I valori rilevati all'inizio del trattamento, T 23°C e UR 52%, si sono mantenuti costanti per tutto il ciclo durato 25 giorni.

[17] Cfr. Tesi di Laurea in Conservazione dei Beni Culturali LMR/02 di Emilia Rizza, "*La conservazione di opere etnologiche: il particolare caso di una scultura indigena dei villaggi della Papua Nuova Guinea*", a.a. 2013-2014

[18] Pastelli sono realizzati con terre miscelate ad acqua e gomma adragante. Si ringrazia per la preparazione il decoratore Marco Innocenzi.

[19] I supporti sono stati realizzati dalla ditta AÏNU, 74 avenue Lénine 94250, Gentilly, France.

BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV., *Sepik Kunst aus Neuguinea*, Frankfurt 1964
2. J. GUIART, *Fleuve Sepik*, Nouvelle-Guinee, ed. Jacques Kerchache, Paris 1967
3. B. CRAIG, *Art and Decoration of central New Guinea*, Great Britain 1988
4. AA.VV., *Sepik Ramu*, Papua New Guinea 1988
5. D.J.Lee, The removal and conservation of the painted bark panels and carved figures from a Papua New Guinea House Tambaran, in R. Barclay, M. Gilbert, *Simposium 86*, Canadian Conservation Institute
6. N. C. Lutkehaus, *Sepik Heritage: Tradition and Change in Papua New Guinea*, Bathurst 1990
7. Het behoud van etnografische collecties, Centrale Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Themadag 1994, n. 23
8. Kernot, Anderson, *Art and Performance in Oceania*, University of Hawai'i press, Honolulu 1999
9. M. MATTEINI, A. MOLES, *La chimica nel restauro*, Nardini editore, Firenze 2004
10. J. Friede et al., *New Guinea Art; Masterpieces from the Jolika Collection of Marcia and John Friede*, San Francisco: fine arts museums of San Francisco in association with 5 Continents Editions, Milan 2005
11. D. Smidt, Major Themes in New Guinea Art, in M. J. Friede, *New Guinea Art, Masterpieces from the Jolika Collection*, Fine Art Museum of San Francisco, 2005, p. 39-42
12. D. CARDON, *Natural dyes*, Archetype Publication, 2007
13. A. Dundon, 'a Cultural revival and the custom of christianity in papua new guinea', in *Self and subject in motion: Southeast Asian and Pacific Cosmopolitans*, KATHRYN ROBINSON (a cura di), London 2007
14. E. M. CONSOLE, 'Incontri tra culture nelle collezioni del Museo Missionario Etnologico', in *I Musei Vaticani. Nell'80° anniversario della firma dei Patti Lateranensi, 1929-2009*, A. PAOLUCCI, C. PANTANELLA (a cura di), Ed. Musei Vaticani, Città del Vaticano 2009, pp. 169-178
15. AA.VV., *Arte dell'Oceania*, Logos, China 2010
16. A. D'Alleva, *Arts of the Pacific Islands*, Yale University press, New Haven 2010
17. N. GARNIER, *Motifs d'Océanie*, ed. Hazan, Hong Kong 2011
18. D. Van Duuren (a cura di), *Oceania at the Tropenmuseum*, Kit publishers, Amsterdam 2011
19. N. MAPELLI, K. AIGNER, N. FIUSSELLO (a cura di), *Ethnos. Le Collezioni Etnologiche dei Musei Vaticani*, Ed. Musei Vaticani, Città del Vaticano 2012
20. AA.VV., *Art in Oceania a New History*, Yale University press, New Haven 2012
21. N. Thomas, S. Kuchler, L. Bolton, 'Art, trade and exchange: New Guinea 1700-1900', in *Art in Oceania a New History*, Yale University press, New Haven 2012, pp.79 – 105
22. E. Kjellgren, *How to read Oceanic Art*, published by The Metropolitan Museum of Art, New York 2014
23. K. HEAD, L. WILLET, 'Approaches to the conservation of art from the New Guinea Highlands' in *Plumes and pearls, art of the New Guinea*, N. WILSON (a cura di), ed. Art Gallery NSW, 30 maggio-10 agosto 2014, pp.149-150
24. P. BARALDI et al., A 19th-century polychrome wood mask from Papua New Guinea, in *Archeometry* 56,2(2014), pp. 313-330
25. AA.VV., *Sepik, Arts de Papouasie-Nouvelle-Guinée*, Catalogo esposizione temporanea al Musée du Quai Branly dal 27 ottobre 2015 al 7 febbraio 2016
26. F.P. CAMPIONE, M.G. MESSINA (a cura di), *Je suis l'autre. Giacometti, Picasso e gli altri. Il primitivismo nella scultura del Novecento*, Mondadori Electa, Verona 2018

IL DIORAMA RAFFIGURANTE IL GIARDINO RINASCIMENTALE CONSERVATO ALLA VILLA MEDICEA DELLA PETRAIA. RESTAURO E RIFLESSIONI CRITICHE SULLA CONSERVAZIONE DI UN APPARATO EFFIMERO DEL 1931

Marco Mozzo*, Francesca Coccolo, Valentina Tasso**, Paolo Luciani***, Stefania De Blasi****,
Rosanna Piervittori*******

*Storico dell’arte, Direttore di Villa medicea della Petraia, Polo Museale della Toscana, Lungarno Anna Maria Luisa de’ Medici, 4, 50122, Firenze, 055 2388626, marco.mozzo@beniculturali.it

** Restauratrice, Laboratorio Manufatti Lignei, Fondazione Centro Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”, via XX settembre, 18, 10078, Venaria Reale, 011 4993053, francesca.coccolo@centrorestaurovenaria.it

*** Restauratore, Coordinatore Laboratorio Manufatti Lignei, Fondazione Centro Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”, via XX settembre, 18, 10078, Venaria Reale, 011 4993053, paolo.luciani@centrorestaurovenaria.it

**** Storico dell’arte, Referente storico artistico Laboratorio Manufatti Lignei, Fondazione Centro Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”, via XX settembre, 18, 10078, Venaria Reale, 011 4993004, stefania.deblasi@centrorestaurovenaria.it

***** Professoressa associata, Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università degli Studi di Torino, viale P. Mattioli, 25, 10125 Torino, 0116705972, rosanna.piervittori@unito.it

Abstract

Il teatrino di grandi dimensioni (h 70 x l. 483 x p. 360 composto da circa 200 pezzi) raffigurante il giardino ideale cinquecentesco e ispirato al giardino della Villa Medicea di Castello e al Giardino di Boboli, venne realizzato da Enrico Lusini appositamente per la *Mostra del giardino italiano*, inaugurata il 24 aprile 1931 nel Salone dei Cinquecento di Palazzo Vecchio a Firenze, con la cura di Ugo Ojetti. La mostra presentava un ricchissimo repertorio di 4000 opere dedicato all’iconografia storica sul tema del giardino a partire dal medioevo fino alla fine del ‘700 in chiave retorica di esaltazione del regime. I dieci modelli esposti rappresentavano una delle più grandi attrattive della mostra fiorentina proprio perché furono concepiti come scenografie evocative, teatrini. Il restauro effettuato dal laboratorio di manufatti lignei del CCR “La Venaria Reale”, in occasione della recente esposizione, (Reggia di Venaria, *Viaggio attraverso i giardini d’Europa da André Le Nôtre a Henry James*, (5/7-20/10 2019), è stata l’occasione per approfondire storicamente una pagina della cultura museologica e museografica degli anni Trenta.

Il contributo propone un’occasione di riflessione sul restauro di manufatti singolari come i diorama, oggetti polimerici, e in questo caso veicolo dell’immagine e della diffusione della cultura nazionalistica coeva, con una storia conservativa particolarmente travagliata, le cui tracce sono ben visibili nello stato di conservazione del manufatto. Dopo la mostra del 1931, i teatrini furono oggetto di diversi trasporti, imballi e rimontaggi e adeguamenti, fino a confluire, in ultimo, nei depositi della Villa Medicea di Petraia, dove l’opera in esame era tutt’ora conservata. Le condizioni in cui versava il diorama risultavano critiche per la presenza di interventi di rifacimento con materiali non coerenti rispetto al progetto originale, caratterizzato da materiali naturali quali legno, licheni, sughero, carta e metallo. Lo studio condotto ha permesso di approfondire le conoscenze sulle tecniche esecutive e sui materiali impiegati originariamente e nelle fasi successive di restauro, ponendo diversi spunti di riflessione sulle problematiche legate all’intervento e alla conservazione e manutenzione nel lungo periodo di materiali effimeri. Allo stesso tempo si è cercato di restituire all’opera il corretto punto di osservazione nella ricostruzione filologica delle proporzioni prospettiche e simmetriche grazie a una ricerca approfondita sulle fonti storiche e iconografiche.

Introduzione: l’opera e il contesto

Elemento fondamentale per la progettazione e la realizzazione dell’intervento sul diorama conservato nei depositi della Villa della Petraia è stato lo studio conoscitivo legato all’occasione in cui quest’opera venne concepita ed eseguita. Essendo infatti una sorta di apparato didattico di una delle mostre storiche del ventennio fascista la ricerca legata alle ragioni e agli studi che supportarono la *Mostra del giardino italiano* e i successivi disallestimenti e riallestimenti hanno avuto ruolo di indirizzo e guida nelle scelte dell’intervento sulla ricomposizione formale e sui materiali di restauro.

La mostra del 1931 che si tenne a Firenze nella sede di Palazzo Vecchio segna un momento di grande rilievo negli studi critici sull’evoluzione del giardino storico italiano dall’antichità al romanticismo. Punto di partenza è il contributo di Maria Pasolini Ponti che per prima nel 1915 pubblicò un libro sul Giardino italiano, a cui sono

seguiti gli studi di Luigi Dami, nati sull’onda del crescente interesse e della diffusione di una ricca bibliografia anglosassone e tedesca sul tema[1], affiancata più recentemente da nuovi interventi critici sulla mostra fiorentina e i suoi risvolti storico-critici. Tra questi, va segnalato il recente contributo scientifico di prossima pubblicazione, che offre una disamina piuttosto circostanziata che mette a fuoco aspetti finora inesplorati come la complessa macchina dei preparativi, l’organizzazione della mostra, l’allestimento, l’apparato comunicativo e promozionale e i principali suoi protagonisti: dai rappresentanti del Comitato esecutivo (Carlo Gamba, Ugo Ogetti e Nello Tarchiani) agli autori degli allestimenti, come l’architetto Tommaso Buzzi, Giuseppe Crosa di Vergagni, Luigi Piccinato, Enrico Lusini e lo scenografo Donatello Bianchini [2].

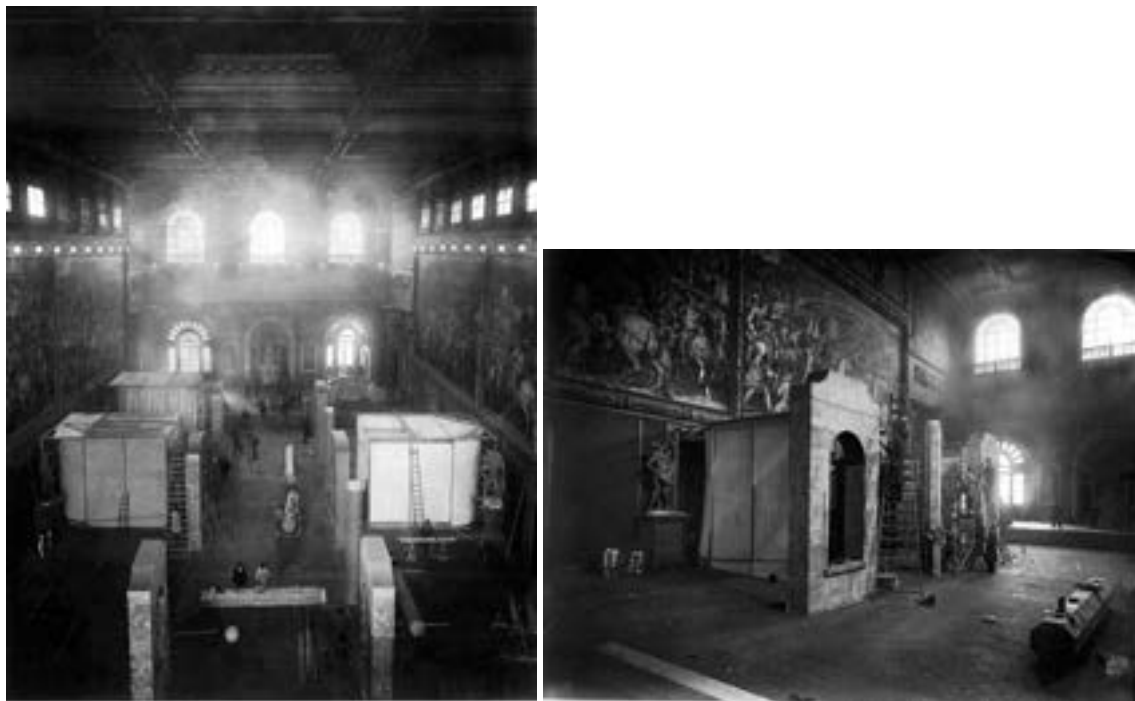
Emerge con forza come, alla base dell’esposizione, vi fosse la dichiarata volontà di Ugo Ogetti di mettere ideologicamente in luce il primato italiano nell’arte del giardino, che nei secoli aveva perso terreno rispetto, ad esempio a quella inglese: “Oggi fuor d’Italia, specie nel Nordamerica, con l’ostentato ritorno della ragione nell’architettura, anche il Giardino all’italiana torna di moda; e la Mostra viene perciò all’ora opportuna. Non più come nel ‘500 e nel ‘600 architetti e giardinieri nostri chiamati fuor d’Italia a disegnare giardini di stile nostro; ma architetti stranieri vengono in folla a studiare i nostri giardini e le nostre ville” [3].

L’organizzazione della mostra deriva da un progetto ambizioso che coinvolge moltissime professionalità da tutta Italia con il fine di raccogliere una ricca documentazione per tracciare l’evoluzione dell’arte del giardino in ciascuna entità regionale. Studiosi di storia locale e funzionari delle strutture statali decentrate, appartenenti a Soprintendenze, musei, archivi e biblioteche, coinvolti in qualità di membri di commissioni regionali, sono incaricati di segnalare e schedare i principali giardini d’Italia al fine di individuare gli oggetti più esemplificativi ai fini della mostra. Tutto ciò porta a costituire un percorso che si articola in 52 sale che raccoglievano una ampia declinazione di oggetti legati alla storia del giardino come arazzi, dipinti, stampe, libri, disegni, fotografie, plastici, modelli in cera di fiori e piante. Ma come presentare tutti questi materiali in modo da costituire un percorso fruibile dal pubblico? Le premesse sono riassunte nella dichiarazione sistematica di Nello Tarchiani, organizzatore della mostra insieme ad Ogetti e al conte Gamba: “la mostra dovrà radicare nel pubblico la persuasione che nell’architettura del giardino l’Italia ha un primato indiscutibile di tempo, di quantità e di qualità”. Mediante questa lettura topografica, tutta la mostra è suddivisa per “scuole regionali” ossia realtà storiche accostate in un grande contenitore geografico nazionale in cui vengono affiancate una serie di auto raffigurazioni dei documenti, rappresentazioni topografiche e didascaliche senza una sintesi storico critica vera e propria. È proprio nel primo Salone dei Cinquecento che la mostra esplicita la sua proposta programmatica, una sorta di viatico, una sintesi degli intenti dell’esposizione con i dieci modelli, concepiti in forma di diorama, ossia “teatrini”, scenografie o “presepi” spettacolari, inseriti per sintetizzare e raccontare visivamente la storia dell’evoluzione del giardino italiano attraverso i secoli e attribuendo ad ogni secolo una priorità regionale.

Questi teatrini costituiscono delle invenzioni storiche realizzate senza un criterio filologico vero e proprio, accostando in un grande *collage* elementi tratti da aulici esempi di giardini italiani. I modelli non riproducono quindi nessun giardino definito, ma cercano di dare al pubblico la rappresentazione ideale dei tipi più caratteristici nelle varie epoche del giardino attraverso una valenza scenografica che li rende una delle più grandi attrattive della mostra. I diorami devono la loro origine ad una volontà espressa dagli organizzatori di affiancare alla mostra la ricostruzione in grandezza naturale di alcuni tipi di giardino storico negli spazi delle cascate del Quercione, le Cornacchie e la Tinaia. Le difficoltà tecnico pratiche legate a questo progetto portarono la direzione a surrogare l’idea iniziale nella forma contenuta dei dieci plastici all’interno del Salone dei Cinquecento. Secondo le parole di Ogetti ciascun modellino doveva ricordare “Un giardino che riassume generalmente e chiaramente gli elementi essenziali e tipici di detti giardini” [4].

I modelli esemplificano il principio del giardino come simmetria architettonica in accordo con l’edificio, la misura e la composta semplicità che si riflette nell’accostamento di aiuole, cespugli, terrazze, grotte, fontane in un equilibrio creato dal dominio dell’uomo sulla natura. Le pietre lavorate assumono la stessa importanza delle piante e le stesse devono sottostare ad una crudele disciplina piegata all’equilibrio con l’edificio architettonico. I diorami sono il risultato di una sintesi calligrafica delle connotazioni più banali dello stile che porta a distinguere in base all’identità regionale tre macro-gruppi: il giardino romano, che modifica lo spazio con severità cingendolo in muraglioni e terrazze, modellando e riplasmando le alture naturali e domando la potenza dell’acqua; il giardino toscano, caratterizzato dal disegno simmetrico ed elegante che si accosta all’ambiente naturale in armonia e il giardino veneto in cui si ritrova la predominanza del colore e la dolcezza delle forme. Principi comuni tra queste tre tipologie sono la posizione in altura e la presenza dell’acqua, elementi che si ritrovano costantemente in tutti e dieci i modellini. L’esecuzione materiale di tutti i modellini fu affidata allo scenografo Donatello Bianchini e l’inquadramento architettonico a Enrico Lusini, ma la progettazione fu fornita a seconda delle regioni dagli specialisti locali. I modelli rappresentavano: il giardino dei romani, il giardino toscano del ‘300, il giardino fiorentino del ‘400, il giardino fiorentino del ‘500, il giardino genovese tra cinque e seicento, il giardino romano tra cinque e seicento, il giardino veneziano del ‘700 e in ultimo il giardino romantico. La realizzazione concreta dei diorami è stata un’operazione molto complessa e che ha sicuramente richiesto l’impiego di molte maestranze. Le fasi di allestimento sono state documentate grazie alle riprese fotografiche (con negativo su lastra di vetro) ricercate nel Gabinetto della Soprintendenza alle Gallerie di Firenze

in occasione della mostra fotografica organizzata da Marilena Tamassia nel 2006. In queste immagini sono visibili le strutture costituite da leggeri telai lignei rivestiti da tendaggi bianchi. I diorami infatti erano sopraelevati da una pedana ed erano inseriti all'interno di questi contenitori che contribuivano a racchiudere la composizione costituendo un micromondo. Dalle foto sono visibili anche le scenografie che costituivano la facciata dei contenitori; queste sono composte da finestre centinate intercalate dalla presenza di colonne ottagonali. L'effetto ottenuto era quello di un ingresso monumentale alla quale gli spettatori dovevano affacciarsi per poter godere del plastico con un punto di osservazione rigorosamente definito. Questi teatrini erano corredati da effetti scenici come le luci magistralmente disposte per l'esaltazione di determinati elementi, talvolta giochi di acqua corrente, figure animate, piante e fiori naturali (Figg. 1-2).



Figg. 1-2 Allestimento dei “teatrini” nel Salone dei Cinquecento a Palazzo Vecchio, 1931 (Gabinetto fotografico delle Gallerie degli Uffizi, nn. inv. 81803, 81805)

Dalle foto storiche dell'allestimento risulta evidente come anche la tenda costituente il contenitore è stata organicamente legata al diorama diventandone parte integrante dello sfondo su cui disporre bordure verdi e ampliare le prospettive degli spazi intorno al giardino. Anche la soluzione adottata di realizzare la parete di fondo a forma semicircolare contribuiva ad abbracciare la veduta del modellino avvolgendolo e creando con esso un tutt'uno, così come riportato ad esempio nella lista dei materiali impiegati per la realizzazione del giardino cinquecentesco fiorentino, formato da “inquadratura con tele laterali, nere e color cielo, fronde di leccio...” [5]. L'importanza del plastico risiedeva sia nella sua evidenza materiale ma anche nella rete di rapporti che lo legava alla reinvenzione novecentesca del giardino antico. L'aspirazione espressa era quella di rendere tangibile attraverso rievocazioni gli ambienti di un aulico e glorioso passato. Il diorama del giardino cinquecentesco fiorentino non a caso era stato progettato da Enrico Lusini, l'architetto infatti era stato lungamente impegnato nel restauro del giardino del Palazzo Medici Riccardi e nella riqualificazione del giardino su via de' Ginori, esempi di un'esercitazione neorinascimentale inserita in un contesto sfigurato dalle trasformazioni avvenute nel tempo. Il diorama di giardino cinquecentesco fiorentino era il risultato di una formalizzazione di archetipi che rimandavano ai disegni del Tribolo per il giardino di Castello, alla descrizione del Vasari e al giardino di Boboli. Le parti murate derivavano da creazioni dell'Ammannati. È possibile trovare molte corrispondenze e rimandi dell'impianto compositivo del diorama con le raffigurazioni di Villa di Castello e del Belvedere di Palazzo Pitti nelle celebri lunette del XVI sec. di Giusto Utens conservate presso la Villa medicea della Petraia a Firenze. Dalla lunetta di Palazzo Pitti si possono trovare molte corrispondenze significative nella distribuzione geometrica del giardino a parterre e nella presenza di edicole inserite lungo murature perimetrali, mentre dalla lunetta raffigurante Villa di Castello sembra sia stata mutuata la soluzione del boschetto di cipressi che incornicia la fontana centrale, evocativa della fontana tribolesca di Venere Fiorenza, e soprattutto la presenza di una doppia facciata monumentale di fondo, suddivisa su due registri da una successione di agrumi in vaso, che accoglie teorie di edicole con ingresso centrale monumentale. Anche la grande vasca decorata dal gruppo scultoreo del Nettuno e il padiglione centrale inserito all'apice della collina sono elementi attinti dal modello del giardino di Villa di Castello. I diorami riscossero un grande successo al punto da ipotizzare, a mostra appena

ultimata, di poter costituire con essi il primo nucleo di un futuro museo del giardino italiano da allestire presso la Villa medicea di Castello “adattissima allo scopo includendo uno più insigni esemplari di giardino italiano”. In seguito alla mostra i modellini, smontati e imballati in casse di legno contrassegnate, sono stati spostati nei depositi della villa medicea di Castello. Con la Seconda guerra mondiale la villa venne occupata dal comando militare tedesco e nel 1944 dalle forze alleate. Tutte le casse e i pezzi sciolti vennero quindi trasferiti nei depositi seminterrati di Villa Petraia, dove attualmente si conservano, in parte ancora sigillati all’interno delle casse in legno originali. Proprio in questi depositi vennero ritrovati e apprezzati da Vincenzo Cazzato, architetto e studioso di giardini. Non è stato possibile reperire informazioni più dettagliate sulla storia conservativa del diorama, ma è documentata nel 1988 una ricognizione conoscitiva dei materiali e del loro stato di conservazione da parte della Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici di Firenze. L’indagine poneva in luce il preoccupante stato di degrado dei materiali imputabile sia al frettoloso trasporto del 1944 sia all’alterazione della materia stessa. Lo stanziamento di alcuni fondi ministeriali permise un riordino parziale di alcuni pezzi e la valutazione della presenza di un’alta percentuale di parti originali. Nel 1992 si riuscì a restaurare il modellino del giardino fiorentino del ‘400 grazie a una “erogazione liberale” concessa dal Centro Moda per l’esposizione nella Mostra dedicata all’architettura al tempo di Lorenzo il Magnifico nello Spedale degli Innocenti; mentre in anni più recenti sotto la guida di Isabella Lapi Ballerini si è proceduto al recupero e al restauro del Giardino fiorentino del Cinquecento.

Tecnica esecutiva

Il diorama relativo al giardino cinquecentesco è un manufatto polimaterico composto da molteplici elementi. La struttura di base è costituita da uno sfondo, un fondale e quattro plance accostate che costituiscono lo sviluppo orizzontale del giardino (Fig. 3a). Lo sfondo dipinto a tempera su una preparazione bianca, probabilmente a base di gesso, raffigura un cielo aperto su un paesaggio pedemontano e collinare suddiviso su due piani prospettici ed è probabilmente frutto di una realizzazione risalente all’ultimo montaggio dell’opera in occasione della mostra del 1992. Il giardino si articola in un complesso gioco di terrazze, gradinate ed edicole distribuite su un’altura che conducono lo sguardo dello spettatore a confluire nella parte architettonica centrale di coronamento. Nella parte piana prospiciente si sviluppa, invece, il giardino a parterre, costituito da edicole, aiuole simmetriche e fontane collegate tra loro da sentieri che si snodano su direttrici regolari e geometriche. (Fig. 3b)



Fig. 3a Lo sfondo è realizzato su un pannello di compensato di cm 560x125 e di mm. 5 di spessore e si accosta, in contro sagoma, al fondale avvolgendolo.

Fig. 3b La struttura del fondale è composta da una cassa alta 25 cm a forma semi ellittica ed è raccordata alla plancia in lamellare di abete sottostante. Sul retro la cassa raggiunge l’altezza di 43 cm grazie alla giustapposizione di un pannello di 5 mm di spessore che corre per tutta la lunghezza e funge da fodera. Le connessioni tra le varie parti sono assicurate da colla, viti chiodi e graffette metalliche. Sul retro l’andamento semi ellittico è rafforzato dalla presenza di montanti verticali lignei, che hanno la funzione di mantenere in forma la sagoma centinata della cassa stessa e il fondale.

Sul fronte è stata realizzata la quinta di cespugli ed elementi vegetali che costituiscono l’altura e su cui si articolano i piani delle terrazze e le scale. Queste alture collinari sono formate per addizione di piccole masse di materiale come carta e ovatta sovrapposte e incollate tra loro con una colla sintetica. Per riprodurre l’aspetto

naturale l’intera superficie è stata colorata ad imitazione della terra ed è stata rivestita con particolato grossolano verde scuro e licheni a riproduzione della bassa vegetazione. Sulla parte apicale, invece, sono inseriti dei piccoli pini costituiti da un’anima metallica, filamenti sintetici e tronco in carta colorata a tempera. Nella parte centrale è presente una grande vasca semicircolare, tagliata da un muretto frontale, realizzato in legno e presenta una preparazione ed una finitura identica a quella degli altri elementi murari del modellino. Internamente invece la vasca è decorata da elementi plastici ad imitazione di rocce e grottini naturali in terra cruda lavorata direttamente sul supporto a colpi di spatola o attraverso imprimitura di *texture* regolari, per dare maggiore naturalezza alla composizione. Tutta la superficie trattata a terra cruda è stata successivamente velata con tinte naturali. Per amplificare ulteriormente l’effetto scenico sono stati inclusi nella terra cruda dei pezzetti di vetro per ricreare con le luci l’effetto dell’acqua e sono stati inseriti in modo casuale alcuni licheni all’interno delle asperità del roccioso ad imitazione della vegetazione. Anche sul piano del fondale, ai piedi dell’altura, sono distribuite ordinatamente diverse aiuole verdi. Il giardino a parterre, decorato ad imitazione del manto erboso, è costituito da aiuole rettangolari e simmetriche ed è realizzato con fogli di compensato vincolati alla plancia di supporto mediante viti metalliche. Su questa superficie sono stati applicati ulteriori spessori in compensato di forma regolare che costituiscono il gioco di aiuole fiorite angolari. Nel centro delle aiuole sono presenti le sedi impennate, idonee alla disposizione dei bossi. Il pannello in multistrato fenolico, costituente il fronte dell’alzata della cassa del fondale, acquista valenza di edificio: infatti è rivestito da un ulteriore foglio di masonite, di mm 5 di spessore è provvisto di preparazione e finitura a imitazione dell’effetto marmoreo delle altre parti architettoniche e costituisce la struttura su cui poggia il terrazzamento principale del giardino. Su questa facciata sono presenti cinque sedi, ricavate nello spessore del multistrato, in cui trovano alloggio cinque edicole. Le plance costitutive il giardino a parterre sono quattro e hanno dimensioni differenti, sono realizzate in lamellare monostrato di abete rosso, e sono rivestite a sandwich da due fogli di 4 mm di pioppo formando un paniforte [6]. Ogni plancia ospita un quarto della sede circolare a gradoni del boschetto dei cipressi. Quest’ultima è alta circa 6 cm, ha un diametro di 120 cm ed è realizzata con listelli di legno vincolati tra loro tramite colla, chiodi e viti. Le strutture così costituite sono completamente rivestite da particolato colorato, ad imitazione del manto erboso, di diversa granulometria a seconda delle zone. Questo è ottenuto sia dallo sminuzzamento di elementi vegetali sia da scarti di lavorazione del legno selezionati in base alla grandezza in seguito a setacciatura. Complessivamente si possono distinguere quattro tipologie di particolato in base alla granulometria (Fig. 4) :

- I viali centrali sono realizzati con limatura di segatura leggera al naturale;
- le aiuole erbose riportano una superficie costituita da aghi di conifera finemente sminuzzati e colorati di verde;
- i vialetti interni alle aiuole sono composti con segatura molto fine di legno;
- la sede circolare del boschetto di cipressi è ricoperta di una limatura irregolare e grossolana di legno.



Fig. 4 confronto tra le diverse granulometrie evidenziate dalla campagna di macrofotografie realizzate a corredo dell'intervento

I leganti impiegati per l'adesione di queste limature sono di natura sintetica, probabilmente colle viniliche. È ipotizzabile che la granulometria presente sui viali centrali sia di ripristino in quanto non presente sui vialetti del fondale. All'interno del paesaggio naturale così composto sono inseriti gli elementi architettonici: scalinate, balaustre, edicole, realizzati in scagliola o in gesso da presa colato in una contro forma negativa. La superficie è trattata pittoricamente ad imitazione della pietra e non è provvista di finitura. Sono presenti diverse tipologie di edicole all'interno del plastico, intervallate da pannelli decorati a finta parete, e si differenziano per dimensioni, forme e funzioni:

- Sedici edicole con nicchia sono distribuite su tutto il perimetro del parterre, scandendo così gli spazi e dando senso alle direttrici spaziali dei viali;
- cinque edicole compongono, insieme ai muri, il primo sfondo del giardino a parterre, l'edicola inserita in posizione centrale presenta il timpano centinato e riporta una data in numeri romani MDLXIV;
- cinque edicole sono inserite nel fronte dell'alzata della cassa e costituiscono, insieme ai limoni, il secondo piano dello sfondo del parterre. L'edicola posta in posizione centrale è in stile rustico ed è decorata da racemi fogliati che incorniciano l'arco. Questi elementi vegetali hanno una struttura in poliuretano e sono rivestiti da uno strato gessoso. È ipotizzabile che siano stati eseguiti liberamente in seguito alla formatura per colatura dell'edicola;
- sulla cassa del fondale, in posizione predominante è presente un'ultima edicola molto articolata e ricca che costituisce il punto di fuoco a cui l'occhio dell'osservatore inevitabilmente confluisce osservando il modellino nella sua interezza.

Sul parterre del fondale sono presenti muretti laterali fissi che seguono l'andamento delle scalinate realizzati su multistrato nobilitato da un foglio di legno, mentre i muretti mobili sono costituiti in legno massello[7]. Tutti questi elementi presentano sia sul fronte che sul retro una preparazione e riportano la volontà di imitare pittoricamente una superficie murale a fondo ocra; talvolta sono inseriti anche dei racemi dipinti direttamente sulla superficie, completati in alcune parti con una limatura verde o color legno applicata mediante colla per simulare l'edera. In altri casi invece sulla superficie sono stati incollati dei rametti fogliati realizzati in materiali naturali, utilizzati anche per alberelli a decorazione della aiuole in polistirolo. Quest'ultimo è stato rivestito con del cotone impregnato di colla e sulla superficie è stata applicata un particolare incoerente composto dai residui

distaccati dalle altre parti del plastico. Gli alberi sono realizzati con diversi metodi a seconda della specie botanica. I cipressi, 79 in tutto, sono costituiti da un'armatura lignea verticale su cui è stata avvolta un'imbottitura in poliuretano espanso, rivestita con della gommapiuma finemente sminuzzata e colorata.

I quattro alberi inseriti sui vertici del giardino a parterre sono realizzati anch'essi su un supporto ligneo verticale con le ramificazioni costituite da filo metallico. L'intera composizione è stata rivestita esternamente da carta colorata marrone ad imitazione della corteccia. Sulle ramificazioni metalliche sono stati disposti i licheni naturali, raggruppati e vincolati tramite dei punti di colla ai rami.

L'impiego di licheni per scopi decorativi vede il coinvolgimento dei paesi scandinavi in importanti attività di import-export. In particolare *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda, dall'elegante tallo fruticoso di forma globosa, è la specie su cui si è concentrato tale interesse economico sin dal 1910 quando in Finlandia è stato avviato il suo utilizzo commerciale, con cicli di raccolta ed esportazione regolamentati in una fase successiva. *C. stellaris* è una specie a distribuzione circumpolare, estremamente rara e protetta (L.R. Valle d'Aosta, 7.12.2009, n. 45, Allegato A) in Italia è presente solo sull'arco alpino, mentre forma estesi e densi tappeti nei boschi di conifere in Norvegia, Svezia e Finlandia. In genere allo stato secco i licheni sono fragili ma la possibilità di stabilizzarli, processo grazie al quale i talli vengono infiltrati con una soluzione di glicerina, conferisce loro morbidezza e flessibilità. La possibilità poi di colorarli li rende pertanto duttili ai più svariati utilizzi (Piervittori, 1998; Modenesi, 2015; Nimis & Martellos, 2017).

Gli alberi in vaso sono realizzati ad imitazione di piante di limoni (Fig. 5).



Fig. 5 Sono costituiti da un'armatura metallica su cui è stato avvolto un filamento di carta appositamente sagomato in modo da formare una serie di fogliette in successione. Questo filamento è stato realizzato o per estrusione o tramite delle fustelle. Sulle punte dei rametti il rivestimento in carta ingloba anche i limoni. Questi ultimi sono costituiti da un'anima in filo di cotone e da un corpo in stucco. I vasi in cui sono inseriti sono in terra cruda grigia simile a quella impiegata per il roccioso della vasca del fondale.

Le siepi di svariate forme, tornite e a parallelepipedo presentano tutte un supporto ligneo lavorato e assemblato per ottenere la forma voluta. Esse differiscono tra loro per lo strato decorativo che le ricopre, infatti sono stati utilizzati materiali naturali diversi per natura, granulometria e colore, al fine di ricreare effetti naturalistici differenti. In questo scenario, in cui natura e architettura risultano completamente integrati, sono inseriti tutti gli elementi decorativi più minuti come statue, fontane e cespugli, che completano il gioco suggestivo e animano la scena. Le statue, poste a coronamento delle balaustrate o inserite all'interno delle nicchie sono realizzate mediante colatura in stampo di gesso da presa o scagliola e sono cromaticamente adeguate ad imitazione del marmo. Il gruppo scultoreo composto da Nettuno sorretto da due telamoni invece è realizzato liberamente in modellato in terracotta su di un'armatura metallica ed è rifinito ad imitazione del

bronzo, della pietra e del marmo a seconda delle parti. Sulla parte sottostante della base sono visibili segni di lavorazione e anche le impronte digitali lasciate dall'artista in fase di esecuzione. Anche il tridente del dio è realizzato in metallo, presumibilmente lamierino zincato. Ulteriori elementi inseriti solo in appoggio sono le due fontane. Queste ultime sono realizzate mediante calco con anima metallica e suddivise in più elementi verticali da sovrapporre. La fontana più piccola presenta un trattamento superficiale a imitazione della pietra e riporta su tutta la superficie una finitura lucida. La fontana grande invece, è un pezzo unico, ed è costituita da una vasca in gesso da presa a cui si accosta una piccola scalinata, anch'essa in gesso. Entrambe presentano una stesura a tempera magra senza alcuno strato protettivo.

Stato di conservazione

L'opera è molto complessa ed articolata sia nella composizione sia per l'estensione e le tipologie di degrado rilevate. La grande varietà di materiali presenti sul diorama non permette di ricondurre l'opera ad un unico ambito settoriale né a ordinarie problematiche conservative, tuttavia, all'interno di questo contributo, si cercherà di semplificare al massimo l'argomento per ricostruire un quadro generale dei degradi presenti. Sul manufatto sono stati rilevati sia elementi di origine naturale sia composti sintetici, i quali, pur coesistendo, sono interessati da problematiche e cicli di invecchiamento molto diversi.

Ad una prima analisi visiva tutto il plastico si presentava ricoperto da uno strato di particolato polverulento adesivo e aggregato alla superficie che offuscava completamente la lettura di molti elementi, delle superfici e dei colori della vegetazione, restituendo un'immagine complessiva del diorama alquanto decadente.

La gran parte degli elementi realizzati con granulometrie di rivestimento superficiale, riportavano diffuse decoesioni e distacchi dovuti sia alla depolimerizzazione dei materiali che all’invecchiamento degli adesivi utilizzati. Il particolato distaccato, unitamente alla polvere, era presente su quasi tutte le superfici del parterre e del fondale. Su tutte le quattro planche le parti maggiormente interessate da questo degrado erano i quarti costituenti la sede del boschetto centrale dei cipressi. Su queste zone infatti erano presenti diverse granulometrie di rivestimento, tutte estremamente decoese e costituenti un discreto spessore.

Molti elementi mobili del diorama infatti presentano perni o armature metalliche che hanno dato origine a fenomeni di ossidazione portando conseguenze anche per i materiali a cui sono associati. In molti casi infatti i fenomeni di degrado riscontrati sono imputabili alla concatenazione di più fattori, come le variazioni termoigrometriche, le condizioni conservative non idonee, l’invecchiamento dei materiali organici e gli interventi precedenti effettuati con materiali non coerenti.

Ulteriori problematiche generali come abrasioni, distacchi di piccole porzioni di supporto e decoesioni del film pittorico si possono ritrovare anche sugli elementi architettonici come le edicole, le fontane mobili e la vasca fissa sul fondale. Quest’ultima in particolare, realizzata in terra cruda, riportava le maggiori conseguenze a livello conservativo. Il materiale costitutivo estremamente delicato, sensibile alle variazioni termoigrometriche e alle sollecitazioni meccaniche indotte dal supporto presentava una superficie solcata da un profondo cretto regolare, con numerose lacune ed evidenti sollevamenti.

Sono state rilevate anche alcune lacune e mancanze delle piccole sculture presenti a coronamento degli elementi architettonici.

Nel corso dell’analisi e studio dell’opera è emersa l’esigenza di esaminare più a fondo l’entità e la distribuzione degli interventi precedenti osservati. Dalla comparazione del fondale con le foto storiche è emersa chiaramente la rielaborazione di una parte del fondale localizzata nella zona sul retro della vasca semicircolare.

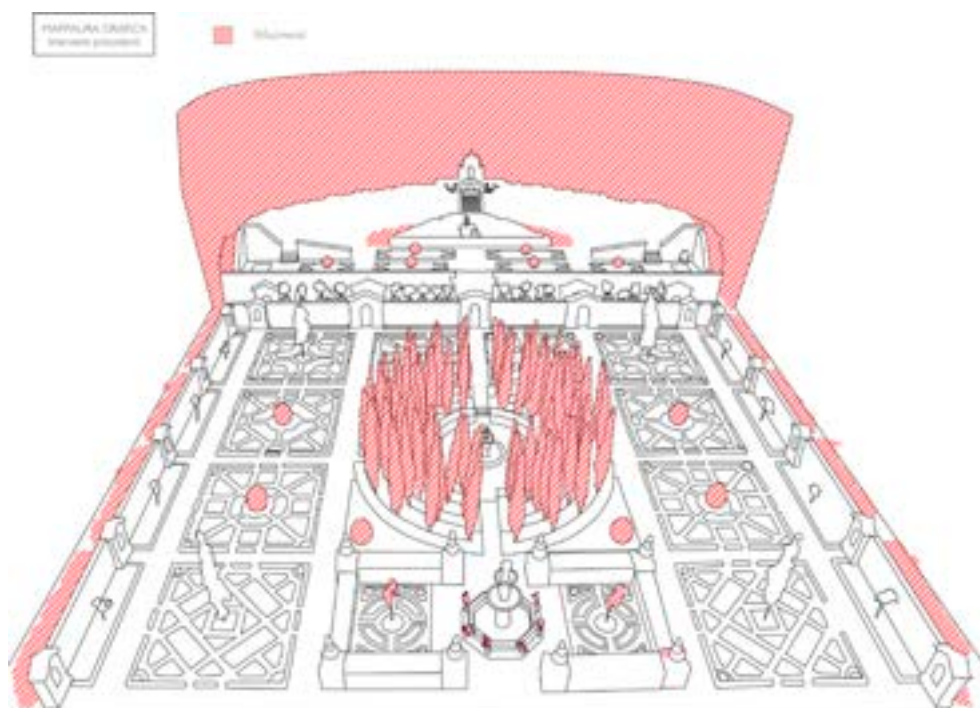
La parte è perfettamente riconoscibile in base alla granulometria impiegata a rivestimento. Quest’ultima infatti è composta dai residui ricavati dalla decoesione di altri elementi del plastico, come la polvere di gommapiuma decoesa utilizzata per rivestire i cipressi o la limatura costituita da segatura colorata. Sulla superficie inoltre sono presenti pezzi di corteccia e materiali incongrui che si riscontrano solo nelle aiuole in polistirolo che perimetrano tutto il plastico; queste ultime sono state realizzate nel 1997 probabilmente con materiali di risulta. Il rifacimento di questa porzione cambia notevolmente la percezione del fondale che originariamente era caratterizzato da un viale semicircolare che seguiva e assecondava maggiormente l’andamento curvilineo della fontana. Anche i cipressi in poliuretano espanso sembrano riconducibili a sostituzioni recenti e presentano un degrado irreversibile legato alla depolimerizzazione del materiale che lascia il supporto nero sottostante a vista.

È ipotizzabile che anche parte della limatura di legno presente sul parterre e su parte delle siepi sia di ripristino in quanto non coerente come granulometria su tutto il manufatto. Queste zone sono caratterizzate da una concentrazione maggiore di particolato e dalla presenza di gore o sbiancamenti del supporto imputabili all’utilizzo di colle non idonee. Numerosissimi sono stati gli incollaggi riscontrati con adesivi non idonei sui limoni e sugli alberi composti da licheni; sono stati individuati anche diversi conglomerati di ciano acrilato utilizzati con la funzione di consolidare i rametti. Questi incollaggi non coerenti hanno portato alla formazione di ulteriori fenomeni di degrado soprattutto sul metallo, sui licheni e sulla carta di rivestimento. Tracce di adesivi sintetici sono state ritrovate anche sui muretti perimetrali con la funzione di vincolare le liane di edera e gli elementi floreali.

Ulteriori interventi precedenti hanno interessato sia le fontane che le edicole. In entrambi i casi è possibile individuare sia stesure pittoriche e velature superficiali non coerenti sia la sostituzione o il rifacimento di alcune porzioni, talvolta anche con materiali relativamente recenti come la resina epossidica Araldite®.

Anche lo sfondo è frutto di un rifacimento relativamente recente. Il fondale originale infatti riportava un paesaggio tipicamente toscano, formato da una veduta collinare proporzionata rispetto alle dimensioni del plastico.

L’acquisizione di questi dati tecnici rilevati dall’osservazione macroscopica uniti alle indagini multispettrali e ai documenti storici acquisiti, ha permesso la redazione di una mappatura grafica per restituire graficamente gli interventi precedenti rilevati (Fig. 5).



Didascalia Fig 6: rilievo grafico degli interventi precedenti (realizzato da Lorenza Ghionna, CCR La Venaria Reale)

Intervento di restauro conservativo

L’approccio utilizzato per comprendere l’oggetto si è rivelato fondamentale per definire un valido metodo d’intervento. Il lavoro si è sviluppato grazie ad un’attenta riflessione sul significato dell’opera, sia come oggetto polimaterico, composto da materiali poveri (legno, carta, ferro, gesso, colla), tipici della progettazione per le scenografie teatrali e gli apparati effimeri in generale, ma anche come veicolo di un messaggio programmatico inserito nella cultura novecentesca nazionalista che lo ha generato. La sua analisi storica ha contribuito a fornire le chiavi interpretative per impostare in modo metodologicamente corretto l’intervento di recupero, guidando il lavoro dei restauratori.

Il diorama è un insieme composto da più di 200 elementi molti dei quali mobili. Presi singolarmente gli elementi sono interessanti dal punto di vista tecnico e per lo studio dei materiali ma non restituiscono alcun progetto di massima. Solo nell’insieme acquisiscono un vero significato. Molti di questi elementi sono facilmente riproducibili in serie. La comprensione del messaggio trasmesso e del contesto culturale in cui l’oggetto è nato ci ha portato a riflettere sull’identità del diorama stesso giungendo alla conclusione che fossero da preservare i significati culturali e storici di cui l’opera è portatrice, restaurando la materia di un manufatto depositario di un messaggio per ricomporne il significato semantico. Attraverso la pulitura e il consolidamento delle singole parti, l’intervento pertanto si è focalizzato sulla ricostruzione dell’immagine complessiva. Partendo dai materiali costitutivi originali, si è cercato di restituire quell’effetto prospettico d’insieme in linea con gli intenti dei curatori della mostra, privilegiando unità e chiarezza di lettura.

Considerando la diffusione degli interventi precedenti individuati ci si è resi perfettamente conto che il diorama nel tempo è stato ripreso più volte. Molti rifacimenti sono chiaramente distanti da quello che potevano essere in origine gli oggetti. Alcuni sono stati eseguiti mantenendo l’idea iniziale ma ricostituiti con materiali sintetici chiaramente denunciati (come i cipressi in poliuretano espanso) altri invece sono stati riproposti con forma e materiali completamente diversi dagli originali. Questo è chiaramente verificabile dalla comparazione delle foto storiche con la situazione attuale.

Per individuare un valido metodo di pulitura sono stati effettuati differenti test mediante l’utilizzo dell’apparecchiatura laser (Laser CQS 130 mJ-7Hz-m.5) e con gomme e pennellesse, ma in entrambi i casi non si sono percepiti sostanziali cambiamenti. La superficie dopo la pulitura risultava ancora interessata da consistenti depositi polverulenti. In ultimo è stata testata e definita la pulitura con aspiratore museale e pennellino a setola morbida utile per agevolare l’operazione di pulitura permettendo attraverso l’azione meccanica di scalzare i depositi aggregati. La pulitura del parterre e delle siepi in massello pieno è stata un’operazione molto lunga e complessa, condotta su tutte le superfici mediante aspiratore museale a potenza

regolabile [8] provvisto di un sistema di filtraggio per la raccolta di tutto il particolato distaccato o solo lievemente adeso alla superficie (Fig 7a, 7b).

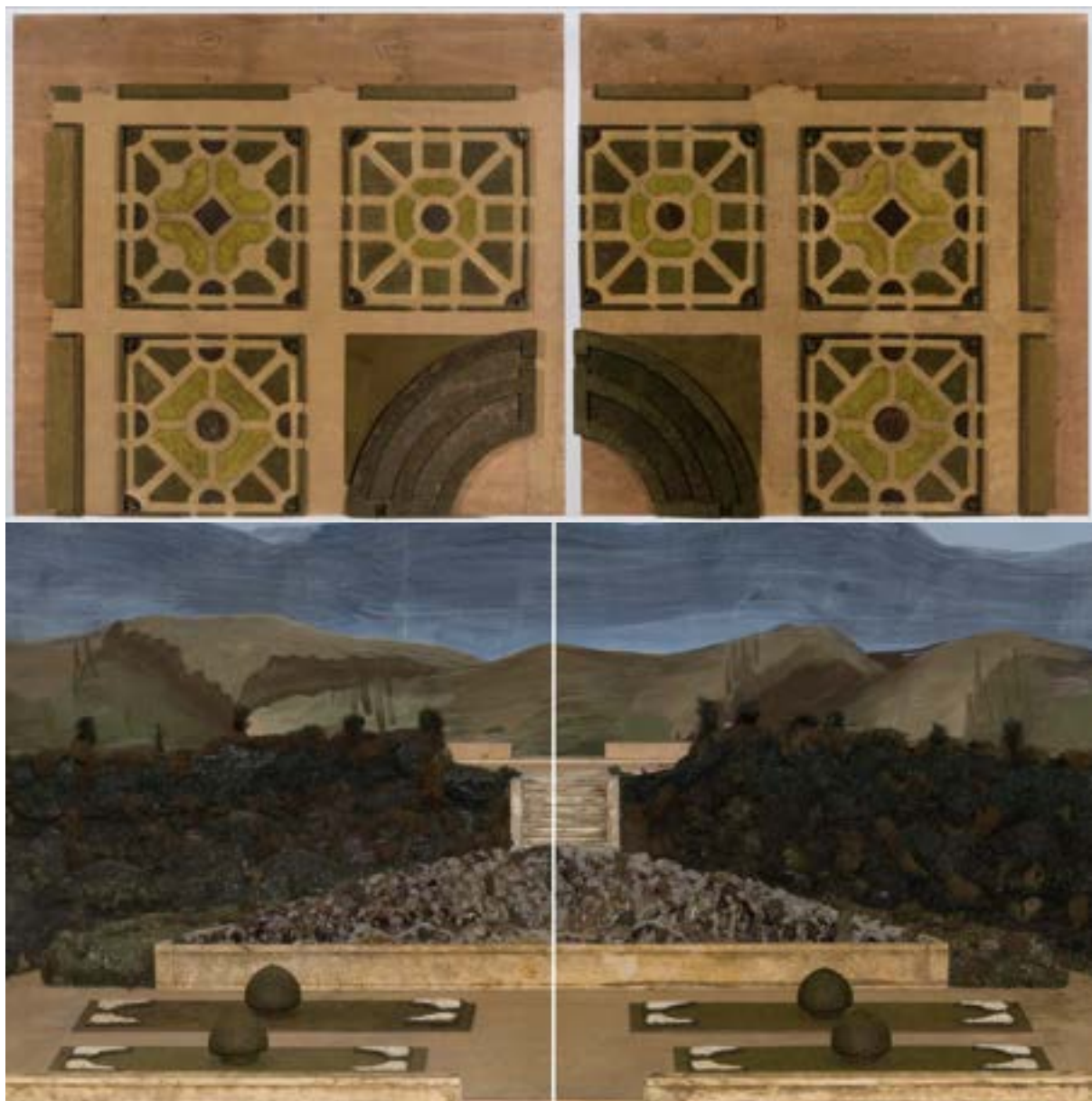


Fig. 7a Confronto tra i pannelli del parterre prima e dopo la pulitura, 7b particolare della metà pulitura del fondale.

Il materiale così estrapolato è stato poi ripulito dai depositi polverulenti mediante passaggi successivi di aspirazione con filtri a differente densità di trama ed è stato opportunamente conservato in recipienti etichettati per mapparne la provenienza sul diorama e garantirne la corretta ricollocazione futura.

In seguito è stato affrontato il consolidamento e la ricollocazione dei materiali raccolti durante le fasi di aspirazione. Sono stati eseguiti numerosi test che hanno incluso sia materiali sintetici sia materiali naturali con lo scopo di individuare un prodotto compatibile con i materiali originali, che non portasse alla formazione di gore o zone sature e che inoltre soddisfacesse la penetrazione del consolidante nel particolato e assicurasse anche l'adesione al supporto. Le superfici interessate da decoesione sono state trattate con alga Fu-Nori, microdispersione acrilica K 52® e con Alcool Polivinilico Gelvatol®. Sulle superfici del parterre i migliori risultati a livello estetico e di coesione sono stati raggiunti mediante utilizzo di Gelvatol®[9] a spruzzo, attraverso una serie di nebulizzazioni. In seguito sono state integrate le zone lacunose con il materiale raccolto durante le fasi di aspirazione applicato con Fu-Nori al 1,5 %.

Anche il prato del boschetto dei cipressi, caratterizzato da un rivestimento superficiale disomogeneo e spesso (imputabile a successivi rimaneggiamenti) è stato oggetto in seguito al consolidamento di un ulteriore passaggio con il Fu-Nori Kremer al 1,5 %. La percentuale di utilizzo è stata individuata attraverso diverse prove per definire il potere adesivo e la densità ottimale per l'applicazione a pennello.

I cipressi rivestiti di poliuretano espanso sono stati trattati con microdispersione acrilica K 52® Kremer a spruzzo [10].

Il prato del boschetto dei cipressi e i cipressi stessi sono stati gli unici elementi che in accordo con la Direzione Lavori si è scelto di integrare con materiali nuovi. La scelta è stata dettata dalla presenza di numerose lacune che lasciavano a vista i supporti conferendo un aspetto disomogeneo e disordinato all'insieme. Nel primo caso è stata applicata una polvere fine di segatura opportunamente colorata attraverso aniline all'acqua incollata mediante Fu-Nori. In seguito, sono stati eseguiti ulteriori passaggi di consolidante Gelvatol® nebulizzato.

L'integrazione dei cipressi è stata eseguita con polvere di poliuretano espanso, ottenuto per sminuzzamento di gommapiuma setacciata fino ad ottenere una granulometria compatibile e tonalizzata con aniline all'acqua, applicata mediante impiego di Fu-Nori e successivo passaggio a spruzzo di microdispersione acrilica K 52®. Il prodotto si è rivelato ottimale per l'esecuzione di queste operazioni in quanto completamente opaco e in grado di riconferire morbidezza e sofficità alla superficie (Fig. 8).



Figura 8 Particolari delle operazioni di risarcimento delle lacune di limatura in poliuretano dei cipressi.

Particolare attenzione è stata riservata al consolidamento degli oggetti mobili, come gli agrumi in vaso e i pini inseriti sulla collina del fondale. I limoni sono stati oggetto di un puntuale intervento di ricostituzione della forma della fronda arborea attraverso la fermatura di tutti i rametti decoesi e l'incollaggio di quelli distaccati. Gli elementi più deboli sono stati consolidati con una piccola quantità di colla a presa rapida e successivamente rinforzati con filo di cotone avvolto a conferire maggiore resistenza. Si è proceduto quindi a fasciare questo impianto con piccole strisce di carta giapponese [11] incollate con il Fu-Nori e tonalizzate con colori ad acquarello. Per rendere più armonica e folta la chioma, le foglie accartocciate o piegate malamente sono state distese attraverso l'utilizzo di un termocauterio a bassa temperatura. Si sono eseguiti anche piccoli ritocchi di colore sui vasi in terra cruda, soggetti a perdita di pellicola pittorica a causa di danni antropici.

I pini invece riportavano un collasso della struttura portante verticale costituita da un filamento metallico, interessato da fenomeni di ossidoriduzione che non garantiva più alcun sostegno. Dopo un'attenta analisi si è deciso di smontare completamente la struttura, recuperando tutti i filamenti costitutivi le fronde, per ricostituirne una nuova con la medesima tecnica, ma con un filo metallico rivestito con guaina gommata verde.

Le edicole mostravano una evidente disomogeneità cromatica. È stato effettuato il consolidamento del materiale gessoso per mezzo di microemulsione acrilica, Acril 33, attraverso puntuali iniezioni in prossimità dei piccoli e diffusi sollevamenti. Una pulitura mirata è stata condotta per alleggerire le stesure più spesse, cercando di

raccordare le disomogeneità cromatiche tra le edicole. Sono stati eseguiti svariati test di solubilità sperimentando diverse miscele di solvente libero [11] e alcuni nanorestore cleaning [12] riscontrando una notevole difficoltà nella discriminazione degli strati caratterizzati da stesure fragili e sensibili ai mezzi acquosi. La metodologia che ha portato agli esiti migliori è stata quella meccanica. Ci si è avvalsi di bisturi e dell'ammorbidente della superficie con acqua demineralizzata stesa a tamponcino. Successivamente si sono stuccate le lacune con miscela a base di gesso e colla animale e si è provveduto a integrare per mezzo di colori ad acquarello e matite le disomogeneità cromatiche ancora presenti. I ritocchi riconducibili agli interventi precedenti sono stati corretti con la medesima metodologia.

Le fontane mobili sono state oggetto di spolveratura e detersione superficiale con Tac al 3% per asportare lo sporco aggregato. Si è scelto di rimuovere la velatura non originale per far emergere lo strato sottostante caratterizzato da una stesura lucida di colore giallo ocra. Sono state effettuate puntuali stuccature con gesso e colla in prossimità dei bordi più esposti e adeguate cromaticamente mediante colori a tempera. La grande vasca del fondale è stata oggetto di un preconsolidamento con puntuali iniezioni di Primal® e di una successiva spolveratura con pennellesse a setola morbida e aspirazione dei residui. Successivamente si è proceduto con le operazioni di pulitura mediante utilizzo di ligroina, solvente apolare idoneo all'applicazione su superfici estremamente igroscopiche come la terra cruda.

Le porzioni mancanti, molto impattanti nella lettura dell'opera, sono state integrate secondo una metodologia di riconoscibilità delle integrazioni utilizzata dal laboratorio Arredi Lignei del CCR e sperimentata in occasione di

una tesi di laurea magistrale [14] che permette di realizzare puntuali integrazioni a stampo che, come le tessere di un puzzle, si possono inserire nella sede delle lacune. Il metodo prevede l'utilizzo di Parafilm®, [15] e che per le sue caratteristiche di elasticità e impermeabilità risulta uno strato di interfaccia ideale per stendere il materiale di integrazione senza consentire la presa diretta sul supporto. Su questa pellicola, perfettamente adesa ai bordi e alla superficie della lacuna, è stato inserito dello stucco epossidico bicomponente Milliput®. In seguito alla catalizzazione e all'indurimento dello stucco il Parafilm® è stato rimosso e l'integrazione è stata vincolata al supporto ligneo sottostante mediante l'utilizzo di Fu-Nori, successivamente è stata ritoccata con colori ad acquerello ad imitazione della superficie. Le integrazioni così realizzate permettono di non apportare ulteriori tensioni meccaniche e umidità nello strato di terra cruda (Fig. 9).

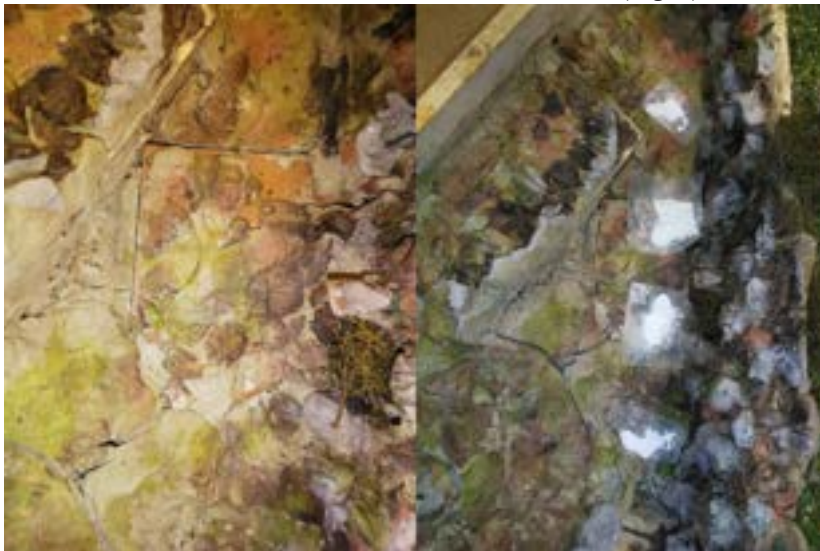


Fig. 9 Particolari del risarcimento delle lacune in terra cruda.

Anche la fontana mobile del nettuno in terracotta è stata trattata con la stessa metodologia di restauro. La fenditura presente sul supporto è stata isolata mediante applicazione di uno strato di sacrificio a base di Paraloid B 72® al 10% in acetone. Successivamente è stata realizzata l'integrazione della porzione di roccioso sempre con lo stucco bicomponente Milliput®. Le integrazioni sono state adeguate cromaticamente per mezzo di colori ad acquerello. Il tridente in metallo è stato preventivamente trattato per mezzo di inibitore della ruggine.

L'allestimento

Una volta ultimato l'intervento di restauro si è proceduto con il rimontaggio del diorama in tutte le sue parti. Durante questa fase sono venute alla luce diverse considerazioni in merito alla posizione di alcuni elementi. I dati su cui è stato possibile ragionare sono stati i riferimenti numerici rinvenuti sugli oggetti stessi, oltre che il confronto con le fotografie storiche. In particolare è emersa la necessità di comprendere quanto il diorama fosse concepito sulla base di direttrici prospettiche definite oppure legato a criteri strettamente stilistici. L'esempio calzante è stato fornito dalla presenza di due aiuole inserite nel parterre con dimensioni degradanti rispetto alla lunghezza. La posizione di queste nella documentazione fotografica è contraria alle regole suggerite dalla prospettiva. Anche la fontana centrale è stata realizzata su un piano inclinato, pertanto, sulla circonferenza è presente un bordo con spessore degradante. L'allestimento visibile nella documentazione storica disponeva il bordo con dimensioni maggiori verso lo spettatore e ad esso accostava una piccola scalinata. Considerando che i diorami nella mostra del 1931 contemplavano un punto di vista obbligato sul fronte è impensabile che la fontana potesse essere girata in senso opposto con la scaletta sul retro, perché la rampa sarebbe stata completamente coperta dal bosco dei cipressi. Ragionando nell'ottica di seguire una volontà prospettica è emersa la necessità di ruotare anche le aiuole degradanti in senso opposto. In questo modo gli elementi acquistano profondità e guidano l'occhio dello spettatore verso il fondale.

Per garantire la conservazione futura di tutti i pezzi costituenti il diorama è stato studiato un sistema di casse idoneo sia per il trasporto sia per lo stoccaggio in deposito presso la Villa medicea della Petraia. Le casse sono state progettate in modo da suddividere i pezzi per tipologie e in base ai materiali costitutivi presenti. Durante la progettazione sono state tenute in considerazione sia le esigenze conservative che quelle legate alla mobilitazione dei materiali, pertanto, si è cercato di contenere le dimensioni delle casse predisponendo dei vassoi sovrapposti. Particolare attenzione è stata posta alla conservazione in cassa degli elementi più fragili come i limoni, i cipressi e le fontane cercando di ideare contenitori provvisti di isolanti morbidi contro sagomati rispetto agli oggetti (Fig. 10).



Fig. 10 Fotografia finale

NOTE

[1] pubblicati nel volume *Il giardino italiano*, Milano 1924; I. Triggs, *Garden Craft in Europe*; Marie Louise Gothein, *Die Geschichte der Gartenkunst*, J.C. Shepherd e G.A Jellicoe, *Italian Gardens of the Renaissance*.

[2] E. Zinanni, B. Bonfigli, E. Cencetti, *La mostra del Giardino Italiano: "non vogliamo fare una mostra morta [...] ma una mostra viva e divertente"*, in C. Giometti (a cura di), *Mostre a Firenze 1911-1942. Nuove indagini per un itinerario tra arte e cultura*, Edizioni ETS, Pisa, in corso di pubblicazione, pp. 89-110. La ricerca ha preso in esame la documentazione conservata presso gli archivi storici del Comune di Firenze e gli archivi della Villa medicea della Petraia, dove si conservano alcune delle opere esposte nel 1931.

[3] *Ibidem*, p. 91.

[4] Crf. Lettera di U. Ojetti, 20 dicembre 1930, parzialmente trascritta in *ibidem*, p. 97.

[5] *Ibidem*, p. 98.

[6] Il paniforte è un materiale composito affine appunto ai pannelli sandwich, che unisce caratteristiche di leggerezza a rigidità oltre che di stabilità rispetto alle variazioni di temperatura e umidità.

[7] I pannelli mobili sono circa 14 e misurano 55,7 x17 cm., sono inseriti in appoggio su tutto il perimetro e sono intercalati dalle edicole. I pannelli fissi sono vincolati all'alzata del fondale mediante viti e costituiscono la facciata monumentale di 350x29 cm in cui si incassano le edicole.

[8] Museum Munz 1300, aspiratore museale a potenza regolabile per calibrare l'aspirazione in base alla fragilità della superficie.

[9] Gelvatol® resina ottenuta per saponificazione dal polivinilacetato, disciolto in acqua demineralizzata al 3%.

[10] Il prodotto K 52® Kremer, Isobutylmetacrilato, estere polimero dell'acido acrilico è stato disciolto al 10 % in acqua demineralizzata e in alcool isopropilico in proporzioni uguali per agevolarne la penetrazione superficiale.

[11] Carta giapponese Kochi 25505, 13 grammi al mq

[12] P. Cremonesi, *L'uso dei solventi nella pulitura di opere policrome*, Il Prato, Saonara-Padova, 2004 pp. 21-32.

[13] Caratteristiche tecniche e di applicazione sintetizzate nella sitografia di riferimento Nanorestore Gel®-UniFI, <http://www.csgi.unifi.it>

[14] S. Tagliante, *"Problematiche conservative e restauro di uno stipo settecentesco con decorazioni in lacca orientale e "alla China"* Tesi di Laurea Magistrale in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, Università

degli Studi di Torino, a.a 2017-2018, relatori Gianni Ferraris di Celle, Elieno Diana, correlatori Alessandro Morandotti, Paola Croveri, Paolo Luciani, pp. 105-112.

[15] Parafilm®, pellicola sintetica a base cerosa, precisamente poliolefine e cera paraffinica.

BIBLIOGRAFIA

1. Andrina E., “Potentiality of Fu-Nori to restore physical breaks of deteriorated cellulosic fibers”, EGG 4, 2014.
2. Carnazza P., Corak K., “*Fu-Nori: adesivo di origine vegetale. 1 test di consolidamento di pitture su tela. 2 Consolidante compatibile con le superfici opache su carta*”, in *Lo Stato dell’Arte: conservazione e restauro, confronto di esperienze*, atti del primo congresso nazionale IGIIIC, Fondazione per le biotecnologie, Torino 2003, pp124-131
3. Carnazza P., “*Fu-Nori, adesivo giapponese di origine vegetale*” in “Progetto Restauro” anno 10 (2004) n. 30 pp 16-22
4. Cremonesi P., *L’uso dei solventi nella pulitura di opere policrome*. Il Prato, Saonara-Padova, 2004 pp 21-32.
5. Sitografia di riferimento Nanorestore Gel®- UniFI, <http://www.csgi.unifi.it>
6. Modenesi P. *Il sapore e il colore dei licheni. Una guida agli usi*. De Ferrari Ed., Genova 2015, pp. 157.
7. Nimis P.L. & Martellos S. ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, (2017), <http://dryades.units.it/italic>.
8. Piervittori R., *Licheni. Conoscerli e utilizzarli*. Minerva Ed., Aosta 1998, pp. 343.

IL RECUPERO DI UN DIPINTO MURALE ATTRIBUITO A GIUNTA PISANO

Sara Penoni*, Camilla Roversi Monaco **, Cristiana Todaro ***

*Funzionario Restauratore, Opificio Delle Pietre Dure di Firenze
(già socia e legale rappresentante Faberestauro S.n.c., già docente presso Accademia di Belle Arti di Bologna),
email: sara.penoni@beniculturali.it

**Restauratrice di Materiali Cartacei, Direttore Tecnico, Laboratorio degli Angeli s.r.l., via degli Angeli 32,
40124 Bologna, Italy, Docente del corso di restauro dell'Accademia di Belle Arti di Bologna port. +39 348
3527999, camilla.roversimonaco@ababo.it

*** Funzionario Restauratore, Opificio Delle Pietre Dure di Firenze
(già socia e legale rappresentante Faberestauro S.n.c., già docente presso Accademia di Belle Arti di Verona),
email: cristiana.todaro@beniculturali.it

Abstract

Nel marzo 2007 all'interno della Chiesa San Colombano di Bologna, facente parte del complesso Museale di Genus Bononiae [1], durante i lavori di ripristino della pavimentazione, è stato casualmente scoperto un lacerto di affresco. Dopo i primi saggi di scopritura, è stato deciso di effettuare uno scavo archeologico sistematico che ha messo in luce le aree antiche della chiesa, sorta entro l'XI secolo, e provvista di una cripta con colonnato.

Fra i dipinti rinvenuti nella cripta, interrata nel corso dell'ultimo venticinquennio del XV secolo e di cui si era persa memoria, la porzione in migliore stato di conservazione è risultata essere la prima scoperta: il Cristo Patiens con le due figure di dolenti, S. Giovanni alla sua sinistra e la Madonna alla destra. Il dipinto, ascrivibile all'ambito di Giunta Pisano, occupava una delle nicchie della parete della navata laterale.

L'opera dal momento della scoperta è stata mantenuta in condizioni di umidità controllata per tutta la durata del cantiere. In parallelo è stata effettuata una complessa campagna diagnostica, necessaria a fornire i corretti parametri per impostare l'intervento di restauro e la conservazione del frammento nel nuovo ambiente museale. A scavo finalmente ultimato, la costruzione di una teca intorno al dipinto ha favorito la creazione di un ambiente confinato grazie al quale è stato ridotto l'impatto delle escursioni termogrometriche e dell'evaporazione dell'umidità dal fronte.

Nell'ambito della ricerca è stato possibile ampliare la conoscenza sulla tecnica pittorica di un'epoca povera di testimonianze, oltre a predisporre le migliori strategie per permettere la salvaguardia di questa preziosa opera attribuita a Giunta Pisano.

Il lavoro ha visto il contributo, oltre che dei restauratori impegnati nell'intervento [2] di numerosi esperti e professionisti che, a diverso titolo, hanno lavorato in sinergia [3].



Figure 1, 2, 3. Da sinistra il dipinto prima del restauro a luce radente, in luce diffusa e dopo il restauro

Introduzione

Come sopra accennato, gli scavi condotti nel Complesso di San Colombano [4] hanno messo in luce le aree antiche della chiesa, sorta entro l'XI secolo, provvista di una cripta con colonnato che venne interrata nel corso dell'ultimo venticinquennio del XV secolo.

Lo scavo archeologico è stato condotto al fine di verificare l'entità e l'integrità del lacerto di pittura murale scoperto casualmente durante i lavori e, più in generale, di studiare la struttura della cripta. Lo scavo ha portato in luce un dipinto murale insperatamente ben conservato che doveva occupare una delle nicchie della parete della navata laterale, la cui copertura a voltine è andata completamente distrutta durante l'interramento della cripta. Si trattava di un Cristo Patiens con le due figure di dolenti, S. Giovanni alla sua sinistra e la Madonna alla destra, indubbiamente ascrivibile all'ambito di Giunta Pisano.

Contestualmente al lavoro degli archeologi, sono state attentamente indagate dai restauratori tutte le porzioni interrate delle murature. Il secondo rinvenimento è stato nell'abside maggiore, che conserva piccoli ma numerosi lacerti di un dipinto murale, probabilmente un'Epifania, molto frammentaria e di epoca anteriore rispetto al dipinto oggetto del presente articolo [5].

Tra la scoperta del dipinto raffigurante la crocifissione, avvenuta nel marzo 2007, e la rimozione completa della terra che lo occultava, sono passati circa 6 mesi, durante i quali è stata ponderata la metodologia, ancora prima che di restauro, di conservazione programmata del dipinto. L'intervento di recupero, in tutte le sue articolate fasi, si è concluso nel gennaio del 2014 per una durata complessiva di 8 anni.

Interventi preliminari al restauro e stato di conservazione

Il dipinto, ricoperto da uno strato di terra umida, (con un tasso di U.R. oltre il 90%), durante la fase di scopritura è stato mantenuto in condizioni di umidità controllata in modo da garantire la lenta asciugatura dei materiali: si temeva infatti che un'asciugatura repentina degli intonaci avrebbe provocato una cristallizzazione dei sali, presenti in forma deliquescente, con il pericolo di causare la disgregazione dei materiali costitutivi originali.

Parallelamente, la muratura di supporto, nel lato retrostante il dipinto, è stata liberata dalla terra per favorire il defluire dell'umidità e dunque dei sali in quella direzione piuttosto che dalla parte della pittura.

Mantenere un elevato tasso di umidità relativa è risultato complesso fino al completamento dello scavo poiché l'area non era di facile accesso. In attesa della teca definitiva, è stata realizzata una protezione provvisoria in plastica e l'area è stata mantenuta umida per più di un anno, grazie a un quotidiano apporto di acqua mediante l'imbibizione di materiale assorbente posto all'interno del vano così predisposto.



Figure 4, 5, 6. Da sin. particolare del dipinto durante gli scavi, veduta della protezione temporanea e scavo effettuato nel retro del muro

L'immediato avvio del monitoraggio ambientale, tramite sensori termoigrometrici di precisione ($T \pm 0.1$ °C; $UR \pm 2.5$ %), collegati via radio ad un data logger, ci ha permesso di seguire e controllare le fasi di asciugatura verificando l'effettivo defluire dell'umidità dalla parte posteriore del muro. Parallelamente, erano controllate le condizioni conservative del colore monitorando l'eventuale cristallizzazione di sali in forma di patine o di subflorescenze.

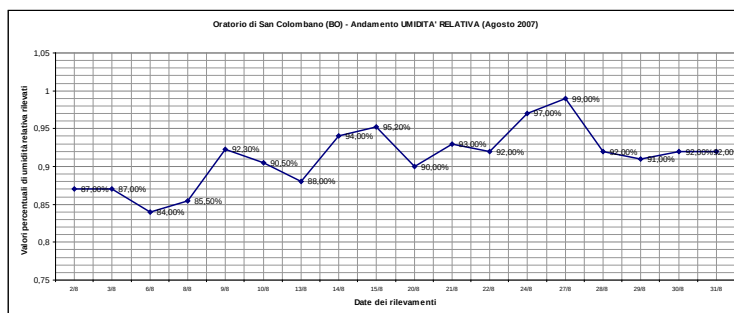


Figura 7. Rilevamento U.R.

Contestualmente alla rimozione della terra, sono stati effettuati degli interventi preliminari di messa in sicurezza. Via via che la superficie veniva liberata, sono stati rimossi i residui di terra presenti sulla superficie pittorica e le porzioni di intonaco a pericolo di caduta sono state assicurate al supporto con fermature eseguite con malte magre composte da grassello di calce e sabbia setacciata.

Una volta liberato tutto il dipinto, operando con pennelli morbidi, è stato possibile asportare i resti dei depositi, divenuti incoerenti a seguito della parziale asciugatura della superficie.



Figure 8 e 9. Fase di scopritura del dipinto dal terreno: in evidenza zone distaccate messe in sicurezza con fermature provvisorie.

La materia pittorica dopo la scopritura si presentava lacunosa a causa di perdite più o meno estese, localizzate soprattutto in corrispondenza della figura del San Giovanni, nella zona delle gambe del Cristo e in parte del volto della Vergine. Tuttavia, la materia originale residua si mostrava sufficientemente integra per trasmettere il suo messaggio estetico e spirituale.

L'intonaco era intriso di sali, in parte ancora deliquescenti, in parte presenti come patine, efflorescenze e subflorescenze, più o meno estese.

La superficie dipinta si presentava estremamente deformata, soprattutto nella zona inferiore, presumibilmente per il contatto prolungato con l'umidità della terra che aveva comportato l'imbibizione dell'intonaco per diversi secoli, causando possibili cicli di solubilizzazione e presa della matrice costitutiva.

La pittura era inoltre afflitta da evidenti distacchi, alcuni con imminente rischio di caduta, localizzati soprattutto nelle aree limitrofe alle lacune. La condizione conservativa del colore si mostrava buona, salvo la presenza di localizzate esfoliazioni di colore e di alcune cadute, anche estese, ascrivibili principalmente a finiture eseguite a secco.



Figure 10 e 11. Fase di scopritura del dipinto: in evidenza una zona distaccata messa in sicurezza con fermature provvisorie d'intonaco.



Figura 12. Particolare di cristallizzazioni saline

Realizzazione della teca e controllo dei parametri termoigrometrici

Terminata la scopritura e la sistemazione dell'ambiente circostante, sono state ottimizzate le strategie di conservazione preventiva già impostate precedentemente: attorno all'affresco è stata costruita una teca definitiva con pareti di cristallo allo scopo di attenuare gli scambi termoigrometrici con l'ambiente, garantendo, grazie all'inserimento di un impianto di umidificazione che entrava in funzione soltanto in caso di necessità, un tenore di umidità tale da non provocare brusche variazioni termoigrometriche alla pittura. All'interno di questo ambiente confinato, come nell'area museale circostante, è stato inserito un sistema di controllo microclimatico costante. I risultati di tale controllo confermavano l'effettiva efficacia dell'apparato.

La teca è stata predisposta al fine di permettere la fruizione dell'opera anche dal piano superiore, dove oggi si sviluppa parte del percorso museale. Le dimensioni significative di questa struttura hanno permesso di eseguire gli interventi di restauro dal suo interno, evitando quindi di esporre l'opera a brusche variazioni termoigrometriche.



Figure 13 e 14. Fasi di montaggio della teca definitiva. Parte superiore della teca completata.

A seguito della rimozione da entrambi i lati del terreno a contatto con la muratura sul quale era collocato l'affresco, la sola via di assunzione di acqua per capillarità era rappresentata dalle fondazioni.

Le immagini termografiche, riprese nella banda spettrale dell'infrarosso 8.0 – 14.0 μm , sono state effettuate sull'intera superficie dell'affresco posizionando l'apparecchiatura all'interno della teca.

Esaminando la distribuzione delle isoterme potevamo constatare che la distribuzione orizzontale di temperatura presentava un gradiente negativo da sinistra (valori maggiori) a destra (valori minori), mentre la distribuzione

verticale di temperatura mostrava un gradiente negativo dall’alto al basso. Poiché le aree a minor temperatura presentano sempre un tenore di umidità maggiore sia nella struttura del muro che in superficie, la termografia confermava la presenza di maggiore umidità proveniente dal terreno e mostrava come una sottile apertura presente alla sinistra del dipinto influenzasse l’andamento dell’umidità della parete.

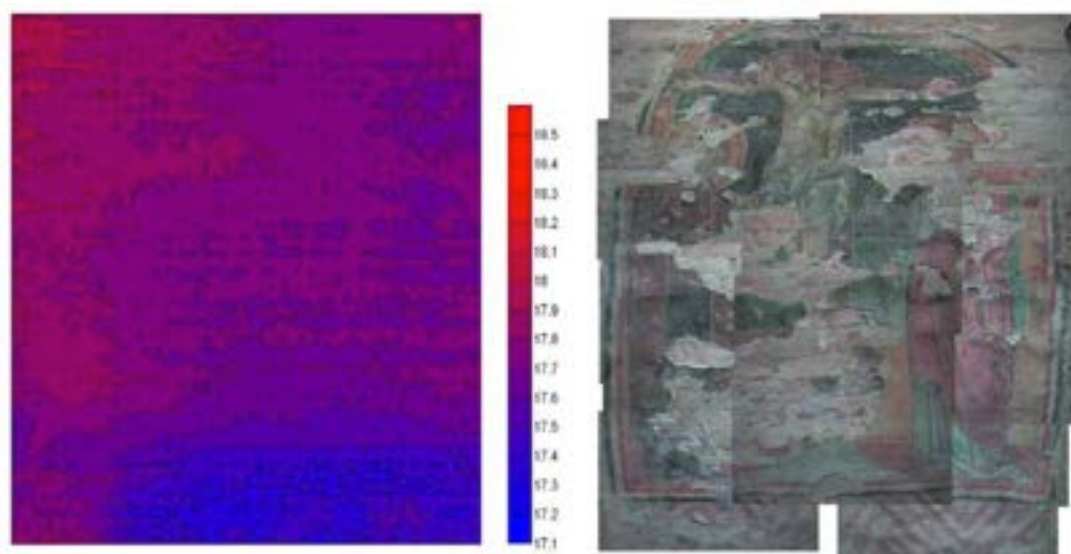


Figure 15 e 16. Isotherme dell’affresco generate attraverso il mosaico delle immagini termografiche. La scala riporta i livelli di temperatura in gradi centigradi. Mosaico delle immagini nel visibile utilizzate come riferimento delle riprese termografiche.

La Campagna diagnostica

In parallelo agli interventi di conservazione programmata e di monitoraggio ambientale, è stata condotta una complessa campagna diagnostica, necessaria a fornire informazioni riguardo alla tecnica esecutiva e allo stato conservativo. Tale studio era inoltre funzionale a impostare i corretti parametri la conservazione e il restauro del frammento nel nuovo ambiente museale.

L’analisi della tecnica esecutiva è stata affrontata confrontando le informazioni raccolte osservando l’opera, con quelle desunte dalle indagini scientifiche e, non ultimo, con le indicazioni reperite in letteratura, specificatamente nei manuali di tecnica artistica medievale.

Il testo più conosciuto che riporta notizie di tecnica artistica medievale è senza dubbio “Il libro dell’Arte” di Cennino Cennini in cui viene descritta molto minuziosamente la tecnica della pittura murale. Ma il testo in cui è stata riscontrata una descrizione fedele della tecnica probabilmente impiegata per il dipinto è il “*De diversis artibus*” o “*Diversarum artium Schedala*” opera di Teofilo, monaco benedettino del XII, forse di origine tedesca.

Egli racconta come su un intonaco di calce e sabbia ad affresco, venisse abbozzato a pennello il disegno preparatorio; quindi, dopo averlo lasciato asciugare si ribagnasse l’intonaco e si dipingesse con colori mescolati con acqua di calce. In effetti, non sono state riscontrate sovrapposizioni di intonaco utili ad identificare una lavorazione per giornate, sono invece presenti alcune incisioni e battiture di corda verosimilmente utilizzate per delimitare gli spazi.

Il dipinto è stato eseguito su intonaco fresco nelle figure, realizzate per sovrapposizione di stesure e completate con rifiniture a secco, e in corrispondenza dei fondi campiti con colori uniformi e brillanti. Tracce di azzurrite presenti sul fondo nero hanno dimostrato come questo dovesse essere stato in origine ultimato a secco con il prezioso pigmento.

La tavolozza messa in luce dalle indagini scientifiche è composta da colori molto stabili compatibili alla mescolanza con la calce: si tratta per la maggior parte di terre a base di ossidi e silicati di ferro (ocra gialla, ocre rosse, terra verde), bianco San Giovanni (carbonato di calcio) e nero di carbone. Fanno eccezione alcune lumeggiature dove sono stati utilizzati il minio e il piombo. Il dipinto presenta difatti una pellicola pittorica molto resistente, probabilmente grazie alla ottima qualità dei materiali impiegati e al loro sapiente utilizzo.

Le indagini fotografiche con illuminazione UV hanno permesso di evidenziare l’ubicazione delle rifiniture pittoriche con legante organico.

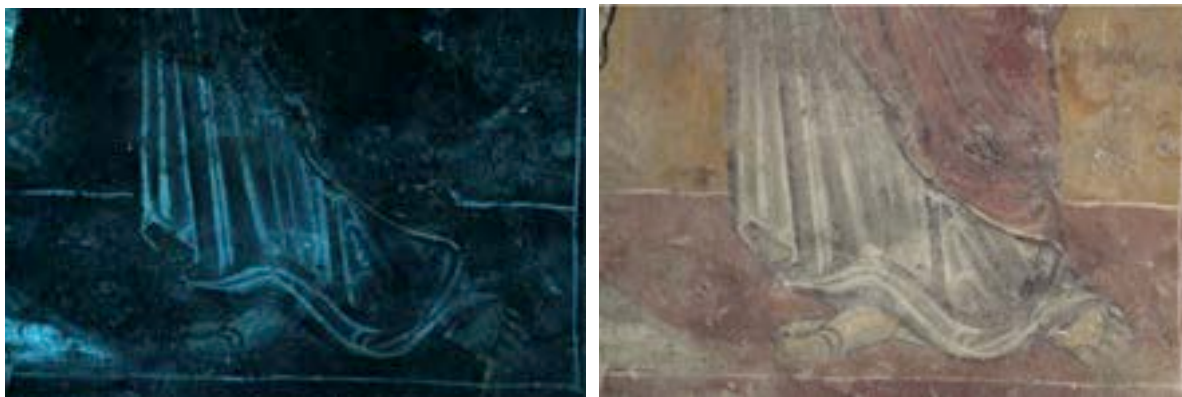


Figure 17 e 18 Dettaglio del San Giovanni irraggiato con radiazione UV e in luce visibile



Figure 19 e 20 Punti di rilevamento con XRF; Punti di prelievo analizzati con indagine FTIR

Per le misure di fluorescenza X è stato utilizzato lo spettrometro portatile sviluppato al LABEC [6]. Tale indagine ha fatto emergere la presenza diffusa in numerose campiture dell’elemento Piombo, interpretata come segno dell’esecuzione di tali zone a secco. Questo elemento si trovava principalmente nei bianchi dei dettagli, negli incarnati e in alcuni rossi. Nel caso di bianchi e incarnati, è stata ipotizzata con una certa sicurezza la presenza di biacca. Nel caso invece dei rossi va sottolineato il fatto che in tutte le campiture si riscontrava sempre un forte segnale del ferro, pertanto la presenza del piombo in queste zone poteva essere imputato a rifiniture eseguite anche successivamente, con colore minio o biacca. infatti, si poteva visivamente riscontrare la presenza di minio nel caso del manto di San Giovanni, data la tonalità cromatica della stesura (in uno dei punti analizzati si aveva anche una forte diminuzione dei segnali del ferro ascrivibili a una stratigrafia con lo strato a base di minio sopra quello a base di ocra rossa).

Grazie all’analisi dei leganti organici con GC/MS della frazione proteica è stata rilevata la presenza di aminoacidi in un campione (n. SC2), anche se il profilo non corrispondeva a quello dei leganti proteici di riferimento (caseina, collagene, uovo). Dall’Analisi della frazione lipidica emergeva la presenza di materiale lipidico in tracce, probabilmente dovuta a inquinanti o a contaminazione ambientale

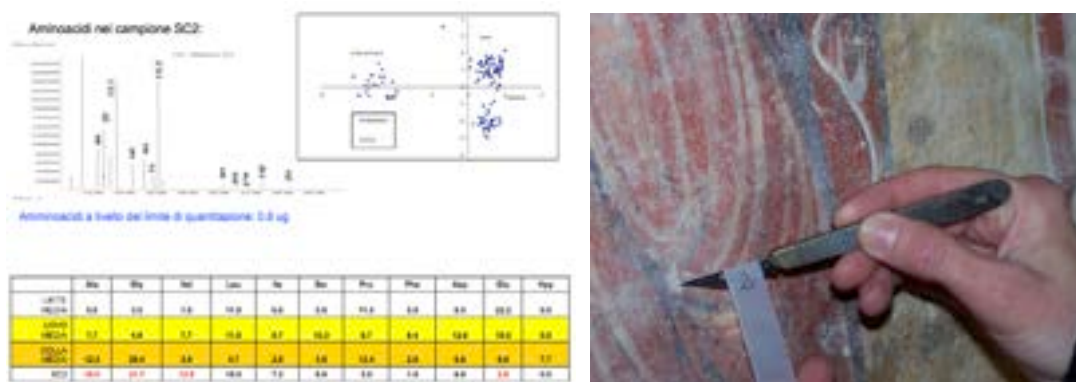


Figure 21 e 22. Analisi GC/MS della frazione proteica nel campione SC2

Dalle indagini sui sali effettuate con cromatografia ionica su prelievi a diverse altezze della parete e a diverse profondità all'interno dell'intonaco è emersa una massiccia presenza di solfati, sia in profondità che in superficie, verosimilmente imputabile non solo a inquinanti ma che farebbe ipotizzare l'utilizzo di materiali costitutivi con presenza massiccia di solfati.

Nonostante al di sotto del piano di calpestio della chiesa siano emerse durante gli scavi delle sepolture, è risultata quasi irrilevante la presenza di nitrati.

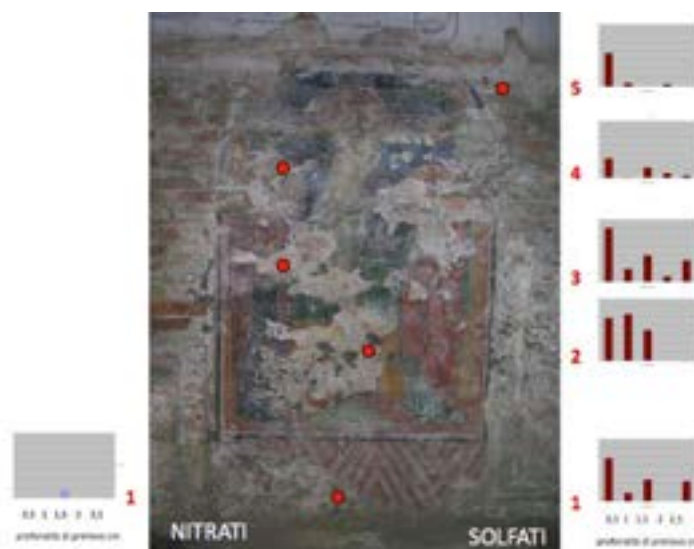


Figura 23 Mappatura dei punti di prelievo e sintesi dei risultati della distribuzione dei sali sul dipinto

Di notevole interesse per lo studio della tecnica esecutiva si è dimostrata l'analisi eseguita con metodi immunometrici con rivelazione in imaging chemiluminescente.

La localizzazione di leganti proteici è stata effettuata tramite il sistema basato sul riconoscimento immunologico delle sostanze proteiche e sulla loro localizzazione in microscopia ottica mediante chemiluminescenza. In particolare, i campioni sono stati analizzati per la rivelazione e localizzazione del legante proteico ovalbumina. In generale, l'analisi delle sezioni fornite ha mostrato nella maggior parte dei campioni un intenso segnale di luminescenza, indice della presenza di ovalbumina, soprattutto nei prelievi effettuati sulle lumeggiature.

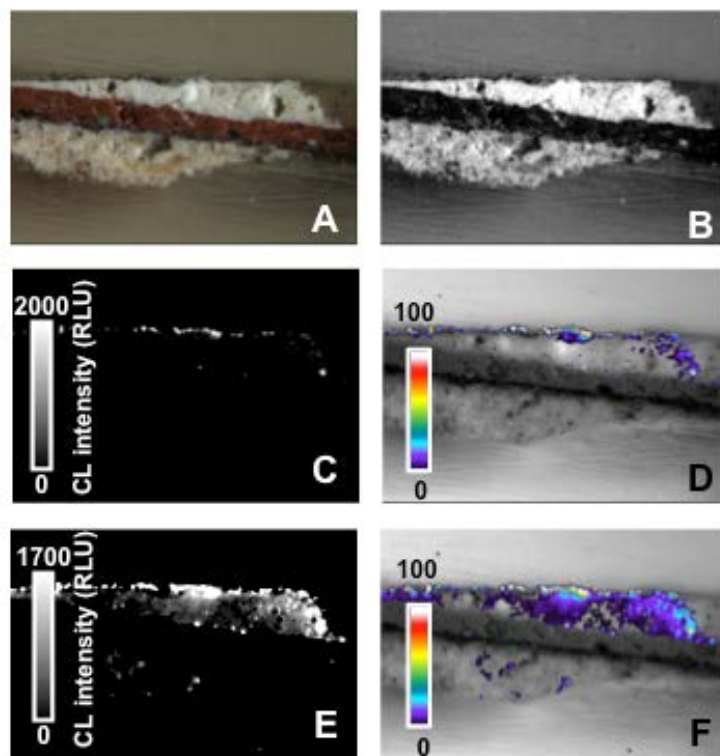


Figura 24. Campione SC9 (10X): (A) immagine a colori, (B) immagine live, (C) immagine CL con scala di grigi 0-2000 RLU (evidenzia solo i segnali CL più intensi), (D) immagine in falsi colori ottenuta dalla combinazione di B con C, (E) immagine CL con scala di grigi da 0 a 1700 RLU (evidenzia anche segnali CL più deboli), (F) immagine in falsi colori ottenuta dalla combinazione di B con E.

L'intervento di restauro



Figura 25. Veduta durante le fasi di restauro

Il restauro della crocifissione ha avuto il primario obiettivo di preservare il prezioso dipinto minimizzando i rischi conservativi residui. Inoltre, considerando il forte potenziale espressivo dell'opera, solo in parte limitato dalla sua frammentarietà, sono state adottate tutte le strategie per garantirne una fruizione corretta, recuperando i valori cromatici propri del dipinto.

L'intervento ha previsto in primo luogo una puntuale fermatura dei numerosi frammenti di colore distaccati attraverso stuccature *salvabordi* e iniezioni di malte premiscelate a basso contenuto salino (tipo PLM-A) introdotte attraverso le cavità presenti lungo i bordi delle porzioni di intonaco deadese. Talvolta questa operazione è stata preceduta dalla preventiva messa in sicurezza con bendaggi applicati con ciclododecano e

seguita dalla messa in opera di puntelli posizionati a contrasto per far aderire la pittura al supporto murario e scongiurarne la caduta in fase di presa della malta.

Le sporadiche esfoliazioni di colore sono state preconsolidate con iniezioni di resina acrilica in soluzione in alcool etilico (tipo Primal®E330 S).



Figure 26 e 27. Il volto della Vergine prima e dopo l'intervento di consolidamento dell'intonaco e pulitura



Figure 28 e 29. Lavaggio preliminare con acqua demineralizzata

La pulitura doveva invece garantire la rimozione dei residui di terra e delle cristallizzazioni saline sia per fini conservativi che per migliorare la leggibilità dell'opera. A seconda della tenacia e delle caratteristiche intrinseche delle campiture, questa è stata condotta in maniera differenziata, impiegando in prima istanza sull'intera superficie acqua deionizzata supportata da carta giapponese per la rimozione dei residui di terra concrezionati. A questa fase è seguito l'utilizzo di resine a scambio ionico di tipo anionico o compresse di carbonato di ammonio in poltiglia, applicate a pennello sempre su carta giapponese, con tempi di contatto di circa mezz'ora. La rimozione delle patine saline rigonfiate è avvenuta con tamponi di cotone, pennelli morbidi e piccole spugne naturali e in lattice. Gli impacchi sono stati ripetuti una seconda volta per il trattamento delle aree

soggette a concrezioni saline particolarmente tenaci. Soprattutto per le aree inferiori, questa fase è stata seguita dall'applicazione di compresse assorbenti (composte da acqua demineralizzata, polpa di carta e sepiolite) rimosse ad asciugatura completa, utili alla rimozione delle sostanze organiche, presenti come inquinanti nell'intonaco, e solubilizzate grazie ai reagenti basici della pulitura appena effettuata.

Al termine della pulitura la pittura aveva riacquisito le qualità estetiche proprie, come le cromie accese e contrastate tipiche dell'epoca bizantina. In particolare, si è accentuata la contrapposizione fra i colori di fondo e le linee taglienti e decise delle lumeggiature e dei contorni, che definiscono le forme dei panneggi e degli incarnati. Anche i colori piatti del fondo hanno riacquisito tonalità sature e omogenee che fanno risaltare in primo piano il Cristo, la Vergine e San Giovanni.



Le condizioni conservative del colore non mostravano criticità; pertanto, non è stato necessario applicare alcun consolidante, salvo far aderire localmente i pochi frammenti di pellicola pittorica esfoliati con iniezioni del medesimo collante acrilico in soluzione impiegato per il preconsolidamento.

Nell'ottica del minimo intervento, inoltre, non è stato necessario eseguire ulteriori fermature di intonaco oltre a quelle già improntate in fase di messa in sicurezza. I vuoti presenti in corrispondenza delle deformazioni di intonaco, evidenti soprattutto nella zona inferiore, non sono stati riempiti: è stato infatti valutato che tali porzioni non fossero in pericolo di caduta e che il loro riempimento con malte idrauliche avrebbe comportato una inutile e forse dannosa variazione delle loro caratteristiche di porosità e di permeabilità. E' stato ritenuto anche rischioso procedere con il ripristino dell'originaria planarità di queste aree se pur fortemente deformate. Abbiamo infatti considerato che, vista l'estrema rigidità dell'intonaco a causa di processi di imbibizione, solubilizzazione e infine nuova presa dell'intonaco, tali deformazioni fossero ormai irreversibili.

Anche l'intervento di stuccatura è stato calibrato considerando le caratteristiche intrinseche della pittura, sia conservative che estetiche: tutti i bordi sono stati protetti con stucature a scarpa e le piccole lacune ripristinate con una malta a base di calce e sabbia di fiume di diversa granulometria.

In merito alle lacune di media e grande dimensione, sono stati valutati più aspetti: sotto il profilo conservativo si è ipotizzato che stuccando il supporto murario lasciato a vista dalle numerose cadute di intonaco, avremmo procurato una limitazione, se pur parziale, agli scambi di umidità dei mattoni con l'ambiente, modificando il buon equilibrio raggiunto. Inoltre, dal punto di vista estetico emergeva il pericolo che, data la spiccata irregolarità della superficie pittorica, caratterizzata come detto da numerose deformazioni, una stuccatura condotta a livello nell'intento di seguire tali irregolarità, potesse costituire un disturbo estetico. Pertanto, abbiamo ritenuto opportuno ridurre l'interferenza visiva dovuta all'irregolarità dei mattoni limitandoci ad applicare una boiaccia molto liquida di tonalità neutra, composta da calce, sabbia fine e pigmenti naturali.

Tale boiaccia è stata applicata solo sull'area di ingombro originario della pittura e questa zona delineata con una linea sottile di tono più scuro.



Figura 33. La pittura in fase di ritocco pittorico

Conclusioni

Il complesso intervento di studio e la messa in opera di un sistema di strategie complementari ha permesso il recupero di un dipinto murale di notevole importanza storico artistica. Grazie alle informazioni raccolte è stato possibile ampliare la conoscenza sulla tecnica pittorica di un’epoca povera di testimonianze così integre, senza contare che numerosi studiosi attribuiscono lo splendido dipinto a Giunta Pisano stesso: se così fosse, si tratterebbe dell’unico esempio di dipinto murale di mano del maestro.

Di particolare importanza sono risultate le operazioni finalizzate a una conservazione programmata messa a punto fin dal momento della scoperta dell’opera: infatti, la costruzione della teca intorno al dipinto e del monitoraggio ambientale hanno permesso la creazione di un ambiente confinato e controllato, grazie al quale è stato ridotto l’impatto delle escursioni termoigrometriche e dell’evaporazione dell’umidità dal fronte, che, in un luogo come questo, assimilabile ad un ambiente ipogeo, possono essere, come noto, la principale causa di degrado.

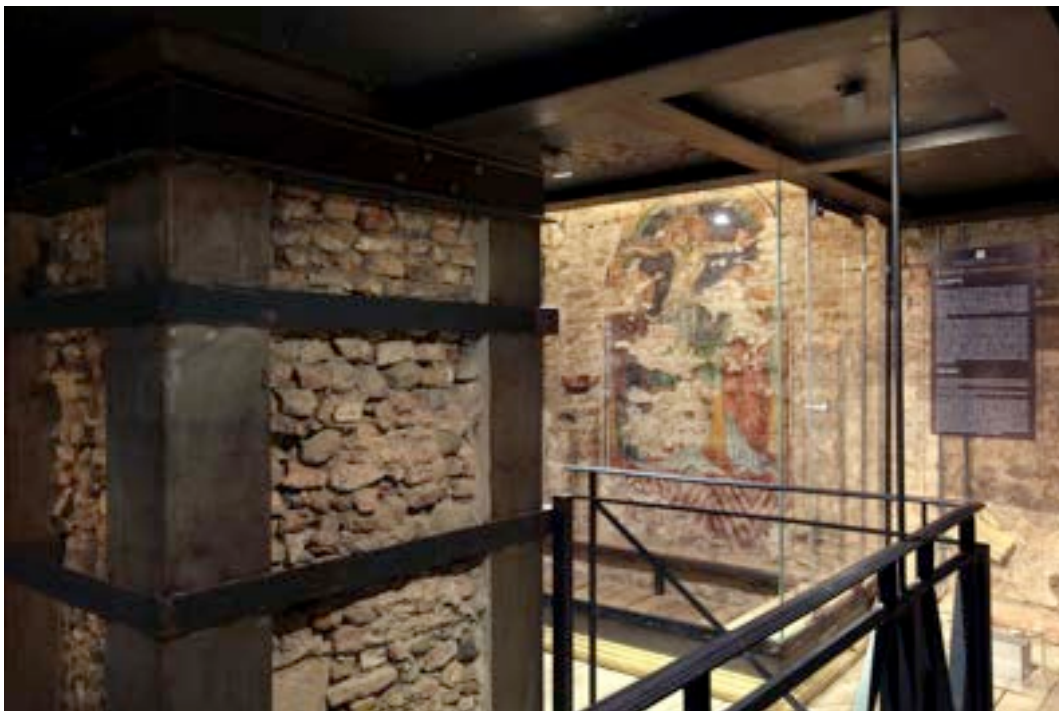


Figura 34. Veduta della cripta, ora percorso museale. La teca è stata dotata di un impianto di illuminazione con parametri controllati

NOTE

[1] “Genus Bononiae. Musei nella Città” è un percorso culturale, artistico e museale, nato per iniziativa della Fondazione Cassa di Risparmio in Bologna, e articolato in palazzi storici restaurati e riaperti al pubblico, situati nel cuore di Bologna. Per approfondimenti, www.genusbononiae.it

[2] Il lavoro è stato effettuato per “Il consorzio del restauro” dalle ditte consorziate (restauro del dipinto murale: Sara Penoni e Cristiana Todaro; direzione tecnica del cantiere, controllo dei parametri termoigrometrici e teca: Camilla Roversi Monaco; direzione tecnica dello scavo archeologico: Rossana Gabrielli)

[3] Direzione storico artistica: Dott. Franco Faranda, Soprintendenza ai Beni Storici, Artistici e Etnoantropologici di Bologna

Direzione Scavi archeologici: Dott.ssa Renata Curina, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna

Direzione tecnica e progettazione degli aspetti tecnici del restauro: Fabrizio Bandini e Paola Ilaria Mariotti Opificio delle Pietre Dure, Firenze.

Immagini fotografiche: Dott. Alfredo Aldrovandi OPD Firenze, Panart Firenze, Dott. Franco Faranda;

Indagini XRF: Dott. Alessandro Migliori, CNR Firenze

Indagini FTIR e Cromatografia Ionica: Dott. Diego Cauzzi, Soprintendenza ai Beni Storici, Artistici e Etnoantropologici di Bologna

Indagini sui leganti organici (GC/MS): Dott.ssa Maria Perla Colombini, Dott.ssa Alessia Andreotti, Dott.ssa Francesca Modugno Università Pisa

Monitoraggio ambientale: Dott. Piero Mandrioli ISAC–CNR Bologna

Analisi mediante metodi immunometrici con rivelazione in imaging chemiluminescente: Dott. A. Roda Laboratorio di Chimica Analitica e Bioanalitica, Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

[4] La Chiesa porta il nome del predicatore ed eremita irlandese, che tra il VI e il VII secolo fondò una serie di monasteri in Francia e nel 614 in Italia, a Bobbio, dove terminò i suoi giorni sulla terra un anno dopo. Nel 616 il discepolo di San Colombano, il vescovo di Bologna Pietro I, sulle fondamenta della struttura antica romana fondò un nuovo monastero, il cui nucleo diventò la chiesa consacrata col nome dell'asceta irlandese. Gli interni della basilica sono decorati da splendidi affreschi più tardi, del XV secolo, dipinti dai famosi maestri della scuola bolognesi. Nel 1591 fu eretta la Cappella della Madonna dell'Orazione per dare riparo all'omonima opera di Lippo di Dalmasio. Sopra la Cappella è locato l'Oratorio, un vero e proprio gioiello della pittura muraria. Il ciclo degli affreschi rappresenta le Passioni e il Trionfo di Cristo Signore e fu affidato agli alunni del Maestro Ludovico Carracci; primo di tutti Guido Reni, ma anche Domenichino, Francesco Albani, Lucio Massari, Francesco Brizio e Lorenzo Garbieri.

[5] Durante lo scavo archeologico sono stati ritrovati numerosissimi frammenti del dipinto dell'abside maggiore, che sono stati catalogati, opportunamente protetti, inseriti in casse e consegnati alla Soprintendenza Archeologica di Bologna.

[6] Laboratorio di Tecniche Nucleari Applicate ai Beni Culturali, presso INFN di Firenze

BIBLIOGRAFIA

1. Bandini Fabrizio, Mariotti Paola, “*Complessità tecnico-materica delle pitture murali riscoperte e 'maitoccate'. Alcuni esempi e linee di metodo*”, in “*L'ingegno e la mano. Restaurare il mai restaurato*” atti del Convegno, Edifir, Firenze, 2009, pagine 107-125
2. Scannavini Roberto et al, “*Bologna fra rinnovo e restauro. Il recupero e il restauro del Complesso di San Colombano. Polo Culturale del Museo della Città di Bologna*”, in “*Ingegneri Architetti Costruttori*” Anno LXIV - Luglio/Agosto 2009 (6) n.
3. Faranda Franco, “*Un possibile Giunta Pisano nella ritrovata cripta di San Colombano a Bologna*”, in “*Commentari d'arte*”, De Luca Editori d'Arte, Roma, 2010, pagine 34-52
4. De Giorgi Manuela, “*Diagnostica di ipogei: il caso di studio di Mottola (TA)*”, in “*L'integrazione dei dati archeologici digitali - Esperienze e prospettive in Italia*”, CEUR, Firenze, 2015, pagine 141 – 159
5. <http://www.noteartistiche.it/sancolombano/la-vergine.html> - ultimo accesso, 25 luglio 2019

IL RESTAURO DEL MURALE DI KEITH HARING AD AMSTERDAM

Antonio Rava*, Will Shank**, Maria Perla Colombini***, Caterina Soliani ****

*Restauratore, antonio.ravaec@gmail.com

** Restauratore, willshank@earthlink.net

*** Professore ordinario presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale Università di Pisa,
maria.perla.colombini@unipi.it

**** Restauratrice, caterina.soliani@live.it

Abstract

Viene qui illustrato il progetto, lo studio preliminare e i primi risultati di restauro di una grande opera di Keith Haring, il murale di Amsterdam.

Il nostro intervento ha avuto lo scopo di riportare alla luce il murales realizzato nel 1986 dall'artista sulla parete di un grande deposito del Groothandels Market di Amsterdam, non più visibile da più di trent'anni perché era stato coperto da pannelli isolanti non certo con l'intento di proteggerlo ma per assicurare ottimale coibentazione all'edificio.

Il lavoro è stato pianificato con l'Haring Foundation di New York, con lo Stedelijk Museum di Amsterdam che al tempo aveva promosso l'operazione artistica sul muro di quello che era un deposito del Museo, poi dismesso, e la galleria Vroom & Varossieau specializzata in street art, con l'aiuto di Aileen Esther Middel e l'apporto fondamentale della proprietà dell'edificio. Il giorno 8 giugno 2018 i pannelli sono stati tolti ed è stato possibile nuovamente percepire l'impatto del murale nella città di Amsterdam. La conoscenza dei materiali costitutivi, lo studio del grande formato inedito su di un muro preesistente in mattoni, sono tutti elementi che possono far riflettere sulla casualità delle scelte operate allora dall'artista e sulle attuali possibilità di conservazione, ma che soprattutto aiutano a far conoscere ed apprezzare la sua arte non sempre subito capita ed accettata, che ha dovuto aspettare il momento giusto per esplodere in tutta la sua potenza narrativa e mediatica, ideata soprattutto per entrare nella memoria collettiva con la forza dell'immagine e del messaggio.



Foto scattata subito dopo la realizzazione dell'opera

Introduzione

La storia del suo ritrovamento.

«Uno dei momenti più belli fu quando Keith chiese di realizzare un murales all'aperto nel luogo che ritenevamo più adatto. Pensammo che avrebbe potuto dipingere un lato del nostro enorme magazzino, un edificio situato in mezzo a diverse fabbriche che prendevamo in affitto dal Comune.¹»

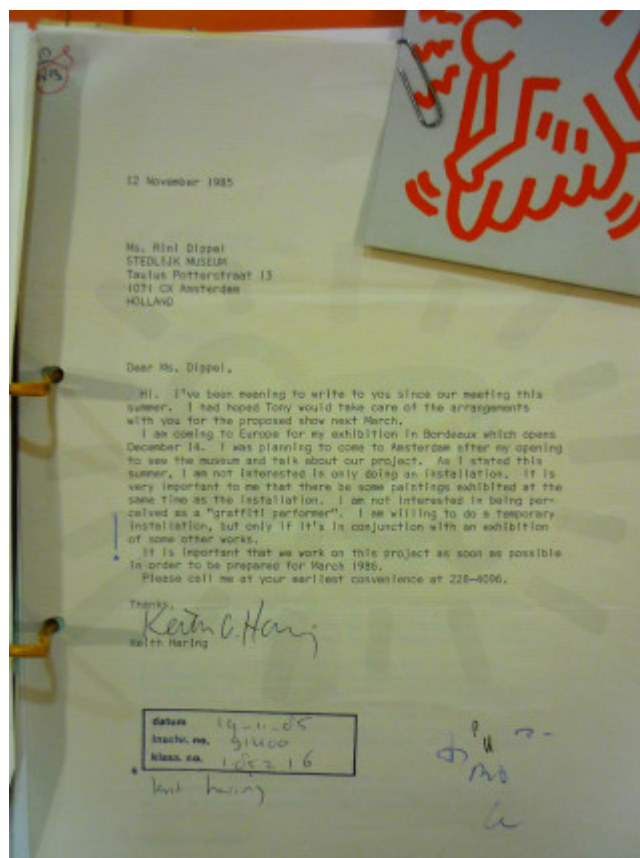
Siamo nel 1986, anno che Haring scrisse e descrisse come “crazy year”. È l'anno del *Crack Is Wack*, il grande murales su East Harlem Drive, è l'anno del Pop Shop, non un negozio, non un business e neanche una strategia artistica ma una vera e propria filosofia alla pari della Factory di Warhol.

¹ Dorine Mignot, allora curatrice dello Stedelijk, in *John Gruen, Keith Haring, La biografia*, Baldini Castoldi, Dalai editore 2007, p. 165

Ed è proprio nel 1986 nel bistrot di fronte allo Stedelijk, il Bodega Keyzer, che Haring incontra Parool Theodor Holman, scrittore e giornalista olandese. I due scambiano una breve conversazione culminante con il lascito di un piccolo tovagliolo piegato. Niente disegni, nessuna ombra di schizzi, solamente tre parole: Jan van Galenstraat, l'indirizzo della località decisa per il murale, al tempo il deposito dello Stedelijk

Con la collaborazione di Chris Reinewald, scrittore del quotidiano online Longreads², si è potuto ricostruire la storia di quel giorno. Il 15 gennaio 2018 redige un articolo sul sito dello Stedelijk Museum *The Dutch adventure of Keith Haring*³ dove racconta l'avventura dell'artista ad Amsterdam. Descrive fin dal principio gli accordi presi con Rini Dippel, capo curatore del museo Stedelijk nel 1985, fino alla mail mandatagli da Haring il 25 novembre di quell'anno per concordare del suo viaggio in Olanda dopo la sua esibizione a Bordeaux⁴.

Ed è così che dopo aver dipinto ed allestito il grande *velum* di 12 x 20 metri sotto la monumentale cupola di vetro del museo e sopra la scala storica, il 4 marzo 1986 si reca al Deposito Centrale Markthallen per creare uno dei suoi più grandi murali.



La prima lettera di Keith Haring a Rini Dippel, Stedelijk Museum Amsterdam Archive

Pochi giorni dopo, accompagnato da Dorine Mignot, allora curatrice dello Stedelijk Museum e da Pieter van Oudheusden scrittore e traduttore olandese di fumetti, Haring si reca al Jan van Galenstraat dove dipinge sulla facciata ovest dell'allora deposito d'arte – il Deposito Centrale Markhtallen – condiviso dallo Stedelijk Museum e dall'Amsterdam Historisch Museum⁵.

L'edificio di stoccaggio era allora condiviso da entrambe le istituzioni museali che suddividevano i costi di gestione in parti uguali. Lo Stedelijk non ha avuto bisogno di chiedere alcuna autorizzazione alle autorità locali. Era, quindi, un graffito legale.

Il capo degli affari generali dello Stedelijk Museum pianifica il progetto di pittura murale per il 4 marzo 1986. Viene dato ad Haring un elevatore della ditta Boogert⁶ che, gestito da uno dei suoi impiegati, permetterà all'artista di muoversi in totale libertà.

² Longreads.com

³ www.stedelijk.nl

⁴ Lettera di Keith Haring a Mrs Dippel, 12 novembre 1985, Archive Stedelijk Museum, Amsterdam

⁵ Pieter van Oudheusden: Keith Haring era lì, auto-pubblicato / vipsart.nl, Rotterdam, 2002.

⁶ Hugo Bongers, Rotterdam, 5 maggio 2017, email.

Dotato di un grosso pennello e di una vasca di vernice bianca inizierà a dipingere alle undici del mattino e alle sei in punto avrà terminato il suo capolavoro senza mai scendere dall’impalcatura.



Keith Haring mentre lavora all’opera

«Sistemammo le impalcature e Keith iniziò a dipingere alle 11 del mattino. Alle 6 del pomeriggio aveva finito. [...] Una volta iniziato a dipingere, non fece nemmeno il più piccolo errore e non scese mai dall’impalcatura per controllare l’andamento dell’opera.»⁷

Si parla di una superficie dipinta alta più di 12 metri e larga 15.

Sarà Patricia Steur a fotografare tutti i processi di realizzazione dell’opera salendo con Haring sulla piattaforma per documentare meglio l’esecuzione. A mano libera dipinse una specie di dinosauro marino con una figura sul dorso, cominciando dal ventre e lavorando da destra verso le zampe anteriori e la testa.



Gruppo di foto riportanti l’esecuzione del murales ed il viaggio ad Amsterdam, foto gentilmente concesse da Chris Reinewald

A causa della pioggia di quel giorno, l’artista fu costretto a passare più volte la vernice sui mattoni a causa della differenza di porosità. A compimento dell’opera il pezzo fu siglato con tre croci, simbolo della città di Amsterdam, e la firma KH86. Più tardi, Wim Beeren, direttore dello Stedelijk Museum, lo chiamerà *Keith’s gift to the city*.

⁷ Dorine Mignot, John Gruen, Keith Haring, *La biografia*, Baldini Castoldi Dalai editore 2007, p. 166



Simbolo della città di Amsterdam



Foto scattata subito dopo la realizzazione dell'opera

L'opera rimase esposta per soli due anni quando fu coperta per ragioni pratiche non dettate da una scelta conservativa. L'intera struttura, fu rivestita da enormi pannelli in lamiera metallica che non l'hanno resa visibile fino all'8 giugno 2018, esattamente per 30 anni dopo, per ragioni di coibentazione termica.

L'ubicazione e la rimozione dei pannelli

L'opera si trova sulla parete di un edificio nel *Deposito Centrale Markhtallen*, oggi denominato *Food Center Amsterdam*, situato a nord del Jan Van Galestraat in Amsterdam Ovest. Il sito è un enorme mercato all'ingrosso non accessibile al pubblico. Messo in funzione nel 1934 è finalizzato alla compravendita di materie prime per tutta Amsterdam.

Come precedentemente citato, l'intero edificio è stato completamente coperto da pannelli isolanti nel 1988, per ovviare al problema di non corretta coibentazione.



Edificio coperto da lamine metalliche prima della loro rimozione, google earth view

I pannelli isolanti sono rimasti fino all'8 giugno 2018 quando, insieme agli ideatori del progetto di riqualifica Ballast Nedam (azienda danese atta alla riqualificazione di ambienti pubblici) al Relationship Manager dello Stadelijk Museum Sofia Patat, ai restauratori Antonio Rava e William Shank e all'artista Aileen Rsther Middel che si è fortemente battuta per il suo ritrovamento, sono stati tolti nella porzione Ovest dell'edificio.

Una ditta dotata di braccio mobile ha rimosso i pannelli, per un totale di circa 70 dai loro supporti. Si è così potuto vedere che essi erano stati ancorati a nove barre trasversali fissate nel suo interasse alla muratura da giunti metallici. I giunti metallici, sopra ai quali erano posizionate le barre, sono stati applicati anche al di sopra della pellicola pittorica.



L'opera dopo la rimozione dei pannelli



Particolare dell'opera con giunti metallici sovrastanti la pellicola pittorica

Il lavoro di rimozione è durato 4 giorni alla fine dei quali anche le barre metalliche, insieme ai giunti, sono stati rimossi potendo così nuovamente ammirare l'opera nel suo intero splendore.

L'edificio ora è utilizzato come enorme cella frigorifera nella sua parte sinistra al piano terreno, mentre nei piani superiori è in progetto la costruzione di nuovi uffici amministrativi.

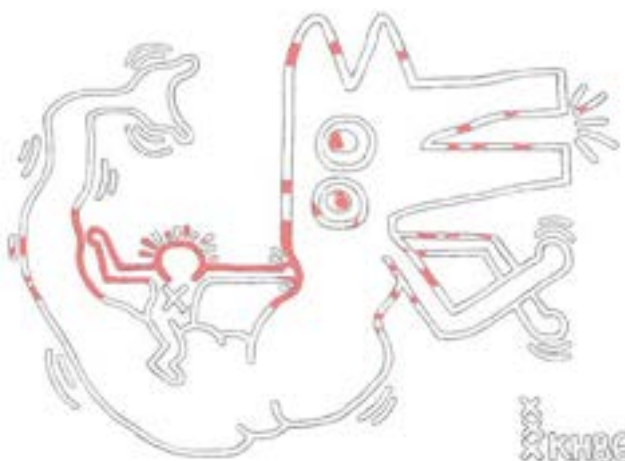


Immagine dell'opera dopo la rimozione dei pannelli e dei perni metallici. New York Times Art and Design

Stato di conservazione.

L'opera non si trovava in buono stato di conservazione al momento del distacco dei pannelli dalla muratura. Da una osservazione più ravvicinata, dopo essere saliti sul braccio mobile, si è potuto constatare in effetti che la pellicola pittorica era in condizioni non del tutto ottimali.

Si potevano notare vari distacchi della pittura in quasi tutta l'opera, con una consunzione maggiore concentrata in una porzione del disegno: quella dell'uomo, (la testa e le linee superiori delle braccia), la linea interna della coda e la parte interna del collo dell'animale.



Punti di maggior consunzione della pellicola pittorica

Laddove vi erano ancora i giunti metallici (estratti in seguito) si avevano chiari segni di consunzione dovuti all'inserimento degli stessi tra la pellicola e la muratura. Si è potuto constatare l'assenza di background preparatorio, l'applicazione della pellicola pittorica sopra ad una superficie offuscata dall'inquinamento e la presenza di parti di vernice più marcate rispetto ad altre.

Si ricorda che Haring lavorò in un solo giorno, umido e piovoso. Dopo una ricerca più approfondita si è riusciti a trovare una foto dell'opera prima della sovrapposizione dei pannelli isolanti e subito successiva alla realizzazione dell'opera. Dalle foto ritrovate possiamo vedere vari *spot* o punti luminosi bagnati che corrispondono con la parte del disegno che ha avuto maggior deperimento della pellicola pittorica



L’opera subito dopo la sua realizzazione con particolare degli spot luminosi. Foto di Chris Reinewald

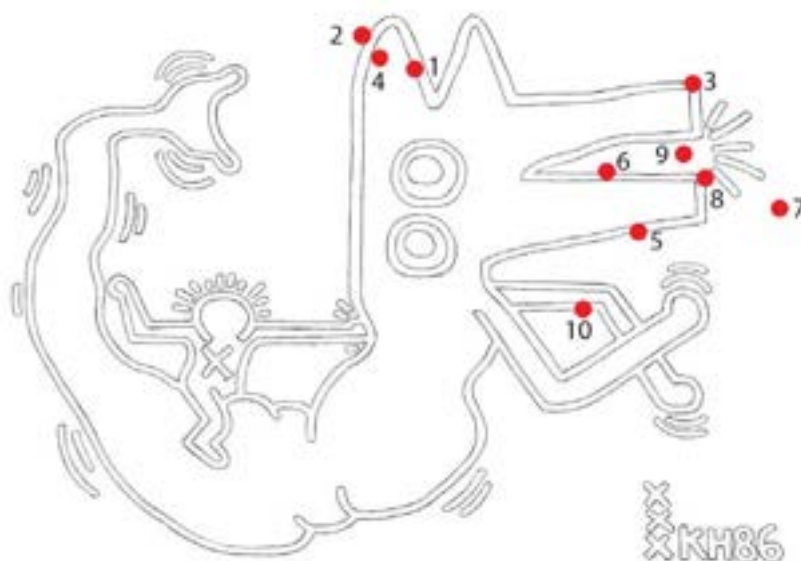
Può essere ragionevole il fatto che la vernice, in questi punti, non abbia aderito nel migliore dei modi proprio per la presenza della muratura bagnata.

Il fatto poi, di trovare porzioni di linea bianca più spesse rispetto ad altre, può essere riconducibile alle condizioni meteorologiche di quel giorno che hanno fatto sì che l’artista dovesse ripassare più volte sulla stessa linea rendendola così più marcata.

Analisi diagnostiche

Dopo un’analisi ravvicinata si è passati alla campionatura di alcune parti dell’opera così da identificarne la composizione sia del substrato che della pellicola pittorica. Sono stati prelevati N°10 campioni, i punti di campionamento sono riportati nella figura 31 e tabella 1⁸ (Tab. n°1).

Le indagini diagnostiche, condotte dall’Università di Chimica e Chimica Industriale di Pisa, hanno previsto l’osservazione mediante microscopia ottica (MO), l’analisi dei pigmenti tramite Spettroscopia Raman e la caratterizzazione analitica del legante pittorico mediante pirolisi accoppiata a gas cromatografia/spettrometria di massa (Py-GC/MS).



Disegno schematico dell’opera con punti di prelievi evidenziati

⁸ Tab.1 p.75

TABELLA 1, CAMPIONI PELEVATI

CAMPIONI	DENOMINAZIONE CAMPIONI	DESCRIZIONE
	P/C 1	STRATO DI VERNICE BIANCA
	P/C 2	GOCCIA DI STRATO DI VERNICE BIANCA
	P/C 3	STRATO DI VERNICE CON RESIDUI DI MATTONE
	P/C 4	MATTONE
	P/C 5	SEZIONE DI PITTURA



P/C 6 MALTA E VERNICE



P/C 7 MALTA



P/C 8 MATTONE E POLVERE BIANCA

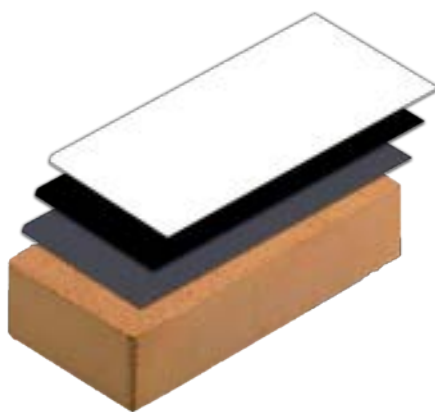


P/C 9 GOCCIA DI VERNICE



P/C 10 VERNICE BIANCA

Le analisi condotte sul campione 5 ad esempio, hanno permesso di osservare la stratigrafia come schematizzata nella figura (disegno computerizzato) e nella tabella 2 che seguono.



Stratigrafia grafica

TABELLA 2, RISULTATI ANALISI CAMPIONE 5

CAMPIONE	MICROSCOPIA	SPETTROSCOPIA	
	OTTICA	RAMAN	Py-GC/MS
P/C 5 (sezione di pittura)	L'analisi ha permesso di identificare 4 strati:	L'analisi ha permesso di caratterizzare la composizione dei diversi strati:	La tecnica analitica è stata atta all'identificazione del legante:
	1 VERNICE BIANCA	1 BIOSSIDO DI TITANIO (RUTILIO)	1 RESINA ALCHIDICA BASE OLIO (SICCATIVO – SEMI SICCATTIVO)
	2 STRATO NERO	2 NERO FUMO	
	3 STRATO ROSSO	3 EMATITE	
	4 COMPONENTI DEL MATTONE	4 OSSIDI DI FERRO E ALTRI COMPONENTI ARGILLOSI	

Dall'osservazione della stratigrafia del campione 5 si può confermare che Haring abbia lavorato su una superficie assente di preparazione.

Le analisi Raman effettuate sul campione N°7 (frammento di malta) rivelano la presenza di solfato di calcio, silice e carbone.

In tutti i campioni analizzati si riscontra la presenza di fibre trasparenti, che secondo l'analisi Py-GC/MS sono costituite da polietilene, probabilmente provenienti dalle fibre del pennello utilizzato in fase di esecuzione dell'opera.

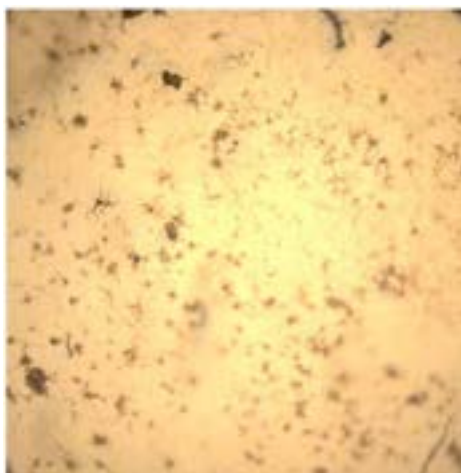


Immagine a microscopia ottica della superficie del campione 1

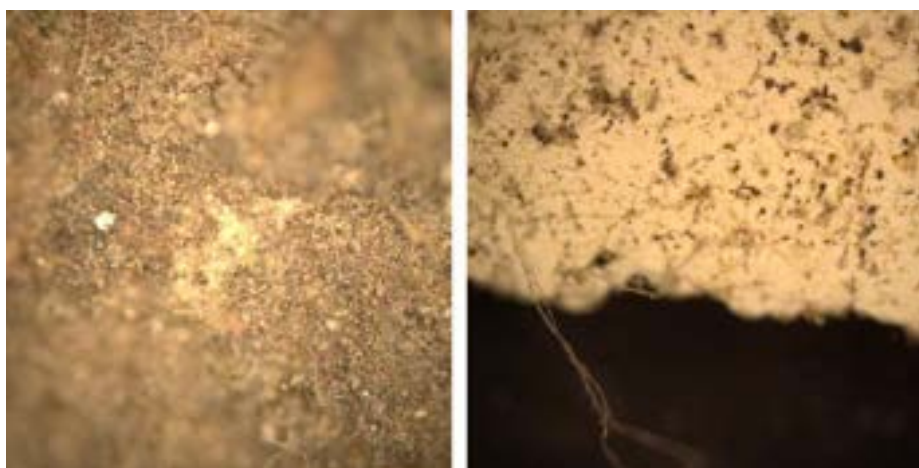


Immagine a microscopia ottica della superficie del campione 4 (sinistra) e del campione 1 (destra)

Si ringrazia il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell’Università di Pisa (SCBEC), il Dr. Jacopo La Nasa, la Prof.ssa Francesca Modugno e il Dott. Stefano Legnaioli ICCOM - CNR.

Substrato

Il substrato è composto da laterizi uniti tra loro tramite malta. I mattoni non hanno uno strato superficiale, quale intonaco e tinteggiatura, ma sono lasciati nudi e a vista.

Degrado

Le cause di degrado dei laterizi sono principalmente dettate dalla loro porosità che, oltre a limitarne la resistenza a compressione, favorisce l’accumulo di umidità all’interno della muratura. Inoltre la presenza di acqua all’interno di questi materiali, se in condizioni di temperatura che oscillano verso lo zero, può portare al congelamento che se ripetuto in modo costante provoca il fenomeno della *gelività*. Con questo fenomeno il laterizio può sfaldarsi o frantumarsi per la conseguenza dell’aumento di volume all’interno dei pori del materiale in seguito al congelamento.



Foto del degrado subito dalla pellicola pittorica

A seguito di queste osservazioni è giusto considerare, per la corretta conservazione di opere outdoor, le condizioni climatiche e i parametri ambientali in cui l’opera è inserita al fine di mantenere la sua integrità fisica e la sua stabilità.

Uno dei fattori principali che interagisce con l’alterazione del materiale è il clima, la variazione di temperatura infatti influisce sull’integrità fisica e la stabilità. Si può supporre che la temperatura di Amsterdam⁹ abbia influito sull’integrità del supporto (già di per sé fragile) causando quel fenomeno chiamato *gelo – disgelo*.

I cicli di questo fenomeno quindi possono aver influenzato il comportamento della pellicola pittorica che può essere stata sottoposta a continui e repentini movimenti dati dal materiale sottostante, nonché il suo effettivo ed unico supporto, causandone così il distacco. Si può quindi desumere il mattone e la sua natura porosa abbiano probabilmente contribuito alla separazione della pellicola pittorica dal “supporto”.

Pellicola pittorica

⁹ la stagione calda dura 3,1 mesi, dal 11 giugno al 13 settembre, con una temperatura giornaliera massima oltre 19 °C. Il giorno più caldo dell’anno è il 5 agosto, con una temperatura massima di 22 °C e minima di 14 °C. La stagione fresca dura 3,8 mesi, da 20 novembre a 13 marzo, con una temperatura massima giornaliera media inferiore a 9 °C. Il giorno più freddo dell’anno è il 8 febbraio, con una temperatura minima media di 1 °C e massima di 6 °C. weatherspark.com

Confrontando alcune ricerche che hanno avuto come scopo l'identificazione delle vernici alchidiche, la loro composizione e la loro durabilità nel tempo si cercherà di meglio identificare questi nuovi prodotti utilizzati in campo artistico per meglio comprenderne la loro stabilità ed approcciarsi con la più corretta conservazione.

Di origine poliestere, le prime resine chimiche vengono chiamate *Glyptals* e appaiono nel 1900. Ottenute dalla reazione tra un acido e un alcool vengono rese più idonee alla lavorazione aggiungendo acidi grassi ed oli nei primi anni '20. Essendo le resine alchidiche quindi formate dall'unione di una poliestere e con l'aggiunta supplementare di oli siccativi hanno, nel tempo, sostituito le più comuni pitture ad olio per la loro qualità di essere veloci nell'asciugatura, resistenti e con proprietà ottiche simili a quelle degli oli.

La grande innovazione avviene quindi proprio nell'aggiunta di acidi grassi all'interno del polimero di poliestere che di per sé è duro e fragile e viene quindi reso più flessibile diminuendovi la reticolazione.

È negli anni '50 che le alchidiche aprono uno scenario tutto nuovo, il loro tempo di essiccazione (18-24 ore tocco asciutto)¹⁰, il loro essere figli del loro tempo e quindi del futuro e dell'innovazione industriale ha contribuito allo *spread* crescente nel mondo dell'arte. Inoltre la loro proprietà di essere mescolabili con la tradizionale pittura ad olio e quindi diluibili in trementina fa sì che possano essere usate da sole o addizionate con l'abituale tecnica. Le loro innovazioni dal punto di vista artistico faranno sì che vengano adoperate su larga scala e che sostituiscano la tecnica tradizionale¹¹.

La veloce asciugatura delle alchidiche è dovuta alla rapida evaporazione del solvente e all'alto peso molecolare della resina che richiede meno legami incrociati per formare un film corretto¹².

Un'altra differenziazione è operata alla base della percentuale di olio inserita all'interno del polimero. In tal caso si ottengono quattro diverse classi, ossia¹³:

1. resine a corto olio (35-45 % in peso)
2. resine a medio olio (46-55 % in peso)
3. resine a lungo olio (56-79 % in peso)
4. resine a lunghissimo olio (56-70 % in peso)

Le resine maggiormente utilizzate dagli artisti sono quelle a medio/lungo olio quindi con una percentuale di legante oleoso medio-alta per far sì che loro stesura divenga ottimale e che il film non rimanga fragile e sottile.

Oltre alla presenza di acidi grassi, all'interno delle formulazioni delle alchidiche, possiamo trovare vari additivi quali disperdenti, agenti bagnanti, saponi metallici di Cobalto, Zinco e Calcio, sali di calcio che diminuiscono l'effetto bloom¹⁴, antispellanti e stabilizzanti ed emulsionanti.

Degrado

Dagli studi effettuati¹⁵ di Rebecca Ploeger e Oscar Chiantore si può evincere che le problematiche principali delle alchidiche siano:

- increspatura ed invecchiamento del film pittorico in relazione alla tipologia del pigmento;
- migrazione degli acidi grassi ed additivi in superficie lasciando il film fragile, fenomeno dato dall'errato apporto di T ed umidità nonché dall'azione di alcuni solventi
- irrigidimento e crettatura del film con l'avanzare del tempo
- rapido ingiallimento e/o incupimento

La problematica più grave riscontrata nel loro invecchiamento è quella dell'eccessiva rigidità dovuta all'alto peso molecolare e ad una voluminosa spina dorsale polimerica¹⁶. Il tutto comporta una scarsa flessibilità dovuta alla reticolazione chimica.

¹⁰ J. Crook, T. Learner, *The impact of modern paints*. London: Tate Gallery Publishing, 2000

¹¹ P. Staples, *Master Classes in Alkyd: The Drying Performance*. 1982 in R. Ploeger, O. Chiantore, *Characterization and Stability Issues of Artists' Alkyd Paints*, in: *Cleaning 2010. New Insights into the Cleaning of Paintings*. Universidad Politecnica de Valencia, Instituto de Restauracion del Patrimonio, Smithsonian Museum Conservation Institute, Valencia, 2010

¹² P. Staples, *Master Classes in Alkyd: The Drying Performance*, op. cit. p. 90

¹³ *Ibidem*.

¹⁴ Con l'espressione "effetto bloom" si indica l'opacità o sbiancamento che può svilupparsi su una superficie verniciata. L'effetto è osservabile anche in concomitanza con l'uso di un solvente troppo volatile, a causa del rapido raffreddamento della superficie per l'immediata evaporazione del liquido che assorbe calore.

¹⁵ R. Ploeger, O. Chiantore, *op. cit.*

¹⁶ *Ivi*.

Per quanto riguarda l'aspetto della solubilità, le resine alchidiche nel tempo divengono quanto meno insolubili in qualsiasi tipo di solvente.

Nei test di rigonfiamento¹⁷ si può vedere che quest'ultimi a contatto con sette diversi solventi quali esano, toluene, dietiletere, cloroformio, acetone e acqua hanno comportamenti differenti in base alla loro tipologia influenzandone l'asciugatura e le proprietà meccaniche.

I solventi sopra citati non solubilizzano la pellicola pittorica ma ne creano un rigonfiamento. Ciò impone che ad un maggior sfregamento del tampone in fase di pulitura si potrebbe facilmente rischiare di danneggiarla. Si è scoperto poi, che i film che vengono a crearsi invecchiando, divengono meno sensibili ai solventi organici a rapida evaporazione e bassa ritenzione come alcoli, chetoni ed idrocarburi aromatici.

L'esposizione prolungata ai solventi, però, deve essere minima perché questa oltre a poter causare il suo rigonfiamento potrebbe incoraggiarne la liscivazione degli acidi grassi contenuti nella componente oleosa della resina provocando così un impoverimento della struttura polimerica e portandola ad essere più fragile e soggetta a degrado.

Possiamo quindi desumere che il degrado della nostra vernice alchidica venga e possa essere dato da diversi fattori. Presumibilmente lo smalto in esame è una vernice industriale, atta all'edilizia o comunque alle coperture di grandi pareti come dimostrato da una delle foto mandate da Chris Reinewald.



Keith Haring, particolare della vernice utilizzata, Chris Reinewald's Photo

Essendo stata coperta per trent'anni il suo deterioramento è stato circoscritto presumibilmente al normale invecchiamento della resina stessa, che riguarda la perdita di flessibilità del film pittorico con conseguente irrigidimento provocandone successivamente il parziale distacco dalla muratura.

Un altro punto su cui ci si può soffermare è quello dato dall'assenza di preparazione in background che ne ha sensibilizzato il distacco non permettendone l'adeguata adesione.

Si può inoltre notare un leggero ingiallimento dell'alchidica probabilmente dovuto alla presenza dell'olio che tende ad ingiallire durante il processo di polimerizzazione a causa della presenza dei doppi legami, soprattutto in condizioni di buio.

La proposta di restauro

La proposta di restauro è atta ad identificare quelli che potrebbero essere i prodotti utilizzati in vista dell'imminente lavoro previsto nel mese di settembre 2019.

¹⁷ McCrone 1999, Phenix 2002, Zumbühl 2005 in *Modern Paints Uncovered Proceedings*, dal *Modern Paints Uncovered Symposium* di Getty Conservation Institute, Tate, and the National Gallery of Art/Tate Modern, London, May 16-19, 2006, Edited by Thomas J. S. Learner, Patricia Smithen, Jay W. Krueger, and Michael R. Schilling

Si è proceduto per fasi successive partendo dalla ricerca storico/artistica fino ad arrivare alle analisi scientifico/chimiche. Dalle conoscenze acquisite gradualmente si potranno tenere o modificare le idee iniziali. Il lavoro di gruppo sarà basato sulla soddisfazione delle reciproche esigenze, avendo cura prioritaria di ottenere risultati in tempo utile per il lavoro, integrando le diverse professionalità dello scienziato, dello storico e del restauratore, suddividendo così anche la scelta finale di intervento.

In accordo con la direzione dei lavori, e avendo avuto contatti diretti con le ditte produttrici dei relativi prodotti si è deciso di affrontare la proposta del lavoro di restauro suggerendo tre diversi prodotti aventi finalità differenti per le tre operazioni da effettuare. Date le problematiche del supporto e della vernice vi si propongono:

- Nano ESTEL, come prodotto consolidante e fissativo dell'interfaccia mattone/pellicola pittorica
- Fluoline A, come prodotto adesivo per la pellicola pittorica
- Sioux-5, come prodotto protettivo idrorepellente da applicare solamente sulla pellicola pittorica

NANO ESTEL (© CTS Srl)

In questi ultimi anni si è potuto vedere come il progresso nel campo del restauro sia strettamente ed altamente correlato alle nanotecnologie. Le nanotecnologie più utilizzate sono costituite da idrossido di calcio disperse in alcool note anche come nanocalci. Le particelle penetrano nella struttura porosa del materiale e nelle fessurazioni presenti nell'opera. La reazione di carbonatazione delle particelle, avviene per interazione con l'anidride carbonica presente nell'atmosfera e fa sì che esse agiscano da legante per il materiale decoeso e per la superficie pulverulenta delle opere d'arte. La dimensione nanometrica delle particelle rende la reazione di carbonatazione particolarmente rapida. [Nanorestore Plus® scheda tecnica. Csgi UniFi]

Esse vengono principalmente utilizzate per il restauro di opere architettoniche e scultoree che vanno incontro a fenomeni di decoesione, frammentazione e perdita di resistenza meccanica durante il naturale invecchiamento del materiale.

Nano ESTEL, a differenza dei normali prodotti in Nanorestore, si propone come una dispersione colloidale acquosa e non alcolica; non con idrossido di calcio ma con biossido di silicio (SiO₂). Le dimensioni delle particelle sono al di sotto dei 20nm, inferiori a quelle delle nanocalci (200nm) il che rende questo prodotto molto fluido. Ha però, un residuo secco del 30 % che deve essere quindi diluito nelle opportune parti che si considerano adeguate all'applicazione, portando la quantità di silice anche al di sotto del 10%.

A seguito dell'evaporazione dell'acqua vi si formerà un gel di silice che potrà avere, tra tutti, un effetto consolidante. Nonostante le dimensioni della molecola siano superiori a quelle del silicato d'etile, che per le dimensioni a livello molecolare è ancora più penetrante, il NanoESTEL si è preferito ad un consolidante del tipo di etile per la significativa problematica della posizione dell'opera all'aperto.

NanoESTEL è infatti consigliato in quelle situazioni il cui il consolidamento con silicato d'etile è improbabile, infatti quest'ultimo, vuole:

- superficie da trattare asciutta e pulita,
- temperatura atmosferica compresa tra i 10 °C e i 25 °C,
- la superficie da trattare non deve essere esposta alla pioggia per almeno una settimana
- il prodotto ha bisogno di circa quattro settimane con una temperatura ambientale di 20 °C ed una umidità relativa del 40-50% per poter completare la sua reazione

Date le modalità di impiego del silicato d'etile vi si può escludere il prodotto a priori avendo in esame da trattare una superficie esposta alle intemperie atmosferiche quindi la maggior parte delle volte bagnata, una temperatura ambientale che può variare da diversi gradi sotto zero fino ad un massimale di 25 °C, un'umidità relativa del circa 87,2% ed un tempo di cantierizzazione breve.

NanoESTEL presenta un tempo di presa ridotto (3-4 giorni) ed essendo una dispersione acquosa non soffre i problemi ben noti del silicato d'etile legati alla presenza di acqua libera (di risalita, di condensa, pioggia).

“Per quanto si tratti di un materiale ancora poco studiato, le prime risultanze sono incoraggianti, e come per tutte le nuove sostanze sono richiesti test di prova più accurati di quanto si possa fare utilizzando prodotti ben noti, specialmente per valutare:

- *il grado dell'effetto rinforzante che si vuole ottenere;*
- *la quantità di materiale da impiegare (ovvero il rapporto di diluizione);*
- *l'assenza di variazioni cromatiche sul materiale lapideo trattato.*

Non è infine da trascurare il fattore sicurezza dato che, trattandosi di una dispersione acquosa, NANO ESTEL non è infiammabile e non presenta simboli di tossicità, con conseguente riduzione dei fattori di rischio in laboratorio e su cantiere, e riduzione dei costi di trasporto e stoccaggio.”

[Nuovi prodotti – un consolidante atipico: NanoEstel, 29/07/11]

FLUOLINE A (© CTS Srl)

Se necessario, la fase dell'intervento che seguirà al consolidamento sarà la riadesione della pellicola pittorica al suo supporto. L'adesivo scelto dovrà mirare al consolidamento delle scaglie di colore sollevate o distaccate, in

questo caso è necessario individuare un prodotto dotato di sufficiente potere adesivo, buona penetrabilità ma soprattutto privo di interferenze ottico cromatiche nei confronti della pellicola pittorica.

La scelta di testare Fluoline A è data dalla sua composizione. I polimeri fluorurati infatti sono polimeri contenenti fluoro. Questo elemento viene utilizzato ed aggiunto per conferire ai prodotti maggiore resistenza chimica, migliore stabilità alla luce e alla temperatura. Sono solubili in idrocarburi aromatici ed esteri.

Quindi la loro elevata stabilità agli UV e la reversibilità hanno fatto considerare l’ipotesi di poter testare il polimero fluorurato come valida opzione per l’adesione delle scaglie.

Fluoline A in particolare presenta caratteristiche favorevoli tra cui:

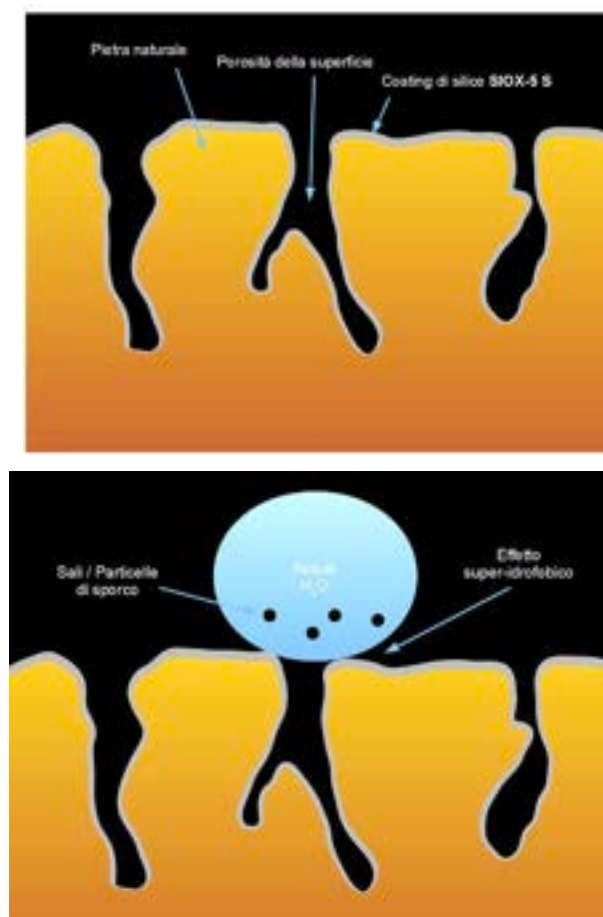
- tempo di presa di circa 5 minuti ed un tempo di essiccazione di circa 10 ore, favorevole considerando il breve periodo di cantierizzazione.
- elevata resistenza meccanica degli incollaggi
- completa reversibilità
- inerzia chimica ed elevata resistenza agli agenti atmosferici
- viscosità dell’adesivo opportunamente modulabile con aggiunta di piccole percentuali di silice

SIOX- 5 (Siltea srl)

Siox-5 è un protettivo ideato per pietre naturali intonaci e cotto. È composto da silice nano-strutturata ed una volta applicato conferisce alle superfici trattate proprietà idrofobiche, impedendo l’assorbimento d’acqua e la penetrazione di impurità. Il prodotto si presenta liquido, trasparente e pronto all’uso, viene considerato stabile dopo 72 ore ed ha una temperatura di esercizio tra i 5 °C fino a 35 °C.

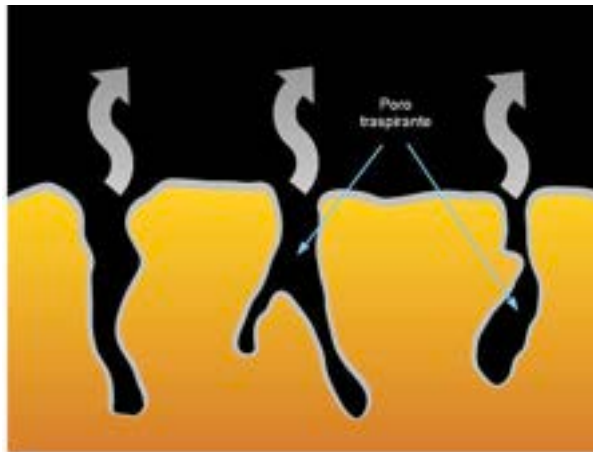
Riducendo l’assorbimento d’acqua, evita l’accumulo di sporco, non costituisce un substrato idoneo alla colonizzazione biologica ed in applicazioni in esterno resiste a radiazione solare UV e a sollecitazioni chimiche sia di tipo acido (ambiente urbano) che alcalino¹⁸.

Siox – 5 è stato ipotizzato come *coat* finale perché è in grado di agire sulle caratteristiche di idrorepellenza e garantire allo stesso tempo la traspirazione delle superfici. Vi si riporta in modo schematico il suo meccanismo d’azione¹⁹:



¹⁸ www.siox-5/pietra. Siltea Srl

¹⁹ www.siox-5/pietra. Siltea Srl



Come possiamo vedere dai disegni schematizzati il *coat* di Siox-5 si lega alla struttura porosa del materiale, l'acqua e lo sporco rimangono in superficie. Rimanendo allo stesso tempo traspirante e garantendo la permeabilità al vapore può essere considerato come probabile protettivo finale.

Crediti fotografici

Keith Haring artwork © Keith Haring Foundation

Bibliografia

Gruen John, Keith Haring la biografia, Baldini Castoldi Dalai, Milano 2007

Keith Haring, *Keith Haring Journal*, Penguin Books London, 2010

Mercurio Gianni (a cura di), *Keith Haring: about art*, Milano, Catalogo 24 Ore Cultura, Giunti Editore, Firenze - Milano, 2017

Oudheusden van Pieter, Keith *Haring era li*, auto-pubblicato / vipsart.nl, Rotterdam, 2002.

Rebecca Ploeger, Oscar Chiantore, *Characterization and Stability Issues of Artists' Alkyd Paints*, in: *Cleaning* 2010.

New Insights into the Cleaning of Paintings. Universidad Politecnica de Valencia, Instituto de Restauracion del Patrimonio, Smithsonian Museum Conservation Institute, Valencia, 2010

Sitografia

Longreads: The best longform stories on the web. (n.d.) disponibile da Longreads: The best longform stories on the web <https://longreads.com/>

Reinewald, C. (n.d.) *The Dutch adventures of Keith Haring*. Disponibile da: <https://www.stedelijk.nl/en/digdeeper/dutch-adventures-keith-haring>

PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA SEMI AUTOMATICA BASATA SULL'ANALISI DELL'IMMAGINE DIGITALE FINALIZZATA ALLA CREAZIONE E LA GESTIONE DELLA DOCUMENTAZIONE GRAFICA NEI RESTAURI

Annamaria Amura^{1*}, Laura Baratin^{2*}

^{*}Dottoranda,

^{**}Professoressa Associata e Presidente della Scuola di Conservazione e Restauro - Dipartimento di Scienze di Base e Applicazioni, Università degli studi di Urbino Carlo Bo, Piazza della Repubblica, 13, 61033, Urbino, +39 0722304524

Abstract

Questo contributo propone una metodologia semi-automatica, basata su una sequenza di processi di *image analysis* impiegati su riproduzioni fotografiche digitali di opere d'arte. La procedura è finalizzata alla produzione di documenti vettoriali/grafici per la documentazione nel lavoro di conservazione e restauro. Il metodo proposto si basa su un'analisi statistica di dati raster visibili e multispettrali. In prima istanza affronteremo alcune delle problematiche legate alla rappresentazione grafica, in seguito mostreremo degli esempi di algoritmi applicati, di come le loro immagini di output possano essere utilizzate per estrarre automaticamente i contorni delle aree di interesse. Grazie a questa estrazione è possibile infatti effettuare una conversione raster to vector ottenendo un tracciato vettoriale in automatico, alleggerendo così il pesante lavoro di trascrizione grafica delle informazioni all'interno delle mappature tematiche. In ultimo, presenteremo i risultati di questa metodologia attraverso l'utilizzo di un software GIS free e open source, QGIS[®], (ampiamente utilizzato in ambito archeologico). Proponiamo quindi una metodologia semi automatica, guidata complessivamente dall'operatore, per rendere la trascrizione grafica dei dati scientifici più oggettiva, rigorosa e accurata, riducendo il lavoro manuale fonte di interpretazione soggettiva.

Introduzione

Tutte le discipline connesse al restauro presentano la profonda necessità di raggiungere una piena comprensione dell'oggetto d'interesse, al fine di sviluppare una maggiore consapevolezza riguardo le azioni necessarie da compiere, nel pieno rispetto delle sue caratteristiche. In virtù di questo importante compito di piena comprensione e trasmissione al futuro del bene si è sentita sin da subito l'esigenza di adottare tecniche di documentazione sempre più oggettive e non approssimative. Un ruolo importante durante lo studio della storia artistica, conservativa e delle tecniche e materiali utilizzati è sicuramente svolto dall'indagine diagnostica e dalla successiva trascrizione in immagini, testi e grafica di tutte le informazioni acquisite sull'opera. Questo contributo si propone di affrontare solo alcune delle ampie problematiche legate alla documentazione, in particolare, proponiamo un approccio interdisciplinare per la creazione e la gestione dei file grafici/vettoriali denominati rappresentazioni grafiche o mappe tematiche. Il problema affrontato si colloca nel momento in cui l'operatore cerca di trascrivere con precisione lo stato di conservazione del bene mediante l'interpretazione grafica, affidando al disegno il compito di linguaggio di sintesi e descrizione chiara di tutte le informazioni. Quest'esigenza di precisa trascrizione ha avvicinato il mondo del restauro al sapere tecnologico e informatico tanto che, in pochi decenni, si è passati dall'utilizzo esclusivo della documentazione cartacea alla costruzione di ricchi database digitali talvolta comprensivi anche di modelli tridimensionali. Nonostante ciò, la documentazione grafica è ancora pensata e prodotta con finalità di stampa e di archiviazione, nonostante le si riconosca una considerevole importanza per il suo duplice ruolo sia analitico-diagnostico che conoscitivo-documentario. Le riproduzioni in fotografia digitale delle opere, attualmente utilizzate esclusivamente come documento di analisi visiva e base di ricalco per le rappresentazioni grafiche, possono essere invece interrogate e rese "interattive" attraverso algoritmi di *image analysis* abbinati ad operazioni di interrogazione presenti nei Sistemi Informativi Geo-referenziati (GIS). La loro caratteristica di "bidimensionalità" non è infatti una limitazione, in quanto, l'immagine fotografica digitale è composta da una serie di valori numerici, calcolabili e statisticamente interrogabili.

Le problematiche affrontate all'interno del processo di documentazione grafica: un passo verso il semi-automatismo e l'interattività

La produzione di rappresentazioni grafiche, soprattutto per quanto riguarda i manufatti mobili e/o archeologici è ancora strettamente vincolata al lavoro manuale di disegno, nonostante il largo impiego di strumenti informatici. Le difficoltà di lettura e trascrizione dei dati sono affrontate in modo molto soggettivo, mediante un'ispezione visiva a occhio nudo delle immagini diagnostiche e una trascrizione manuale dei dati scientifici raccolti. Questo tipo di restituzione grafica è dunque caratterizzata da una forte interpretazione soggettiva dell'operatore, in quanto disegnare il modello dell'oggetto e le relative informazioni richiede non solo tempo, ma anche e

soprattutto un'abilità manuale e una piena padronanza degli strumenti per il disegno informatico. Ogni rappresentazione grafica risulterà più o meno fedele al manufatto originale e al suo reale stato di conservazione a seconda dell'esperienza personale nel campo e della conoscenza del software utilizzato. Inoltre, le varie regioni d'interesse presenti sulla superficie dell'opera sono caratterizzate da bordi molto irregolari e dettagliati, quindi complessi da trascrivere graficamente. I restauratori utilizzano spesso software commerciali per tentare di facilitare il disegno ma senza seguire uno standard metodologico ufficiale, proprio per ovviare a questo problema, nel 2003 è stato creato, dal MiBAC un sistema informativo, *SICaR /web based*, per la documentazione geo referenziata degli interventi di restauro su le diverse tipologie di oggetti. Questo software, come gli altri utilizzati attualmente, non prevede l'uso dell'analisi delle immagini, quindi non permette un'interazione tra grafica raster e grafica vettoriale, interazione che dovrebbe invece essere necessaria per sfruttare a pieno l'immagine diagnostica. Questo è uno dei principali problemi che intendiamo affrontare: l'eccessiva variabilità e approssimazione nella lettura delle immagini diagnostiche e nella trascrizione grafica dello stato di fatto nel modello delle informazioni.

Casi studio: due dipinti su tela.

Abbiamo esaminato e testato la metodologia su due dipinti su tela ripresi in diverse modalità.

Un *l'Ecce Homo* di Bernardo Strozzi è stato ripreso sotto illuminazione a luce visibile, con due proiettori a luce diffusa Ianiro da 500 W e utilizzando un Macbeth Color Checker come riferimento. L'immagine RGB è stata acquisita da una fotocamera Nikon D800. L'immagine a fluorescenza UV è stata realizzata sotto l'illuminazione di due lampade UV Labino, utilizzando una piastrina al bario-solfato al 99% e un colorimetro Macbeth come riferimento, da una fotocamera D800 dotata di un Hoya IR- Filtro digitale con taglio UV. L'immagine di fluorescenza così ottenuta è stata quindi sottratta dalla luce parassita visibile per evidenziare le regioni che producono realmente fluorescenza sotto l'illuminazione ultravioletta. L'immagine di riflettografia del vicino infrarosso (780-980 nm, Fig. 1 c) è stata catturata da una fotocamera D800 IrUv con filtri Peca 87c e 87b, sotto l'illuminazione di quattro proiettori a luce diffusa Ianiro da 800 W e con un riferimento per Macbeth Color Checker. La seconda opera, *Cleopatra* di Donato Creti, oltre le riprese in luce visibile è stata ripresa in infrarossi (IR) a 1050 nm, con un intervallo dinamico elevato (16 bit), attraverso un sistema multispettrale con una camera Morovian G2-8300 (CCD KAF 8300 18,1 × 13,7 mm pixel 5,4 × 5,4 µm). La risoluzione spettrale si è ottenuta attraverso filtri interferenziali con bande passive di ± 25 nm attorno alle lunghezze d'onda centrali 450, 500, 550, 600 e 650 nm nel campo visibile e 850, 950, 1050 nm nel vicino infrarosso.



Figura 2-3-4-5-6-7: (a) *Ecce Homo*, Bernardo Strozzi, Olio su tela, 1620-1622, 105×75 cm. Standard RGB; (b) UV-induced fluorescence; (c) NIR reflectography. Immagini scattate da Paolo Maria Triolo, concessione del Ministero per i Beni e le attività Culturali-Galleria Nazionale di Palazzo Spinola, Genova, Italia. (d) *Cleopatra*, Donato Creti, Olio su tela, 100×77 cm. Collezione privata. Standard RGB, luce visibile dopo il restauro, immagine scattata da Annamaria Amura. (e) Il set di immagini multispettrali dai 450 ai 1050 nm, immagini catturate da Vincenzo Palleschi CNR Pisa.

La combinazione di algoritmi di *Image Analysis* utili al semi-automatismo per la documentazione grafica

I metodi di elaborazione dell'*image processing/analysis* che interessano principalmente la nostra ricerca riguardano gli algoritmi di segmentazione, interrogazione raster, individuazione dei bordi delle aree di interesse (*edge detector*) e la conversione da raster a vettore (*poligonizzazione*) [1]. Le funzioni di segmentazione e classificazione automatica applicate a immagini multispettrali o iper-spetttrali hanno avuto una grande ripercussione nella diagnostica pre-restauro, per il miglioramento e la lettura dei palinsesti di testi antichi, per migliorare l'interpretazione delle indagini diagnostiche ed evidenziare dettagli nascosti nei dipinti [3].

La combinazione metodologica che ha prodotto risultati migliori è la seguente ed è divisibile in tre fasi:

- 1) Le immagini nell'intervallo visibile e le altre immagini diagnostiche multispettrali sono analizzate utilizzando algoritmi di segmentazione quali l'analisi di componenti indipendenti (ICA) e strategie di

ortogonalizzazione, come ad esempio l'analisi della componente principale (PCA)[..]. Tali algoritmi producono un diverso numero di immagini in uscita in scala di grigio che chiariscono e separano per contrasto le aree di interesse.

- 2) Il restauratore ispeziona e seleziona le immagini in cui il contrasto tra le aree di suo interesse è più evidente. Le immagini selezionate sono quindi soggette a un algoritmo di soglia (*Color Threshold*), fornendo in output maschere binarie (bianco e nero) che rappresentano le aree e i loro bordi. In questa fase abbiamo anche testato un tipo di rete neurale: la *Self-Organizing Map* (SOM), che produce, in output, delle maschere binarie [3].
- 3) Le maschere così ottenute sono poligonizzate per creare i tracciati vettoriali per le mappe tematiche. In questa fase l'operatore può dunque decidere se finalizzare il lavoro alla stampa, oppure interrogare i tracciati vettoriali così creati per ottenere informazioni dimensionali, statistiche, percentuali, creando delle vere e proprie mappe interattive esportabili e consultabili anche on line.



Figura 1: Combinazione cronologica degli algoritmi

È importante precisare che l'efficacia di questi algoritmi è fortemente condizionata dalla qualità e dalla risoluzione delle immagini in ingresso: il risultato si è dimostrato migliore nei casi in cui le immagini sono state scattate con una corretta illuminazione e a una risoluzione spaziale elevata. Inoltre, la riuscita della segmentazione è risultata più semplice nei casi in cui le aree da separare erano già in qualche modo distinguibili nelle immagini diagnostiche in input.

Applicazione delle tre fasi della metodologia

Le immagini diagnostiche che riproducono le opere in esame sono formate da aree con livelli di informazioni diverse da evidenziare e interpretare. Queste aree, che rappresentano e descrivono la storia conservativa dell'opera, nelle immagini che siamo soliti esaminare sono sovrapposte e combinate insieme in un unico file raster. In queste immagini ogni campo spettrale mostra tutti i livelli d'informazione, quindi il primo passo da compiere è quello di estrarre (o separare) i singoli livelli di informazione dall'intero insieme dell'informazione spettrale. A tale scopo adottiamo l'analisi delle componenti principali (PCA) e l'analisi delle componenti indipendenti (ICA): questi due algoritmi di segmentazione vedono per ogni banda spettrale le aree come un cubo di dati di input contenente un certo numero di livelli di informazione. Le immagini in output risultanti dall'elaborazione statistica, a differenza di quelle diagnostiche, presentano i livelli di informazione reciprocamente indipendenti e principali suddivisi in immagini diverse. Il presupposto di indipendenza è di considerevole importanza in quanto stiamo cercando di segmentare le caratteristiche del manufatto generate in tempi diversi e con materiali diversi e quindi presumibilmente indipendenti tra loro. In Figura 8 e 9 riportiamo il risultato di questo primo passaggio appena descritto sulle due opere. Come immagini di input per l'*Ecce Homo* abbiamo inserito un'immagine RGB in luce visibile, un NIR, e una Fluorescenza UV indotta. Per la *Cleopatra* abbiamo inserito in input l'immagine RGB in luce visibile e 9 canali multispettrali dai 450 ai 1050 nm. Gli output dei due algoritmi sono stati rispettivamente 20 immagini in scala di grigio per l'*Ecce Homo* e 16 immagini per la *Cleopatra*. Come si può vedere dalla Figura 8 ad esempio le reintegrazioni a vernice eseguite su tutta la superficie dell'opera *Ecce Homo* sono state suddivise e accentuate per contrasto in alcuni output sullo sfondo e in altri sulla figura del Cristo.

FASE 1



Figura 8 FASE 1 Applicazione degli algoritmi ICA e PCA sulle immagini visibili e diagnostiche dell'opera *Ecce Homo* di Bernardo Strozzi. Per una questione di spazi abbiamo scelto di mostrarne solo la metà degli output.



Figura 9 FASE 1 Applicazione degli algoritmi ICA e PCA sulle immagini visibili e multispettrali dell’opera *Cleopatra* di Donato Creti. Per una questione di spazi abbiamo scelto di mostrarne solo la metà degli output.

La seconda fase della metodologia consiste nell’ispezionare le immagini di output allo scopo di scegliere quelle in cui le regioni che meglio descrivono lo stato di conservazione siano sufficientemente contrastate e ben separate l’una dall’altra. Anche senza un’analisi chimica o qualsiasi altra tecnica di indagine più specialistica questo tipo di elaborazione delle immagini ci permette infatti di distinguere diverse aree che sono invece classificate insieme nei canali acquisiti dalle indagini diagnostiche o visibili in partenza. In questa fase dagli output in scala di grigio si estraggono delle maschere che identificano le regioni mediante bordi netti, detti *a step*, operazione necessaria per procedere alla successiva trasformazione di questi bordi in tracciati vettoriali.

Le maschere binarie possono essere ottenute attraverso un processo di sogliatura dei valori, raggruppando cioè i valori dei pixel in scala di grigio in due sole classi rispettivamente nero 0 e bianco 255 (Fig. 11).

Questa classificazione in soli due valori può avvenire in maniera guidata dall’operatore, che in questo caso esegue per ogni immagine una soglia, o in maniera automatica tramite Reti Neurali. Nel nostro caso abbiamo utilizzato la *Self-Organizing Map* (SOM), un tipo particolare di rete neurale basata su algoritmi di allenamento competitivo. La rete neurale SOM viene applicata in un’unica volta a tutte immagini di output ottenute tramite ICA e PCA. La finalità è quella di verificare se possiamo ottenere un sensibile miglioramento del riconoscimento delle aree: nel peggiore dei casi possiamo avere output uguali agli input, nel migliore gli output scompongono ulteriormente le aree perché pertinenti a qualcosa che ha lo stesso comportamento ottico e coerenza topografica. In questo caso l’operatore inserisce all’interno della rete tutte le immagini e avrà in automatico un numero n di uscite direttamente in maschere binarie.

FASE 2

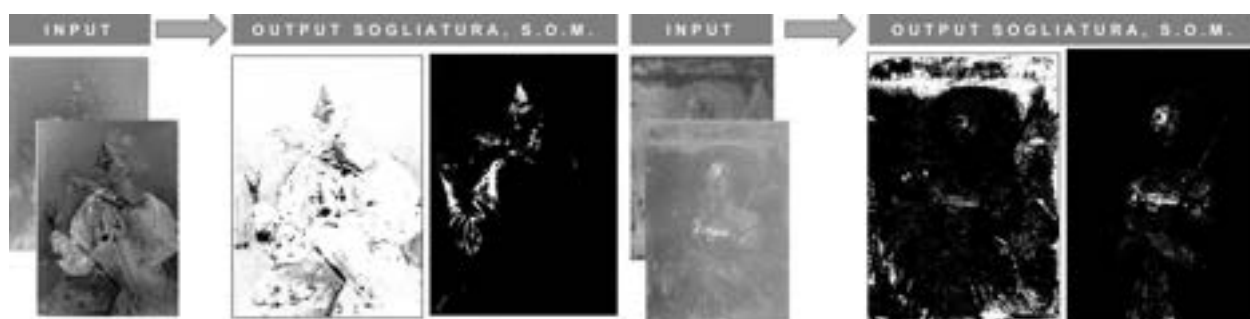


Figura 10 FASE 2 Sogliatura manuale e rete neurale S.O.M. su alcune immagini in uscita dagli algoritmi ICA e PCA.



Figura 11 Esempio di classificazione di tutti valori di pixel in scala di grigio a soli due valori per l’ottenimento delle maschere binarie con bordi a gradino detti *a step*.

Nella terza ed ultima fase della nostra metodologia per l'estrazione automatica del disegno grafico nel modello delle informazioni, ogni maschera binaria viene trasformata da file raster a tracciato vettoriale. Successivamente potranno essere associate a ogni livello di informazioni una texture o colore specifico per la creazione dei tematismi. L'estrema precisione di questa trascrizione automatica delle informazioni è una caratteristica resa possibile dalla metodologia automatica che proponiamo e può essere ripetuta da diversi operatori a distanza di tempo ottenendo come risultato lo stesso tracciato vettoriale. Fino ad ora siamo riusciti ad automatizzare in maniera completa solo la trascrizione grafica per il modello delle informazioni. Per quanto riguarda il modello dell'oggetto (dell'opera d'arte), ossia il disegno figurativo del manufatto, abbiamo automatizzato solo il disegno della sua sagoma, per quanto complessa e articolata possa mostrarsi. Anche in questo caso del modello dell'opera d'arte a volte gli output delle reti neurali SOM possono aiutare a delimitare con precisione i bordi delle figure.

FASE 3

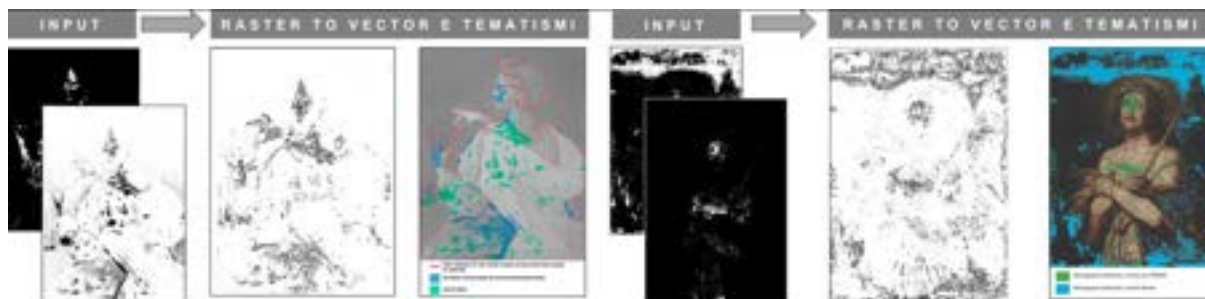


Figura 12 FASE 3 processo di poligonizzazione automatica, da raster a vettore, e successiva creazione dei tematismi per il modello delle informazioni su base fotografica raster.

Presentazione della metodologia in QGIS3®, un'utile applicazione per i beni culturali.

Nel campo del restauro interessanti sperimentazioni sono state eseguite impiegando i Sistemi Informativi Geografici (GIS), particolarmente in ambito archeologico è nato da tempo un grande interesse verso tali strumenti che, pur nascendo per l'analisi del territorio, mostrano di poter essere efficacemente utilizzati anche nel campo della conservazione architettonica, dei beni archeologici e mobili [4]. L'uso della tecnologia GIS fornisce infatti un contributo risolutivo al problema della documentazione poiché permette alcune relazioni a oggi fondamentali, tra queste evidenziamo: la relazione topologica tra un archivio di dati e una rappresentazione grafica e una forte relazione tra la grafica raster e quella vettoriale. Rispetto a strumenti grafici CAD, (*Computer Aided Design*) i sistemi GIS integrano: dati vettoriali; dati raster (cartografia e immagini); dati alfanumerici (attributi degli oggetti grafici organizzati in tabelle nel database), testi, tabelle, fogli di calcolo, grafici, filmati, modelli tridimensionali e permettono di esportare e condividere i progetti sul web [5]. Oltre alla varietà di lettura e produzione di diverse tipologie di file, il GIS consente anche di effettuare elaborazioni complesse su di essi: quantitative, statistiche, modellazioni, previsioni, percentuali ecc. La consultazione dei dati può avvenire attraverso semplici strumenti di selezione direttamente sul disegno oppure tramite specifiche *query* nell'archivio dati, ricercando per singole parole chiave oppure attraverso il linguaggio SQL (*Structured Query Language*).

Non è stato dunque difficile provare ad integrare le tre fasi della metodologia proposta in un'applicazione GIS, in particolare, QGIS3® ha permesso di realizzare il modello procedurale attualmente eseguibile in maniera pratica e veloce dall'operatore; mostreremo di seguito la procedura applicata in questo software.

Per quanto riguarda i beni mobili, non dotati dunque di punti georiferiti, un primo ostacolo da superare è quello di inserire le immagini in scala 1:1 all'interno del GIS. In QGIS3® questa problematica può essere risolta in diversi modi ad esempio creando un sistema di riferimento metrico cartesiano ex novo oppure scegliendo un sistema di riferimento metrico esistente; in questo modo sarà possibile disegnare con gli strumenti CAD presenti un poligono delle stesse dimensioni dell'opera e georeferenziare successivamente l'immagine all'interno del poligono. I 4 angoli dell'immagine saranno quindi scelti come punti di controllo da far aderire a quelli del poligono. (Fig. 13) La possibilità di salvare e registrare i punti permette di inserire in maniera veloce tutte le immagini e georeferenziarle nello stesso punto in modo da averle perfettamente sovrapposte. Inserirle le immagini di partenza inizia la prima fase della metodologia con i processi di *image analysis* sopra descritti. Attualmente in QGIS3® è inserito solo l'algoritmo i.PCA, ma la versatilità di questa applicazione permette di inserire tutti gli algoritmi desiderati nel modello di processing attraverso uno script in Python®. L'operatore sceglierà quindi all'interno della lista degli Strumenti di Processing l'algoritmo desiderato (fig.14), attraverso una semplice finestra si selezionano le immagini in input e si lancia l'algoritmo. Il tempo di calcolo dipende fortemente dalla risoluzione spaziale delle immagini inserite e dalla velocità di elaborazione del calcolatore in

uso. Le immagini in scala di grigio in uscita saranno visibili nella lista *Layer* perfettamente sovrapposte alle altre. (Fig. 15)

FASE 1

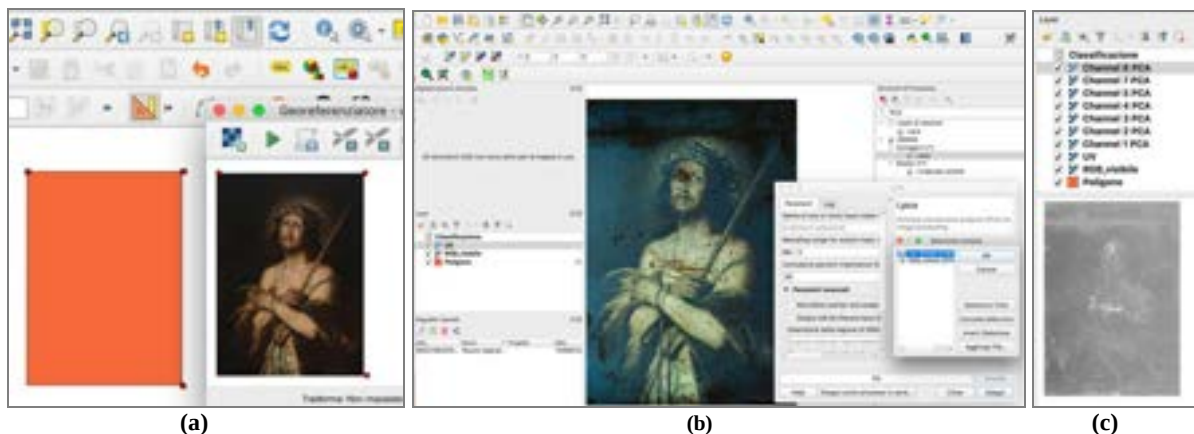


Figura 13-14-15 (a) Georeferenziatore di raster (b) Finestra Strumenti di Processing e algoritmo PCA. (c) output nella finestra Layer

La seconda fase della metodologia consiste nello scegliere i canali di output dell'algoritmo che meglio chiariscono lo stato di conservazione e trasformarle in maschere binarie. In QGIS3® Gli strumenti più idonei a tale scopo e di semplice utilizzo sono il Plugin *Value tool* e lo strumento di Processing per l'analisi Raster *Riclassifica per Layer* o *Riclassifica per tabella*. Con lo strumento *Value Tool* si scorre semplicemente sull'immagine per visionare i valori dei pixel corrispondenti alle rispettive aree da mappare (Fig.16). Si scelgono quindi due intervalli di valori in scala di grigio da 0 a 255. Nel nostro caso abbiamo raggruppato i valori che vanno dallo 0 a 180 nella classe 0 e i valori che vanno da 180 a 255 nella classe 1. Una volta deciso l'intervallo di valori si procede alla riclassificazione del raster con lo strumento *Riclassifica per Tabella*. Le fasi 1 e 2, con immagini in risoluzione di 150 pixel/pollice e un calcolatore di media potenza, richiedono un tempo massimo di esecuzione di 15 minuti.

FASE 2

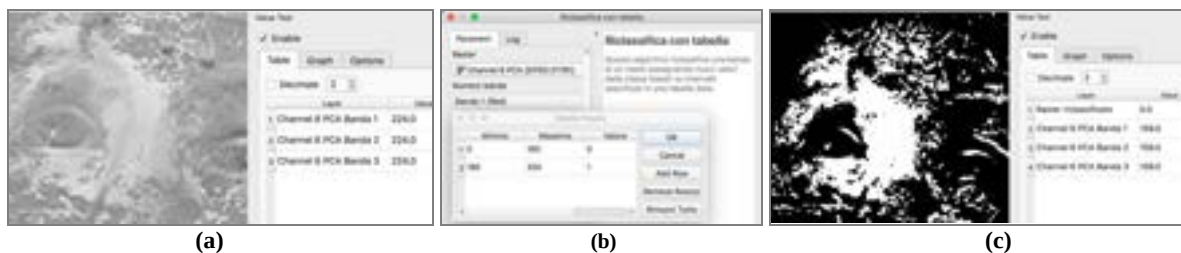


Figura 16-17-18 (a) Strumento Value Tool per l'identificazione dei valori dei pixel (b) Finestra Strumenti di Processing Riclassifica con tabella (c) output raster riclassificato in maschera binaria.

La terza Fase della metodologia consiste nell'estrazione automatica del disegno grafico per la creazione del modello delle informazioni, ogni maschera binaria corrispondente ad un'informazione viene trasformata da file raster a tracciato vettoriale. In QGIS3® questo passaggio avviene molto rapidamente anche con file complessi e permette la creazione di un poligono vettoriale che rispecchia in maniera fedele i bordi delle aree di interesse riconosciuti ed evidenziati dalle indagini diagnostiche. Successivamente il poligono può essere caratterizzato con la finestra di *Stile Layer* per la successiva tematizzazione e creazione della legenda.

FASE 3

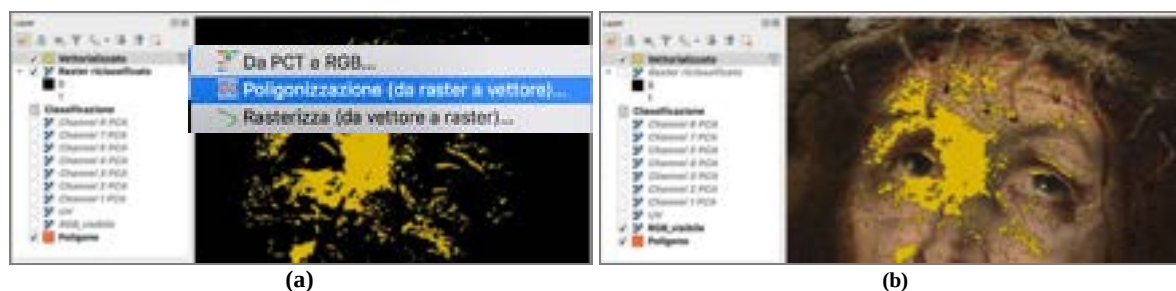


Figura 19-20-21 (a) Raster vettorializzato con lo strumento poligonizzatore. (b) Tracciato vettoriale tematizzato con sfondo immagine luce visibile.

Ad ogni poligono potranno essere associate informazioni testuali ed alfanumeriche inserendole nella tabella degli attributi. Grazie alla possibilità di interrogare sia il file raster che i singoli poligoni si potrà rendere così la mappatura tematica interattiva, creando ad esempio schede grafiche che riportino graficizzate informazioni come la percentuale dell'aria delle lacune o degli interventi precedenti ecc. Difatti QGIS[®] possiede una finestra di Layout di stampa molto efficace e versatile che permette la creazione anche di complesse schede con la possibilità di salvare un template di base per riutilizzarlo in futuro. In Figura 21-22 mostriamo il risultato finale ottenuto con questa metodologia in QGIS[®]. I progetti possono essere esportati on line e su dispositivi mobili tramite applicazioni web sviluppate per QGIS[®] come *Web Mapping[®]*, *Talking Map[®]*, *Qfield[®]* [5].

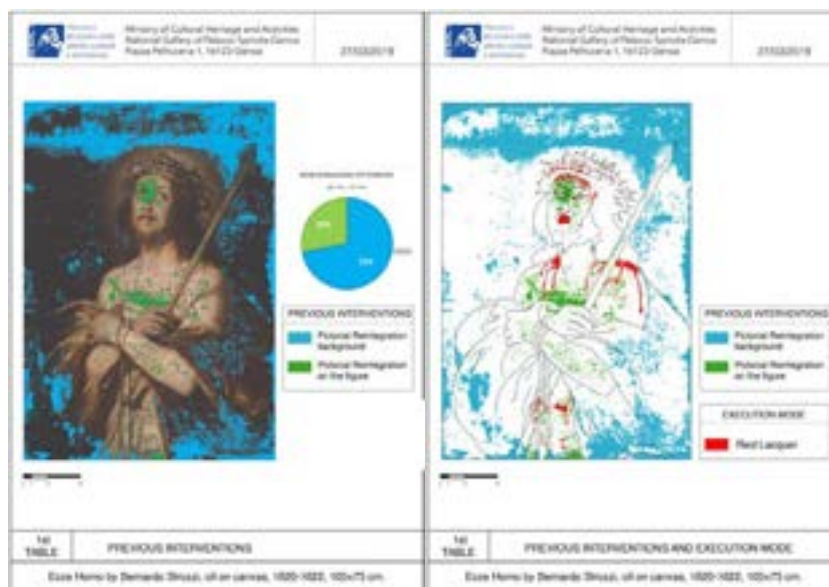


Figura 22-23 Esempi di schede di mappature tematiche eseguite in QGIS e composte con il layout di stampa.

Conclusioni

Abbiamo mostrato come sia possibile sviluppare una metodologia integrata per la documentazione che tenga conto delle nuove tecnologie GIS, e permetta di automatizzare parzialmente il processo di creazione dei file vettoriali. Oltre alla riduzione dei tempi, questa strategia aiuta a superare il limite dell'interpretazione individuale, facilitando il restauratore nell'esecuzione dei tematismi grafici. Tutte le operazioni sono ripetibili e verificabili da operatori diversi in tempi lontani dall'intervento. Il processo automatizzato offre inoltre la possibilità di registrare un rapporto tecnico contenente tutte le operazioni e i parametri utilizzati nelle fasi di lavorazione dei file. È importante specificare che il risultato finale dipende dal tipo di opera, in quanto ciascuna, sia mobile che architettonica, ha una diversa storia e differenti problematiche di rappresentazione e sarebbe quindi impossibile costruire un modello procedurale univoco che soddisfi sempre e per tutte le opere le esigenze di rilievo. Tuttavia, è possibile creare un modello guida e fornire indicazioni specifiche sulla qualità delle immagini in input da utilizzare che, ad esempio, devono possibilmente essere ad alta risoluzione spaziale e prive di disturbi e riflessi di luce e devono essere geometricamente corrette, in caso contrario tutte le informazioni derivanti dall'analisi dei dati non sarebbero esatte. La precisione dell'analisi raster e la sua conversione a vettore, che è la base della nostra metodologia, dipende da diversi fattori tra cui il più importante è sicuramente la risoluzione spaziale delle immagini in input e il software utilizzato dall'operatore. Oltre a questo condizionamento, va precisato anche che la lettura degli output degli algoritmi di *image analysis* non è sempre semplice poiché a volte in un'immagine emergono combinate fra loro informazioni diverse. Con questa procedura metodologica si è però in grado di mappare e documentare molto più rapidamente e accuratamente rispetto alle attuali metodologie di documentazione grafica manuale. Questa metodologia è attualmente in fase di sperimentazione con altri tipi di manufatti, con risultati analoghi a quelli riportati in questo documento.

Ringraziamenti

Il lavoro presentato è all'interno di un progetto di ricerca ed è stato elaborato grazie ad una produttiva collaborazione tutt'ora in corso con il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) di Pisa. In particolare, si ringraziano: Vincenzo Palleschi (primo ricercatore) e Stefano Pagnotta (assegnista di ricerca) dell'Istituto di chimica dei composti organometallici, rispettivamente per le riprese in fotografia multispettrali delle opere e per le applicazioni di reti neurali SOM; Emanuele Salerno (primo ricercatore) e Anna Tonazzini (Primo Ricercatore)

dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione per le loro applicazioni e ricerca degli algoritmi di segmentazione sulle immagini. Inoltre, si ringraziano: Paolo Maria Antonio Triolo docente di Fotografia per la diagnostica della Università di Urbino per le immagini fornite e l'aiuto nella loro lettura, Elvio Moretti ricercatore dell'Università di Urbino per il suo apporto sullo sviluppo dei GIS applicati ai beni culturali e gli sviluppatori di QGIS® Italia, in particolare Matteo Ghetta e Paolo Cavallini per il loro supporto tecnico.

NOTE

- [1] (Zhao Y. 2008), (Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods 2008)
- [2] (Easton et al, 2003), (Tonazzini A. et al, 2019, pp. 4-12)
- [3] (Kohonen T., 1998, pp.1-6)
- [4] (Baratin L, Moretti E. e Bertozzi S., 2012, 2014, 2016) (Fuentes A., 2015) (Bartolomucci C. 2008)
- [5] (<https://www.talkingmaps.eu/>) (<https://new.opengis.ch/android-gis/qfield/>)

BIBLIOGRAFIA

1. Baratin L. et al, “Spatial analyst per lo studio di manufatti dipinti su tela e su tavola a supporto della documentazione per la conservazione e il restauro delle opere d’arte.” in “Atti della 15 Conferenza Italiana Utenti ESRI” Roma, Auditorium del Massimo, 09-10 Aprile 2014. Supplemento a GEOMEDIA, vol. 2-2014, ISSN: 1128-8132
2. Baratin L. et al. “GIS Applications for a New Approach to the Analysis of Panel Paintings. In: Ioannides M. et al. (Eds.): *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*. EuroMed 2016, Lecture Notes in Computer Science, vol 10058.
3. Baratin L., “La documentazione prima del restauro: una problematica aperta” 2012 In: Arbace L., Baratin, L. (eds) *Restauri d'Arte: opere dell'Abruzzo recuperate dopo il sisma*. vol. 1, Gabbiano s.r.l., Ancona, pp. 148-152.
4. Baratin, L. et al, “The Geomorphological transformations of the City of Urbino: the design of the city analysed with GIS tools. *SCIRES it, SCientific REsearch and Information Technology*”, vol. 5, no. 1, pp. 41–60. © CASPUR-CIBER Publishing, <http://caspur-ciberpublishing.it>.
5. Baratin, L., Cattaneo, A., 2016c. “SICaR restoration of religious works of art in Urbino.” In Pelosi, C., Agresti, G., Lanteri, L. (ed.) *8th european symposium on religious art, Restoration & conservation*. pp. 62-
6. Baratin, L., Scicolone, G., Lonati, S., “Conservation Digital Report: standard documentation in Cultural Heritage”, *EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage*. 2016
7. Bartolomucci C. *Nuovi metodi per la documentazione*, in G. Carbonara (diretto da), *Trattato di Restauro Architettonico*. Grandi temi di restauro. Secondo aggiornamento, Torino: Utet, vol. X, 2008 pp. 105-140
8. Bertozzi S., Baratin L. e Moretti E., 2015. “Superfici Pittoriche e Supporti: GIS Analysis, Caratterizzazione e Monitoraggio” in *Atti della Conferenza ESRI Italia 2015*. Roma, Ergife Palace Hotel, 15-16 Aprile 2015.
9. Easton et al.: “Multispectral imaging of the Archimedes palimpsest” In: *Proc. IEEE AIPR*, 2003, pp. 111-116.
10. Fuentes, A.: “La tecnología SIG al servicio de la cuantificación numérica del deterioro en superficies pictóricas. Un paso más hacia la objetivización de los diagnósticos patológicos.” In: *Paper of Congreso Grupo Español del I.C.C.*, Madrid 2015 pp. 363-369,.
11. Kohonen T., “The self-organizing map” in *Neurocomputing* 21, 1998, pp 1–6.
12. Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods. “Elaborazione delle immagini digitali”, Pearson, 2008.
13. Sacco F., “Sistematica della documentazione e progetto di restauro”, in *Bollettino ICR*, (2002), pp.28-54.
14. Salerno E., et al.: “Analysis of multispectral images in cultural heritage and archaeology” *J. Appl. Las. Spectr.* 1(1), 2014, pp. 22-27.
15. Salerno E., Tonazzini A., Bedini L.: “Digital image analysis to enhance underwritten
16. Schmid W., “Documentation of Intangibles” in “Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation” GraDoc, Atti del Seminario (Roma, 16-20 novembre 1999), ICCROM, Roma 2000
17. SICaR/wb, <http://sicar.mbigroup.it/>
18. Tonazzini A., Salerno E., Bedini L., “Fast correction of bleed-through distortion in grayscale documents by a blind source separation technique”, *Int. J. on Document Analysis and Recognition*, DOI 10.1007/s10032-006-0015-z Vol. 10, June 2007, pp. 17-25.
19. Tonazzini, A., et al.: “Analytical and mathematical methods for revealing hidden details in ancient manuscripts and paintings”: A review. *J. Adv. Res.*, in press, DOI:10.1016/j.jare.2019.01.003.
20. Triolo Paolo Antonio Maria et al.: “Quattro opere a confronto. Interpretazioni e confronti delle analisi di diagnostica per immagine sulle tele di Bernardo Strozzi.” In Zanelli, G. (ed.), *Bernardo Strozzi. Allegoria della Pittura*, Sagep, Genova, Italy (2018).
21. Zhao Y.: “Image segmentation and pigment mapping of cultural heritage based on spectral imaging” Thesis, Rochester Institute of Technology (2008).

**ETICA E SOSTENIBILITÀ NELLA CONSERVAZIONE DEL
PATRIMONIO CULTURALE**

SOSTENIBILITÀ E RESTAURO: ANALISI SPERIMENTALI SULLA MUCILLAGINE DI *OPUNTIA FICUS-INDICA* PER IL CONSOLIDAMENTO DEI DIPINTI

Stefania D’Ottavio*, Franca Persia, Daniele Mirabile Gattia**, ***Barbara Lavorini, ****Maurizio Coladonato, *****Giovanna Cassese, *****Paola Carnazza**

* Restauratrice dei Beni Culturali, Via Prov. Panza 352, 80075, Forio d’Ischia (NA), +393283189877, stefaniadottavio@gmail.com, stefaniadottavio@pec.it;

** Ricercatore, Department for Sustainability, ENEA, Via Anguillarese 301, 00123 Roma, +390630484661, franca.persia@enea.it; +390630483484, daniele.mirabile@enea.it;

*** Funzionario restauratore, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, +39 389 681 2356, barbara.lavorini@beniculturali.it;

**** Docente di Chimica Applicata al Restauro e Diagnostica, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, +39 3473098446, maurizio.coladonato@gmail.com;

***** Docente di Problematiche di Restauro dell’Arte Contemporanea, ABANA, Via S. Maria di Costantinopoli 107, 80138 Napoli, +39 3391814628, giovannacassese@virgilio.it;

***** Funzionario restauratore, Galleria Nazionale d’Arte Moderna e Contemporanea, Viale delle Belle Arti, 131, 00197 Roma, +393280184769, paola.carnazza@beniculturali.it.

Abstract

Sin dall’antichità, le maestranze impegnate nella realizzazione di beni culturali hanno sviluppato la conoscenza dei materiali di origine naturale presenti sul territorio. Nel Centro Sud America, in particolare in Messico, sono stati usati differenti materiali organici: la mucillagine di *Opuntia ficus-indica* (Fico d’India - in lingua messicana *Nopal*) è stata uno dei più diffusi e le sue proprietà sono state sfruttate, fin dall’epoca precolombiana, per modificare e migliorare le caratteristiche di materiali utilizzati nella costruzione e nei rivestimenti murari ^[1]. La mucillagine di *nopal* è estratta dai cladodi (foglie dell’arbusto), che in Italia sono comunemente considerati uno scarto della coltivazione della pianta, finalizzata alla vendita dei frutti (86.000 ton/anno)^[2]. La potatura annuale delle piante porta allo smaltimento di 130-150 q/ha ^[2] di biomassa potenzialmente riutilizzabile, che favorirebbe un’economia di tipo circolare e l’abbattimento dei costi di produzione. Il lavoro di ricerca è scaturito dalla volontà di recuperare antiche tecnologie messicane, tramandate empiricamente, e dall’interesse per l’uso nel settore del restauro di sostanze naturali, non tossiche, con minimo impatto ambientale. Il progetto parte dai risultati promettenti raggiunti dall’applicazione della mucillagine di *nopal* in diversi ambiti del settore, presentando un’elevata capacità di ritenzione idrica e proprietà consolidanti ^[3], che hanno fatto intravedere le sue potenzialità nella conservazione dei dipinti, in particolare negli interventi sulle preparazioni pittoriche su tela. La sperimentazione è stata basata sulla verifica delle caratteristiche consolidanti della mucillagine per il trattamento di strati preparatori a base di carbonato di calcio ed è stata svolta attuando un confronto sistematico e parametrico con altre tipologie di prodotti naturali già in uso, attraverso indagini e valutazioni pre e post invecchiamento artificiale. Le indagini, per i risultati positivi e interessanti ottenuti, hanno evidenziato le proprietà consolidanti del *nopal*.

Introduzione

L’impiego della mucillagine di *Opuntia ficus-Indica (nopal)* nel settore dei beni culturali, fu scoperto in ambito scientifico solo al principio degli anni ’90, quando la restauratrice messicana Diana Magaloni incentrò il suo lavoro di tesi sull’analisi diagnostica dei dipinti murali di Cacaxtla, individuando prodotti di origine vegetale provenienti dall’*Opuntia* ^[4]. Da allora, in Messico, progetti scientifici e sperimentali si sono susseguiti con lo scopo di studiare le proprietà della mucillagine, il miglior metodo di estrazione e le sue potenzialità in diversi ambiti di applicazione. In accordo con la tradizione messicana, l’aggiunta della mucillagine di *nopal* alle malte di calce permetteva di preservare antichi dipinti murali ed altri artefatti ^[5]. Ne è descritto l’utilizzo anche nel consolidamento delle costruzioni in calce e terra cruda, tipiche di quei territori ^[6]. Il metodo tradizionale utilizzato per l’estrazione della mucillagine consiste nella macerazione dei cladodi tagliati in acqua a temperatura ambiente o mediante riscaldamento ^[7]. La mucillagine, solubile in acqua, è composta da una miscela di polisaccaridi ^[8] (arabinosio, xylosio, galattosio, ramnosio, acido galatturonico e proteine) con elevate proprietà gelificanti. Molteplici usi della mucillagine sono stati individuati per la sua capacità di creare gel ad alta ritenzione idrica ^[9]: come addensante/emulsionante alimentare, depuratore d’acqua, plastificante naturale in malta e come prodotto alimentare ^[10]. Il presente studio si focalizza sulle potenzialità di questo materiale negli interventi sulle preparazioni pittoriche decoese.

L'obiettivo del progetto è stato quello di verificare le proprietà consolidanti della mucillagine di *Opuntia* negli strati preparatori a base di carbonato di calcio, individuandone la miglior formulazione in termini di *performance* e di durabilità, in comparazione con diversi consolidanti naturali, utilizzati frequentemente nelle pratiche di restauro. Le fasi della ricerca hanno riguardato l'elaborazione di provini (supporto in tela) preparati e degradati tramite invecchiamento accelerato ^[11]. L'invecchiamento termo-igrometrico è stato condotto, in un primo momento, con lo scopo di creare una condizione realistica di degrado al substrato dei provini, alterando il legante della preparazione, che trattandosi di un polimero di origine animale risulta estremamente sensibile alle variazioni di calore e umidità relativa. La seconda fase di invecchiamento è stata condotta successivamente al consolidamento, per lo studio sulla stabilità termo-igrometrica dei trattamenti. I consolidanti devono mantenere invariate le caratteristiche estetiche e le proprietà chimico-fisiche delle superfici, sia post trattamento che nel lungo periodo. Successivamente si è proceduto alla scelta di prodotti da comparare al *nopal*, selezionati in base alle caratteristiche di non tossicità per l'operatore e per l'ambiente circostante; nonché di sostenibilità, tenendo inoltre conto dell'importanza di una facile reperibilità a costi contenuti. La scelta si è incentrata su quelli idrosolubili, in quanto la polarità dell'acqua induce il sistema consolidante a essere compatibile con gli strati preparatori, anch'essi polari. Inoltre, la scelta è stata effettuata con l'obiettivo della comparazione dei consolidanti alla mucillagine di *nopal*, naturale e idrofila.

Materiali e metodi

La preparazione dei provini ha previsto il tensionamento di una tela di lino grezzo a intreccio semplice, (riduzione: trama 10 fili/cm, ordito 12 fili/cm), su un telaio in legno di pioppo di formato 30x50 cm. La preparazione della tela è stata realizzata con calcite (CaCO_3 1:1 p/v) + colla di coniglio (1:20) + olio di lino cotto (1%). Un primo appretto di colla di coniglio è stato dato alla superficie per permettere l'adeguata stesura degli strati successivi e impedire il contatto tra le fibre del lino e l'olio. Per riprodurre uno strato preparatorio predisposto a fenomeni di decoesione e adatto a ricevere il trattamento di consolidamento, sono stati realizzati provini contenenti una minore percentuale di legante. Per rendere la miscela più elastica (e quindi adatta al supporto in tela di lino) è stato aggiunto olio di lino cotto. Il supporto è stato diviso in 60 quadrati di misura pari a 5x5cm, per un totale di 60 are e di indagine come indicato in fig. 2.

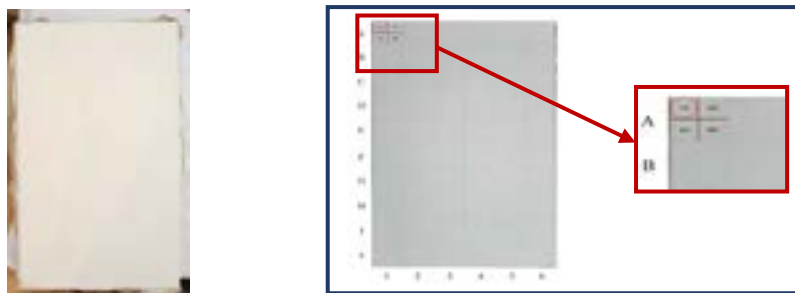


Figure 1 e 2. Supporto con preparazione e rappresentazione grafica nomenclatura provini. AS: Alto-Sinistra; AD: Alto-Destra; BS: Basso-Sinistra; BD: Basso-Destra.

Le aree di indagine della matrice sono state ulteriormente suddivise in quattro parti nominate con le sigle: AS-AD-BD a seconda della porzione di area interessata. (Fig.2).

La prima fase di invecchiamento ha avuto come scopo l'ottenimento di un substrato decoeso che potesse quanto più possibile avvicinarsi ad una situazione realistica di degrado. Sono stati effettuati tre cicli di invecchiamento, in condizioni progressivamente più aggressive, per l'osservazione delle eventuali reazioni della materia. (Fig.3-5).

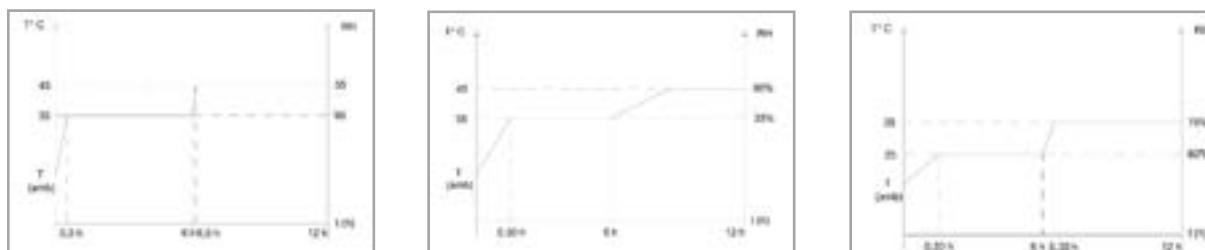


Figure 3-5. 1°: 10 cicli da 12h→120h tot→5gg; 2°: 6 cicli da 12h→72h tot→3gg; 3° (X 2 volte): 6 cicli da 12h→72h tot→3gg.



Figure 6 e 7. Foto della superficie pre e post-invecchiamento.

	CONS.	CONC.	MODALITA' DI PREPARAZIONE	T _{room} - UR _{room}
1	Nopal (Np)	1:1	- Rimozione glochidi e lavaggio;	21°C - 40,5%
2	Np	1:2	- Rigonfiare a freddo per 24h in H ₂ O demin.;	
3	Np	1:4	- Filtrare	
4	Funori (Fn)	1%	- Rigonfiare a freddo per 12h in H ₂ O demin.;	
5	Fn	2%	- Sciogliere a bagnomaria;	
6	Colla di pelli (CP)	1:20	- Filtrare	
7	Colla di storione (CS)	1:22	- Rigonfiare a freddo per 24h H ₂ O demin.;	
			- Sciogliere a bagnomaria	
			- Filtrare	

Tabella 1. Concentrazioni e modalità di preparazione delle soluzioni consolidanti.

Per il trattamento sono stati selezionati consolidanti di origine vegetale e animale: *Nopal*, *Funori*, colla di pelli e colla di storione; e sono stati preparati secondo quanto indicato in Tabella 1.

La mucillagine di *nopal* è stata preparata secondo il metodo tradizionale messicano. Il cladodio, lavato e liberato dai glochidi (spine), è stato tagliato in piccole parti (1cm³ca.), immerso in acqua demineralizzata (1:1 p/v) per 24 h e infine filtrato mediante crivelli. (Fig. 8-11).

Le concentrazioni delle quattro tipologie di consolidante individuate sono state scelte sulla base di prove preliminari atte a identificare le percentuali più adatte per ogni tipo di applicazione specifica. A tal proposito, numerose fonti letterarie suggeriscono di impiegare soluzioni a concentrazioni molto basse per permettere al consolidante di entrare in profondità evitando depositi superficiali ^[12]. Per poter paragonare i risultati sperimentali in modo affidabile, i trattamenti sono stati effettuati in un unico *step* temporale mantenendo così le medesime condizioni ambientali per ogni provino (21°C e 40% U.R.). Le righe *B-C-D*, sono state dedicate al consolidamento con le diverse percentuali di *nopal* (1:1; 1:2; 1:4); *E* ed *F* al Funori (1%; 2%); *G* alla colla di pelli (1:20 p/v); *H* alla colla di storione (1:22 p/v) e la riga *I* è stata lasciata, priva di trattamento, come



Figure 8-11. Processo di preparazione della mucillagine di *nopal* secondo il metodo tradizionale messicano.

riferimento per la sperimentazione (Fig. 2).

Il consolidamento è stato effettuato attraverso impregnazione dal retro del supporto con spugne naturali, al fine di evitare l'eventuale caduta di particelle decoese dagli strati preparatori polverulenti. Il supporto dei provini è stato posto con la parte preparata verso il basso, su una superficie piana protetta da Melinex, consolidato e successivamente stirato mediante l'utilizzo di un termocauterio (40-45°C). I provini sono stati lasciati sotto peso per il tempo necessario all'evaporazione dell'acqua, garantendo il mantenimento della planarità del supporto. I vantaggi di questa metodologia sono stati la mancanza di contatto con la superficie polverulenta e una distribuzione sufficientemente omogenea e controllata, grazie alla capacità delle spugne di riassorbire facilmente quantità indesiderate di consolidante.

La seconda fase di invecchiamento è stata condotta successivamente al consolidamento con cicli termogrometrici più moderati che riproponessero una condizione climatica simile a quella museale ^[13]. I provini sono

stati invecchiati in camera climatica *Angelantoni ACS* con cicli di variazioni termo-igrometriche, effettuate secondo quanto riportato in Figura 12.

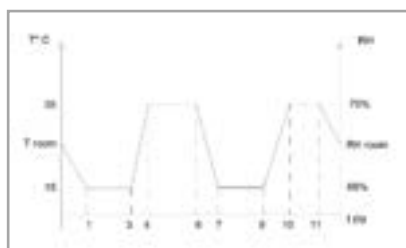


Figura 12. Ciclo di invecchiamento Fase 2: 30 cicli da 12h→360h tot→15gg.

Indagini diagnostiche

Le indagini diagnostiche sono state eseguite sui provini prima e dopo il consolidamento e successivamente l'invecchiamento termo-igrometrico finale, al fine di valutare l'efficacia dei trattamenti e la loro durata nel tempo:

- **Misure colorimetriche** - eseguite per valutare le eventuali variazioni cromatiche superficiali. Le indagini sono state effettuate mediante Spettrofotometro *MINOLTA CM-525i*, misurando nello spazio cromatico CIELab le coordinate tricromatiche $L^* a^* b^*$ (luminosità, colore e saturazione);
- **Peeling test** - effettuato per verificare il grado di coesione e adesione ottenuto. Le indagini sono state eseguite mediante strappo per gravità (applicando un peso noto a strisce di nastro adesivo) e misurando il peso del materiale rimosso con bilancia ad alta sensibilità (10^{-4} mg);
- **Misura dell'angolo di contatto** - finalizzato alla verifica della bagnabilità delle superfici, questo test fornisce indicazioni sul loro carattere idrofilo o idrofobo. L'operazione è stata effettuata ponendo sulle superfici mediante l'utilizzo di *Eppendorf* da 5 μ l, gocce d'acqua sempre uguali, successivamente fotografate tramite microscopio ottico;
- **Misure al SEM** - Le immagini al Microscopio Elettronico a Scansione permettono di indagare la morfologia superficiale dei provini, al fine di osservarne eventuali modificazioni in corso di sperimentazione.

Discussione dei risultati

Nelle Tabelle 2, 3 e 4 vengono descritti i risultati delle variazioni cromatiche medie ΔE su ogni provino, per ogni fase sperimentale.

S	AREA	$\Delta E 0 \rightarrow 1$
B	Nopal 1:1	0,5
C	Nopal 1:2	0,2
D	Nopal 1:4	0,4
E	Funori 1%	0,2
F	Funori 2%	1,3
G	Colla di pelli 1:20	1
H	Colla di storione 1:22	0,9

Osservando la tabella 2, è stato

S.	AREA	$\Delta E 1 \rightarrow 2$
B	Nopal 1:1	0,2
C	Nopal 1:2	0,2
D	Nopal 1:4	0,1
E	Funori 1%	0,2
F	Funori 2%	0,1
G	Colla di pelli 1:20	0,2
H	Colla di storione 1:22	0,1

S.	AREA	$\Delta E 0 \rightarrow 2$
B	Nopal 1:1	0,6
C	Nopal 1:2	0,4
D	Nopal 1:4	0,4
E	Funori 1%	0,1
F	Funori 2%	1,2
G	Colla di pelli 1:20	0,8
H	Colla di storione 1:22	0,8
I	Riferimento	1,7

Tabelle 2, 3 e 4. Variazione cromatica media dei provini: tra la fase 0: post invecchiamento iniziale e la fase 1: post consolidamento; tra la fase 1: post-consolidamento e la fase 2: post-invecchiamento finale; tra la fase iniziale a quella finale.

possibile notare sin da subito come i consolidamenti non abbiano apportato ai provini una variazione cromatica visibile ad occhio nudo ($E < 4$)^[14]. Tutti i consolidanti, fatta eccezione per il Funori al 2%, presentano valori < 1 , di conseguenza la loro variazione cromatica risulta accettabile. Il *nopal* 1:1 e la colla di storione hanno contribuito ad una variazione cromatica decisamente accettabile, in particolar modo per i risultati raggiunti dal *nopal*, dove i valori sono approssimabili allo 0. Variazioni cromatiche ancora inferiori sono state raggiunte dalle formulazioni di *nopal* diluito (1:2; 1:4) e dal Funori all'1%. Tale risultato, in apparenza positivo, va però valutato alla luce di quanto osservato in fase di applicazione, in cui tali consolidanti sono risultati deficitari per il basso indice di penetrazione (Funori) e l'eccessivo potere bagnante delle formulazioni di *nopal* diluite; pertanto la ridotta variazione cromatica superficiale potrebbe indicare una mancata penetrazione dei consolidanti dal retro dei provini. Per quanto concerne le variazioni cromatiche post invecchiamento finale (Tab. 3), i valori sono risultati minimi, prossimi allo 0, confermando risultati positivi sul lungo periodo dei trattamenti di consolidamento più performanti (*nopal* 1:1 e colla di storione).

Il *E* totale ha fornito risultati interessanti nei provini di riferimento (*I*): tali superfici, non consolidate, hanno fornito valori più alti, testando l'attività dell'invecchiamento finale sui provini (Tab. 4). In Tabella 5 sono riportati i valori medi *b**, indicanti la variazione cromatica delle superfici verso la componente gialla.

S.	AREA	b* FASE 0	b* FASE 1	b* FASE 2
B	Nopal 1:1	7,8	7,9	8,0
C	Nopal 1:2	9	9	9,2
D	Nopal 1:4	9,8	9,5	9,7
E	Funori 1%	11,1	10,9	11
F	Funori 2%	11,4	10,1	10,2
G	Colla di pelli 1:20	10,9	10,5	10,6
H	Colla di storione 1:22	10	10	10,1
I	Riferimento	9	9,1	9,3

Tabella 5. Variazione del parametro *b** responsabile dell'ingiallimento.

L'ingiallimento superficiale, fenomeno molto indagato nelle valutazioni delle proprietà dei materiali per il restauro, risulta di grande importanza nella determinazione degli effetti estetici apportati dal trattamento consolidante agli strati preparatori. Tali risultati, hanno evidenziato una minima tendenza all'ingiallimento dei trattamenti consolidanti, sia dopo l'applicazione che dopo la fase finale di invecchiamento.

Il *peeling-test* si è dimostrato un valido procedimento per ottenere indicazioni attendibili: in particolare, se rapportato ai risultati degli altri test e alla valutazione visiva e tattile, esso ha fornito dati relativamente certi sull'efficacia del consolidamento. In Tabella 6 sono riportati i valori medi in peso della quantità di materiale prelevata da ogni campione nelle diverse fasi di sperimentazione.

S.	AREA	FASE 0-m* (g)	FASE 1-m* (g)	FASE 2-m* (g)
B	Nopal 1:1	0,02766	0,0004	0,00034
C	Nopal 1:2	0,0017	0,00111	0,00078
D	Nopal 1:4	0,00123	0,00102	0,0009
E	Funori 1%	0,00151	0,00205	0,00172
F	Funori 2%	0,00145	0,00167	0,00075
G	Colla di pelli 1:20	0,00093	0,0011	0,00277
H	Colla di storione 1:22	0,00117	0,00054	0,00047
I	Riferimento	0,00073	-	0,00369

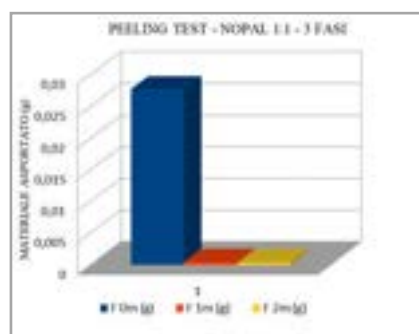


Tabella 6 e figura 13. Risultati peeling-test: *valori medi in peso di materia prelevata; Grafico *nopal* 1:1 nelle tre fasi.

I risultati della fase 1 indicano globalmente una maggiore coesione del materiale nei provini *B* e *H*, corrispondenti al *nopal* in rapporto 1:1 e alla colla di storione; sui diversi provini dedicati a questi consolidanti infatti, era già stato riscontrato a occhio nudo che la quantità media di materiale prelevato dal nastro adesivo risultava approssimabile allo zero. Il *nopal* in rapporto 1:2 e 1:4, non ha quasi apportato modifiche alla coesione interna dei provini, probabilmente a causa di una diluizione troppo alta che ha fatto perdere alla mucillagine alcune proprietà. Il Funori, in entrambe le percentuali, e la colla di pelli, hanno fornito i risultati peggiori: il primo ha presentato problematiche di penetrazione già in fase di applicazione; la colla di pelli ha parzialmente solubilizzato lo strato, probabilmente per la grande affinità con la colla di coniglio presente all'interno della formulazione dei provini. Per quanto concerne la fase post invecchiamento (fase 2), il test ha confermato l'andamento della fase precedente in termini di prestazioni relative. I provini che avevano fornito valori accettabili dopo il consolidamento, sono risultati ancora adeguati in termini di resistenza. Focalizzando l'attenzione sui risultati forniti dai consolidanti più promettenti dopo il primo test è stato possibile valutare che per le preparazioni in carbonato di calcio il *nopal* 1:1 e la colla di storione 1:22 hanno resistito all'invecchiamento, mostrando una superficie del tutto simile a quella testata a seguito del consolidamento. Tutte le altre formulazioni si sono rivelate, invece, insoddisfacenti.

Mediante *software* ^[15] per l'elaborazione delle immagini, sono stati misurati gli angoli di contatto di ciascun provino, per la misura dell'idrofobicità delle superfici. In Tabella 7 vengono riportati i risultati degli angoli di contatto misurati. In riferimento ai risultati raggiunti, si evince che quasi tutti i trattamenti consolidanti non hanno modificato il carattere idrofobo delle superfici dei provini in fase 0. Un aumento verso l'idrofobicità è stato raggiunto dai provini *H* (colla di storione); mentre i provini *D* (*nopal* 1:4), hanno evidenziato una superficie più idrofila dopo il trattamento. I provini *I*, non trattati, mostrano un aumento del carattere idrofilo,

testimoniando la validità dell'invecchiamento accelerato finale. Nella fase 2 infatti, è possibile notare un lieve abbassamento di idrofobicità nei provini, dovuto probabilmente agli sbalzi di umidità subiti durante l'invecchiamento, che hanno comportato l'ulteriore perdita di coesione interna.

S.	FASE 0 - $\alpha 1$	FASE 1 - $\alpha 2$	FASE 2 - $\alpha 3$
B	116°	119°	102°
C	81°	103°	93°
D	117°	98°	99°
E	107°	103°	104°
F	105°	115°	97°
G	108°	106°	102°
H	120°	145°	115°
I	103°	---	88°

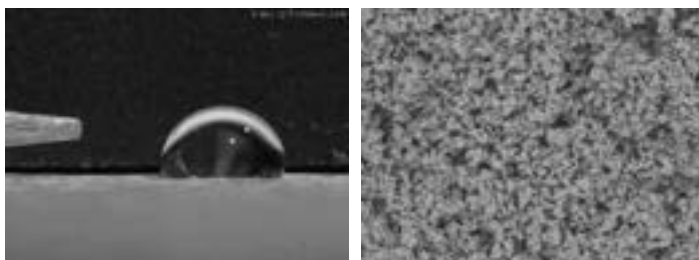


Tabella 7. Risultati angolo di contatto nelle tre fasi. **Figure 14 e 15.** Foto al microscopio ottico della goccia sulla superficie dei provini; A destra immagine SEM (5000X) della superficie del campione *nopal* 1:1 Fase 1 (post-consolidamento).

Conclusioni

Dal punto di vista colorimetrico, il *nopal* nella formulazione 1:1, ovvero quella ottenuta direttamente dal processo di estrazione, ha prodotto risultati soddisfacenti sia nel test eseguito dopo l'applicazione, che in quello finale post-invecchiamento, con una variazione cromatica totale non percepibile ad occhio nudo. I risultati del *peeling-test* indicano inoltre un elevato livello di coesione interna e adesione al supporto post-consolidamento e post-invecchiamento. Il materiale prelevato dai nastri adesivi risulta praticamente nullo al termine di tutte le fasi (fig.13). Le superfici dei provini si mostrano consolidate al tatto e non hanno subito modificazioni morfologiche riscontrabili al SEM (fig. 15). I sollevamenti degli strati preparatori risultano adesi al supporto e i risultati del test sull'angolo di contatto, non testimoniano modificazioni in termini di bagnabilità della superficie. Va considerato inoltre che tale consolidante è risultato performante già in fase di applicazione, comportando un apporto d'acqua non eccessivo alla superficie e non recando danni allo strato preparatorio.

Lo scopo della presente ricerca è stato quello di definire un approccio metodologico scientifico e standardizzato, per testare e qualificare un nuovo prodotto da inserire nel settore del restauro, che fornisce risultati interessanti confermando l'importanza di proseguire la ricerca anche ampliando le applicazioni su diverse tipologie di beni culturali.

NOTE

- [1] Cfr. Falcón T., Magaloni D., “En torno a la conservación de la pintura mural prehispánica”, ENCRM-INAH, 1990, pp. 59-60.
- [2] Elaborazioni dell'autore su dati ISTAT.
- [3] Cfr. Cárdenas A., Arguelles W.M., Goycoolea F.M., “On the possible role of *Opuntia ficus-indica* mucilage in lime mortar performance in the protection of historical buildings”, 1998, pp. 64-71.
- [4] Cfr. Magaloni Kerpel D., “Metodología para el análisis de Técnica Pictórica Mural Prehispánica: el templo Rojo de Cacaxtla”, Tesis de Licenciatura en Restauración, ENCRyM-INAH, 1990, p. 59-60.
- [5] Cfr. Magaloni D., Brittenham C., Baglioni P., Giorgi R., Bernini L., “Cacaxtla: la elocuencia de los colores in La pintura prehispánica”, Mexico UNAM, 2013.
- [6] Cfr. Persia F., Alisi C., Bacchetta L., Bojorquez E., Colantonio C., Falconieri M., Insaurralde M., Meza Orozco A., Sprocati A.R., Tati A., “Nopal As Organic Additive For Bio-Compatible And EcoSustainable Lime Mortars”, VIIth Conference “Diagnosis, Conservation and Valorization of Cultural Heritage”, Naples, 15/16 December 2016.
- [7] Cfr. Sepúlveda E., Sáenz C., Aliaga E., Aceituno C., “Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp.”, in “J Arid Environ.”, n.68, 2007, pp. 534-545.
- [8] Cfr. Nobel P.S., Cavelier J., Andrade J.L., “Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations”, in “Journal Experimental Botanical”, n. 43, 1992, pp. 41-648.
- [9] Cfr. Cárdenas A., Goycoolea F.M., Rinaud M., “On the gelling behaviour of nopal (*Opuntia ficusindica*) low methoxyl pectin”, in “Carbohydrate Polymers”, Vol. 73, n.2, 2008, pp. 212-222.
- [10] Cfr. Barbera G., Inglese P., Pimienta E.B., “Cultivation and uses of cactus pear”, Agro.ecology ed., Roma 1995, p. 215.
- [11] L'invecchiamento è stato eseguito dal Dott. Alessandro Pica e il Dott. Alessandro Zambotti presso i Laboratori della Casaccia (ENEA).
- [12] Cfr. CESMAR7 (a cura di), “L'attenzione alle superfici pittoriche, materiali e metodi per il consolidamento e metodi scientifici per valutarne l'efficacia”, Il Prato, Saonara, 2006.

[13] Cfr. Prestipino G., Santamaria U., Morresi F., Amenta A., Greco C., “*Sperimentazione di adesivi e consolidanti per il restauro dei manufatti lignei policromi egizi*”, XIII Congresso Nazionale IGIC, in “*Lo Stato dell'Arte*”, Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale, Torino, 22-24 ottobre 2015.

[14] Il valore E indica la variazione cromatica assoluta tra due misurazioni. Tale variazione è percepibile dall'occhio umano per valori superiori a 4. Per valori di E compresi tra 2 e 4, le differenze cromatiche non sono vistose, in quanto di minor entità e possono essere percepite solo accostando i due colori l'uno all'altro. Se infine $E < 1$ l'occhio umano non è in grado di effettuare una distinzione. Cfr. Rotili R. (a cura di), “*Materiali & prodotti per il restauro librario. Nuove ricerche*”, Gengemi, Roma 2010, pp. 27-31.

[15] ImageJ: Cfr. Rasband W.S., “*ImageJ*”, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2011; ImageJ's plugin: LB-ADSA: Cfr. Stalder A.F., Kulik G., Sage D., Barbieri L., Hoffmann P., “*A Snake-Based Approach to Accurate Determination of Both Contact Points and Contact Angles*”, in “*Colloids And Surfaces. A: Physicochemical And Engineering Aspects*”, vol. 286, n. 1-3, September 2006, pp. 92-103.

BIBLIOGRAFIA GENERALE

1. Alisi C., Pasquariello G., Prudentino P., Bacchetta L., Pilloni L., Orozco A.M., Sprocati A.M., Persia F., “*Nopal products as consolidant for paper heritage*”, in corso di pubblicazione, e rispettiva bibliografia.
2. Apollonia L., Volpini S., “*Le analisi di laboratorio applicate ai beni artistici policromi*”, Il Prato, Padova, 1999.
3. Argumedo R.S., “*Mural painting on adobe walls during Peruvian colonial times – its restoration and conservation*”, in “*Studies in Conservation*”, vol.31, 1986.
4. Arroyo E., Zetina S., Hernández E., Falcón T., Ruvalcaba J.L., Mancilla L., Nieto A., “*XVI Century colonial panel paintings from New Spain: material reference standards and non destructive analysis of Mexican retablos*”, in “*9th Int. Conf. on Non Destructive Testing of Art*”, May 2008.
5. Barbera G., Inglese P., Pimienta E.B., “*Cultivation and uses of cactus pear*”, Agro.ecology ed., Roma 1995.
6. Baus de Czitrom C., “*L'arte del Messico prima di Colombo*”, Milano 1988.
7. Bucio E., “*Restauran edificios con la baba de nopal*”, in “*Reforma*”, 6 de febrero 2008.
8. Cárdenas A., Goycoolea F.M., Rinaudo M., “*On the gelling behavior of 'nopal' (Opuntia ficus indica) low methoxil pectin*”, in “*Carbohydrate Polymers*” n. 73, 2008.
9. Cárdenas A., Arguelles W.M., Goycoolea F.M., “*On the possible role of Opuntia ficus-indica mucilage in lime mortar performance in the protection of historical buildings*”, 1998.
10. Carnazza P., “*Funori: adesivo di origine vegetale*”, in “*Progetto Restauro*”, n. 30, Il Prato, Saonara, 2004.
11. Coladonato M., “*I prodotti chimici usati nel restauro: rischi per l'operatore, impatto ambientale, normative di sicurezza*”, in “*La conservazione dei beni culturali tra restauro e sicurezza*”, Restaura – Il Salone del Restauro dei Beni Culturali, Venezia, 1° dicembre 2006.
12. Costa R.G., Treviño I.H., De Medeiros G.R., Medeiros A.N., Pinto T.F., Oliveira R.L., “*Effects of replacing corn with cactus pear (Opuntia ficus indica Mill) on the performance of Santa Inês lambs*”, in “*Small Ruminant Research*”, n. 72, 2012.
13. Cross M., Tate-Harte A., Thuer C.H., “*Materials Focus: Funori, A New Medium for Consolidation and Retouching*”, in “*The Picture Restorer*”, vol. 36, 2010.
14. De la Espada M.J., “*Suma y narración de los Incas que los Indios llamaron Capaccuna, que fueron señores de la ciudad del Cuzco y de todo lo á ella sujeto*”, Madrid, 1880.
15. Espino-Díaz M., Martínez-Téllez M.A., Santillán C., Barbosa-Cánovas G.V., Zamudio-Flores P.B., Olivas G.I., “*Development and Characterization of Edible Films Based on Mucilage of Opuntia ficus-indica*”, in “*Food Science*”, n. 75, 2010.
16. Falcón T., “*Materiali e tecniche nella pittura murale preispanica*”, in “*La pittura precolombiana*”, a cura di B. de la Fuente, Milano 1999.
17. Falcón T., Magaloni D., “*En torno a la conservación de la pintura mural prehispánica*”, ENCRM-INAH, 1990.
18. Finozzi A., Lodi C., Sburlino C. (a cura di), “*Utilizzo della colla Funori nel restauro*”, in “*Progetto Restauro*”, Il Prato, Saonara, 2011.
19. Florian Stintzing C., et al., “*Cactus stems (Opuntia spp.): A review on their chemistry, technology, and uses*”, in “*Molecular Nutrition & Food Research*” n. 49, February 2005.
20. Galdieri E., “*Le meraviglie dell'architettura in terra cruda*”, Bari, 1982.

21. Gibson A.C., Nobel P.S., “*Special chemicals*”, in “*The Cactus Primer*”, First Harvard University Press, Cambridge, 1990.
22. Gonzales F., “*I simboli precolombiani*”, Roma, 1993.
23. Guiggi A., Palacios P., “*Il mondo delle cactacee*”, Edagricole, Milano, 2013.
24. Kunzelman D., CESMAR7 (a cura di), “*L’attenzione alle superfici pittoriche, materiali e metodi per il consolidamento e metodi scientifici per valutarne l’efficacia*”, atti del IV congresso “*Colore e Conservazione - materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili*”, 21-22 novembre 2008, Il Prato, 2009.
25. León -Martínez F.M., Rodríguez -Ramírez J., Medina -Torres L.L., Bernad -Bernard M.J., “*Effects of drying conditions on the rheological properties of reconstituted mucilage solutions (Opuntia ficus-indica)*”, in “*Carbohydrate Polymers*”, n. 84, 2011.
26. Magaloni Kerpel D., “*Metodología para el análisis de Técnica Pictórica Mural Prehispánica: el templo Rojo de Cacaxtala*”, Tesis de Licenciatura en Restauración, ENCRyM-INAH, 1990.
27. Majdoub H., Picton L., Le Cerf D., Roudesli S., “*Water Retention Capacity of Polysaccharides from Prickly Pear Nopals of Opuntia Ficus Indica and Opuntia Litoralis: Physical-Chemical Approach*”, in “*Journal of Polymers and the Environment*”, 2010.
28. Marchetti M., “*Una fonte vegetale alternativa per il consolidamento delle pitture murali*”, tesi - Opificio delle Pietre Dure, 2000.
29. Martinez-Molina W., Torres-Acosta A-A, Martinez-Pena G, Alonso Guzman, Mendoza-Perez I.N., “*Cement-based material-enhanced durability from Opuntia ficus indica mucilage additions*”, in “*ACI Mater. J*”, n. 112, 2015
30. Medina-Torres L., Brito-De La Fuente E., Torrestiana-Sanchez B., Alonso S., “*Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (Opuntia ficus-indica) and carrageenans*”, in “*Carbohydrate Polymers*”, n. 53, 2003.
31. Nobel P.S., Cavelier J., Andrade J.L., “*Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations*”, in “*Journal Experimental Botanical*”, n. 43, 1992.
32. Pérez N.A., Charua D., Fernández S., “*Extracción y purificación del mucílago y goma de nopal para su uso en conservación*”, in “*Estudios sobre conservación, restauración y museología*”, vol. II, Editors: Yúmarí Pérez, Guadalupe de la Torre, 2015.
33. Perez-Castellanos N.A., “*Formulacion de un mortero de inyeccion con mucilage de nopal para restauracion de pintura mural*”, Escuela Nacional de Conservacion, Restauracion y Museografia “*Manuel del Castillo Negrete*”, Memorias 2º Foro Académico, 2009.
34. Persia F, Alisi C., Bacchetta L., Bojorquez E., Colantonio C., Falconieri M., Insaurralde M., Meza Orozco A., Sprocati A.R., Tati A., “*Nopal As Organic Additive For Bio-Compatible And EcoSustainable Lime Mortars*”, VIIth Conference “*Diagnosis, Conservation and Valorization of Cultural Heritage*”, Naples, 15/16 December 2016, in corso di pubblicazione.
35. Prestipino G., Santamaria U., Morresi F., Amenta A., Greco C., “*Sperimentazione di adesivi e consolidanti per il restauro dei manufatti lignei policromi egizi*”, XIII Congresso Nazionale IGIIIC, in “*Lo Stato dell'Arte*”, Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale, Torino, 22-24 ottobre 2015.
36. Rodríguez-González S., Martínez-Flores H.E., Órnelas-Nuñez J.L., Garnica-Romo M.G., “*Optimización de la extracción del mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica)*”, XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, 2010.
37. Rodríguez-González S., Martínez-Flores H.E., Chávez-Moreno C.K., Macías-Rodríguez L.I., Zavala-Mendoza E., Garnica-Romo M.G., Chacón-García L., “*Extraction and characterization of mucilage from wild species of Opuntia*”, in “*Journal of Food Process Engineering*”, n. 37, 2014.
38. Sáenz C., Sepúlveda E., Matsuhira B., “*Opuntia spp micilage's: A functional component with industrial perspectives*”, in “*Journal of Arid Environments*”, n. 57, 2004.
39. Sangiorgi N., “*Le raccolte etnografiche: specificità di degrado e conservazione. Metodi sperimentali a confronto per il consolidamento della pittura opaca e polverulenta di manufatti etnografici*”, Tesi Accademia di Belle Arti di Bologna, 2015-2016.
40. Siqueiros D.A., “*Como se pinta un mural*”, Edición del Taller Siqueiros de Cuernavaca, 1977.
41. Swider J.R., Smith M., “*Funori: overview of a 300-year-old consolidant*”, in “*Journal of the American Institute for Conservation*”, vol. 44, n. 2, 2005.

IL RESTAURO DEI CALCHI DELLA COLONNA TRAIANA, UN RESTAURO ECOSOSTENIBILE: LE SOLUZIONI ADOTTATE

Maria Rita Ciardi *, Guy Devreux **, Ulderico Santamaria *, Claudia Valeri ****,
Carlotta Banchelli*, Fabiano Ferrucci***

* Restauratore e Direttore tecnico de L'Officina Consorzio, Roma, +39 3382766861

consorzio@officinabeniculturali.it

** Responsabile Laboratorio Restauro Materiali Lapidei, Musei Vaticani, Viale Vaticano - 00120, Città del Vaticano, tel. + 39 3357488299, guy.devreux@scv.va

***Dirigente Laboratorio di Ricerche Scientifiche dei Musei Vaticani, Musei Vaticani, 00120, Città del Vaticano, ulderico.santamaria@scv.va

****Curatore assistente del Reparto Antichità Greche e Romane, Musei Vaticani, Viale Vaticano - 00120 Città del Vaticano, tel. + 39 06 698 64518, claudia.valeri@scv.va

Abstract

L'intervento ha riguardato la collezione dei bassorilievi in cemento con armatura metallica, che compongono il calco integrale scala 1:1 del fregio e del prospetto del basamento della Colonna Traiana. Si tratta di 129 bassorilievi di diverse dimensioni, per un totale di circa 400 metri quadri di superficie figurata. I calchi in cemento bianco, eseguiti negli anni Trenta del secolo scorso, furono realizzati con stampo in argilla preso a diretto contatto sui calchi in gesso realizzati nel 1862, attualmente conservati nel Museo della Civiltà Romana.

I materiali costitutivi (malta cementizia e ferro) hanno subito nel tempo una serie di fenomeni di alterazione e degrado, quali lesioni, fratturazioni e fessurazioni, incrementate dalla presenza dei ferri dell'armatura di sostegno e delle barre metalliche poste sul retro dei calchi. Il fenomeno di degrado più evidente, causato dall'ultima prolungata collocazione in esterno, era dovuto dalla presenza di un importante sviluppo di biodeteriogeni che aveva provocato la formazione di una patina biologica visibile e deturpante sul modellato dei calchi oltre ad averne infragilito le superfici.

Obiettivo dell'intervento è stato il risanamento dei fenomeni di degrado utilizzando in tutte le fasi di restauro materiali ecocompatibili attraverso le tecniche innovative di recente sperimentazione. I prodotti utilizzati sono stati studiati e formulati dal Laboratorio di Ricerche Scientifiche dei Musei Vaticani in sinergia con il Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani. Particolare attenzione è stata rivolta all'impiego di un prodotto biocida alternativo ai formulati solitamente impiegati nella conservazione dei Beni Culturali. E' ormai noto come molti di questi, poiché tossici e inquinanti per l'ambiente, sono stati eliminati dal mercato dalle recenti normative. Diventa indispensabile che la ricerca scientifica si sviluppi su questi temi sperimentando tecniche alternative. Questa nuova metodologia messa a punto per l'intervento in oggetto, ha previsto per la devitalizzazione delle patine biologiche una miscela di olii essenziali applicata con l'ausilio di supportanti a base di alcool polivinilico e lattice. L'applicazione ha permesso la rimozione delle patine biologiche con risultati più che soddisfacenti e in tempi brevi. Poiché il biocida veniva trattenuto dal supportante, la sua azione si è inoltre sviluppata esclusivamente in superficie, evitando il risciacquo delle superfici modellate particolarmente infragilitate dal degrado subito. L'intervento è stato monitorato attraverso analisi biologiche, prima, durante e dopo l'applicazione, al fine della caratterizzazione dei microrganismi e dell'efficacia della metodologia attuata. Ulteriori trattamenti sono stati eseguiti con differenti miscele di olii essenziali con funzioni protettive e preventive del degrado biologico, valutando il risultato a diverse distanze di tempo. Per le operazioni di consolidamento e di risanamento si sono scelti prodotti a basso impatto ambientale come l'ossalato d'ammonio e una micro dispersione di calce idraulica. Le lacune delle superfici figurate sono state integrate e le parti mancanti ricostruite attraverso il confronto con le fotografie dei calchi ottocenteschi pubblicate da C. Cichorius (1896). L'intervento di reintegrazione pertanto ha reso completa sia la lettura iconografica dei particolari, sia la comprensione dei momenti narrativi delle scene. L'armatura in ferro del calco è stata trattata con specifici prodotti passivanti. Gli elementi dissaldati sono stati rinsaldati, ripristinando la continuità della struttura mentre le barre mancanti sono state realizzate ex-novo e saldate all'armatura, consentendo il recupero statico di ogni singolo calco in modo da permetterne la movimentazione e l'utilizzo.

Dai calchi in gesso ai calchi in cemento

L'intervento di restauro ha interessato tutta la collezione di bassorilievi che compongono il calco integrale a dimensioni reali del fregio e del prospetto del basamento della Colonna Traiana realizzato negli anni trenta in cemento con armatura metallica. Si tratta di 129 elementi di diverse dimensioni, per un totale di circa 400 metri quadri di superficie figurata. I calchi furono realizzati durante il pontificato di Pio XI dal formatore Francesco Mercatali. Questi, tra il 1932 e il 1938, operò una completa calcatura dei calchi in gesso che, eseguiti nel 1862, erano all'epoca nel Museo Lateranense e, poi donati al Comune di Roma, sono attualmente conservati nel Museo

della Civiltà Romana. Per quanto riguarda il prospetto del basamento della colonna, la calcatura venne eseguita direttamente sull'originale. [1] A differenza dei calchi ottocenteschi, per le copie degli anni Trenta fu utilizzato cemento con armature in ferro, materiale ai tempi innovativo e ritenuto estremamente durevole. Nato nel 1870 a Roma, dove morì all'età di 80 anni, Francesco Mercatali nel corso della sua lunga attività fu testimone dell'articolata affermazione del cemento armato sia come nuovo materiale per elementi architettonici strutturali e portanti, che come materiale versatile per la realizzazione di elementi decorativi. In tal senso si sfruttarono le qualità di rapida esecuzione-presa e resistenza per progettare decorazioni particolarmente aggettanti, più economiche di quelle in marmo, con possibilità di formatura, per apparati decorativi seriali o di copia. [2] Dal 1938 al 1963 i calchi furono esposti in Vaticano, nei giardini prossimi alla Pinacoteca; disposti l'uno accanto all'altro, secondo la sequenza narrativa del fregio originale, e protetti da una tettoia in legno, formarono quella che nei documenti dell'epoca viene chiamata "Passeggiata Archeologica" (Fig. 1).



Figura 1. Allestimento dei calchi della Colonna Traiana nei giardini Vaticani dal 1938 al 1963 (foto Sansaini, MVF neg. XXVI.9.34 © Musei Vaticani)

Per far posto al nuovo museo che, progettato dai fratelli Passarelli, avrebbe dovuto accogliere le collezioni del Museo Lateranense, i calchi in cemento furono trasferiti in magazzino e successivamente in un deposito ubicato nella tenuta extraterritoriale di Santa Maria di Galeria. Nel 2007, per esigenze logistiche indipendenti dalla volontà dei Musei, tutti i calchi vennero purtroppo collocati all'aperto, presso il muro perimetrale della tenuta; tale ubicazione, protrattasi per diversi anni, determinò un evidente peggioramento dello stato conservativo, al quale si è posto rimedio con l'intervento di restauro che in questa occasione si presenta.

La tecnica di esecuzione

Le copie in cemento con armatura metallica furono eseguite utilizzando stampi in argilla, direttamente improntati sui calchi in gesso della collezione del 1862. Realizzata l'impronta, fu riempita con un impasto cementizio per uno spessore variabile da 3 fino a 15 cm, che inglobava un'armatura metallica (una griglia in tondini di ferro, legati tra di loro da filo anch'esso in ferro). Sul retro di ogni calco, in esterno al cemento, furono fissate all'intelaiatura metallica interna, due robuste barre in ferro, sia per facilitare l'estrazione della copia dall'impronta, sia per poter movimentare più agevolmente il pezzo, nonché per rendere la struttura complessiva dimensionalmente più stabile. La maggior parte delle scene sono disposte su riquadri orizzontali con una curvatura che ripete quella della matrice originaria. I limiti superiori ed inferiori delle scene sono conclusi da un bordo a rilievo che riporta il margine che nella colonna coclide separa le spirali dentro cui si svolge il racconto continuo. L'impasto cementizio appare lavorato in due strati: lo strato superficiale, che reca il modellato, è volutamente bianco, ad imitazione del marmo cui è costruita la Colonna Traiana, anche se è ormai noto come il rilievo originale fosse valorizzato dall'uso della policromia, con l'inserimento diffuso di elementi metallici, soprattutto per raffigurare le armi dei soldati. [3] Lo strato di profondità del calco è invece realizzato in cemento grigio. Allo stesso modo è eseguita la fascia che funge da base ai rilievi, già presente nei calchi in gesso della collezione del Museo della Civiltà Romana come unico elemento estraneo alla narrazione.

Lo strato di finitura mostra numerosi dettagli: si riconoscono i segni di lavorazione propri del paramento lapideo originale e gli elementi caratterizzanti dello stato conservativo della colonna al momento della prima operazione di calcatura, come ad esempio lacune e degrado della superficie del marmo.

Fenomeni e cause di degrado strutturale

Al momento dell'intervento i calchi presentavano uno stato di conservazione grave, decisamente peculiare dei manufatti in cemento armato con armature in ferro. Le criticità insite nella tecnologia stessa di realizzazione erano state aggravate da processi di degrado dovuti alla collocazione all'aperto. Altri danni localizzati erano riferibili alle numerose movimentazioni e trasporti avvenuti in passato.

Dall'osservazione del quadro fessurativo era evidente che i principali problemi strutturali erano dovuti al degrado degli elementi metallici in ferro utilizzati come armatura all'interno della malta cementizia che, con l'ossidazione e il conseguente aumento di volume del minerale ferroso, avevano provocato lesioni, fessurazioni, distacchi e cadute, fino a determinare, in alcuni scene, la perdita di vasti brani del modellato. [4]

In concomitanza delle movimentazioni e trasporti dei pezzi si erano inoltre verificati collassi strutturali, che avevano causato la frammentazione totale e perdita di alcuni calchi.

Purtroppo, a causa dello dell'esiguo spessore del calco, la rete di armatura, in molti casi, era posizionata vicino al fronte lavorato, provocando perdite e sollevamenti di scaglie sulla parte figurata. Alla ricognizione iniziale delle opere molti frammenti risultavano semidistaccati, non più nell'assetto originario, mentre altri giacevano a terra, raccolti in cassette (Fig.2 -3).



Figura 2. Cedimenti della struttura e perdite di materiale originale



Figura 3. Deformazione e cedimenti della struttura metallica

Numerosi calchi inoltre mostravano le barre metalliche esterne, poste sul retro, totalmente distaccate dalla struttura interna metallica, poiché avevano ceduto gli ancoraggi con la struttura. Questi ancoraggi, costituiti da semplice filo di ferro inglobato nel cemento, costituiscono punti di massima sollecitazione meccanica nel momento in cui, durante le movimentazioni, i calchi sono stati sollevati e spostati.

Fenomeni e cause di degrado delle superfici

La lunga esposizione all'aperto aveva favorito lo sviluppo di una patina biologica che deturpava il modellato di gran parte dei calchi. Le analisi effettuate dal Laboratorio dei Musei Vaticani, sia effettuate in via preliminare all'intervento che durante il restauro, hanno individuato la presenza di alghe, ciano batteri e funghi (Fig.4).

La superficie di alcuni calchi appariva segnata da scoloriture rosse ad andamento verticale. Si tratta di scoloriture determinate dalla percolazione di acqua carica di ossidi di ferro. La causa è probabilmente una vecchia tettoia, sotto la quale erano state posizionate in passato le opere, i cui sistemi di deflusso delle acque meteoriche avevano mal funzionato. In alcune zone, dove la superficie accusava già fenomeni di decoesione del materiale costitutivo, gli ossidi di ferro erano stati assorbiti in profondità. Questo fenomeno interessava soprattutto i sottosquadri e meno le parti a rilievo: l'acqua di percolazione sembra quindi aver seguito percorsi preferenziali indicati dai margini del modellato.



Figura 4 Presenza delle patine biologiche

Le fasi del restauro

La campagna di restauro affidata dai Musei Vaticani al Consorzio L'Officina di Roma è durata circa 11 mesi (da Novembre 2017 a Ottobre 2018) comprendendo il monitoraggio scientifico durante le fasi lavorative e la documentazione dell'intervento. [5]

Le metodologie operative sono state definite in dettaglio attraverso il confronto tra le differenti professionalità coinvolte nell'intervento, in base a una serie programmata di incontri tecnici coordinati del Laboratorio di Ricerche Scientifiche. L'intervento ha inoltre costituito una importante occasione di sperimentazione e applicazione di materiali ecocompatibili. Si tratta di un ulteriore approfondimento della linea di ricerca che il Laboratorio di Ricerche Scientifiche insieme al Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani sviluppano da diversi anni. E' stato scelto di non utilizzare i convenzionali biocidi di sintesi chimica, in uso nel campo del restauro per la disinfezione e la rimozione delle patine biologiche. E' stata invece utilizzata una miscela a base di olii essenziali e tensioattivo, [6] formulato dal Laboratorio di Ricerche Scientifiche, testato e collaudato in seguito alle esperienze del Progetto Pilota sulle opere dei giardini dei Musei Vaticani. [7] In via preliminare si proceduto con: l'identificazione degli agenti responsabili del degrado, attraverso prelievi di campioni analizzati in laboratorio; analisi delle cause dello sviluppo dei biodeteriogeni; i fattori ambientali come la luce, l'umidità, la temperatura e i prodotti di nutrizione; conoscenza del substrato su cui si agisce, del suo stato di conservazione e del tipo di interazione esistente tra microrganismi e substrato, valutazione del tipo e l'entità del danno, scelta del prodotto biocida più adatto oltre che del metodo di applicazione per ottenere i migliori risultati. Il prodotto che al termine della sperimentazione suddetta ha fornito i migliori risultati per ambienti aperti o semiconfinati è il MIX10Bis composto dai seguenti olii essenziali: *Cinnamomum Zeylanicum* - *Eugenia caryophyllata* - *Coridothymus Capitatus* - Tween20.

Il formulato di olii essenziali è stato adoperato abbinandolo ad un trattamento di pulitura con supportanti a base di alcool polivinilico e lattice, costituendo così uno metodo innovativo per la rimozione delle patine biologiche. L'intervento è stato monitorato attraverso analisi chimiche e biologiche per la caratterizzazione dei microrganismi e per verificare l'efficacia della soluzione attuata.

Individuazione del gel filmogeno-supportante per la pulitura/trattamento biocida. [8]

Sono stati testati due differenti sistemi supportanti con la stessa miscela biocida (Mix 10 bis) su 3 Calchi: 17, 19 e 25. Il pannello n. 17 presenta una fitta patina biologica ed è stato oggetto di test con Mix 10 bis applicata con

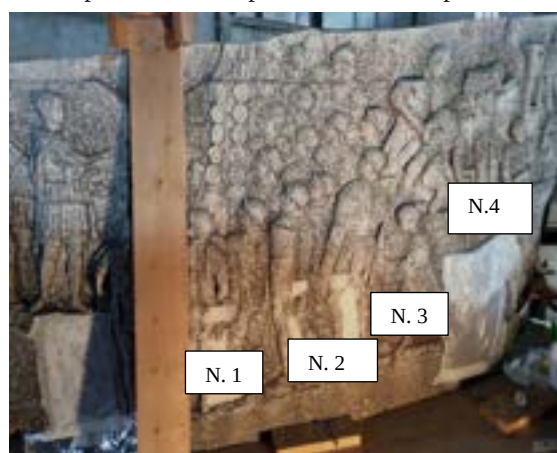


Figura 5. Calco n. 17 con le prove di applicazione del biocida

differenti metodologie (Politect base/Politect base con velatino (**Test 1**), Politect e Acetone 4% (**Test 2**), Politect e Acetone con velatino (**Test 3**), Psyllium 2% con carta giapponese (**Test 4**.) La valutazione dell'efficacia è stata eseguita mediante misure colorimetriche, vitalità biologica con bioluminometro ed esame microbiologico su coltura. Le analisi colorimetriche hanno confermato l'efficacia del trattamento dal punto di vista cromatico e i risultati delle analisi microbiologiche, in accordo con quelle al bioluminometro, che evidenziavano bassi livelli di crescita nei test n. 2 e 4 del Calco 17 (Fig.5). I tasselli 1 e 3 sono risultati ancora contaminati a livelli non accettabili. Pertanto si è rilevato come tali trattamenti eseguiti permettano di ridurre la carica microbica contaminante (vedi Tab.n.1 bioluminometro) a livelli fisiologici.

	Valore medio su 3 misure	Unità di misura
Superficie non trattata	1.570 (+/- 667)	RLU
Test 1	1.017 (+/- 660)	RLU
Test 2	125 (+/- 141)	RLU
Test 3	517 (+/- 292)	RLU
Test 4	387 (+/- 270)	RLU

Tabella n.1 Calco n.17: valori relativi alle letture eseguite con il bioluminometro prima e dopo i test eseguiti

Un ulteriore test è stato eseguito con Mix 10 bis e Politect con il 3% di plastificante (Fig.6) sul calco n.19, ottenendo ottimi risultati. Il monitoraggio effettuato dopo due mesi ha confermato che l'attività biologica era rimasta costante.



Figura 6 calco n. 19 con il test di pulitura

	Valore medio su 3 misure	Unità di misura
Superficie non trattata	4.334 (+/- 80)	RLU
Post-trattamento biocida (Mix 10 bis + Politect 3%)	457 (+/- 65)	RLU

Tabella n.2 Bioluminometro Calco 19 valori in media, con relativa deviazione standard, delle unità di luminescenza relativa (RLU) prima e dopo il test.

Sul pannello 25 è stato eseguito un test con Mix 10bis più Politect al 4% che ha confermato l'efficacia dal punto di vista biologico però operativamente meno agevole ai fini della rimozione del supportante.

	Valore medio su 3 misure	Unità di misura
Superficie non trattata	4.445 (+/- 95)	RLU
Mix 10 bis+ Politect 4%	917 (+/- 118)	RLU

Tabella n.3 Bioluminometro Calco n.25 valori in media, con relativa deviazione standard, delle unità di luminescenza relativa (RLU) prima e dopo il test.

Il trattamento ottimale è risultato l'applicazione del Mix 10 bis e Politect con il 3% di plastificante (vedi Tab.n2 bioluminometro) pertanto è stato deciso di adottare questo metodo per la rimozione delle patine biologiche. Come supportante si è scelto il *Politect* con una percentuale di plastificante pari al 3% al fine di ottenere un film removibile e sufficientemente elastico per adagiarsi sulla superficie lavorata dei calchi (Figg.7 e 8). Un altro supportante sperimentato è stato un prodotto a base di lattice (*Artpeeling*), si tratta di un materiale che ha un'azione adesiva molto più blanda ed è stato impiegato sui calchi con una patina biologica più sottile. Dai test scientifici ha dato prova di efficacia.

Metodologia applicativa per la pulitura/trattamento biocida

TRATTAMENTO BIOCIDA	Applicazione a spruzzo del biocida a base di olii essenziali MIX10 Bis al 1,3% in acqua deionizzata tamponato con soluzione satura di carbonato d'ammonio (4ml su 10l) su tutta la superficie
PULITURA CHIMICO-MECCANICA	Applicazione Politect con 3% di plastificante a pennello su tutta la superficie previa applicazione del biocida a base di olii essenziali Mix 10bis. Oppure: Applicazione Art Peeling a pennello previa applicazione del Mix 10 bis dato a spruzzo
PULITURA MECCANICA	Rifinitura meccanica con spazzolini e micromotori con setole morbide



Figura 7 Applicazione del Politect con il mix 10 bis



Figura 8 Rimozione del Politect con il mix 10 bis

L'uso degli olii essenziali in modo alternativo ai biocidi di sintesi chimica ha comportato due diversi vantaggi: poter utilizzare un prodotto che ha principi attivi già presenti in natura, quindi con ridotta tossicità per l'ambiente e per l'uomo se usato a basse concentrazioni; riduzione dei tempi di lavorazione, poiché l'applicazione del prodotto biocida e del supportante consentono in 24 ore la rimozione delle patine biologiche. Questi tempi sono assolutamente più brevi rispetto all'utilizzo dei formulati chimici in commercio, che necessitano di almeno 7-15 giorni per poter agire in modo efficace sui biodeteriogeni. (Fig.9)



Figura 9 Particolare prima e dopo la pulitura

Consolidamento, stuccatura e integrazione

Anche per le altre fasi del restauro sono stati selezionati metodi e prodotti ottimali in termini di compatibilità con i materiali originali e di sicurezza sanitaria per gli operatori stessi: è stato evitato l'uso di solventi e in generale di prodotti chimici usualmente impiegati per le operazioni di consolidamento, fissaggio e protezione finale.

Per queste attività si è cercato di rivolgersi piuttosto a materiali che offrissero aspetti di compatibilità di caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche nei confronti del materiale costitutivo.

Le integrazioni strutturali sono state realizzate con calchi idraulici ad alto indice di idraulicità (NHL5) addizionate di sabbia e inerti pozzolanici [9]. Per i consolidamenti tramite infiltrazione ed i fissaggi delle scaglie è stato utilizzato un premiscelato idraulico ad alta fluidità. I ferri ossidati nelle zone da risarcire in malta, sono stati trattati con passivante [10]. Per le microstuccature di lesioni sono stati formulati impasti

di calce idraulica NHL 5 e inerti minerali setacciati sottili [11]. Impasti analoghi, ma con granulometria maggiore, sono stati elaborati per la ricostruzione di parti mancanti delle superfici figurate.



Figura 9. Ricostruzione di un particolare decorativo



Figura 10. Foto dopo il restauro con la ricostruzione sottosquadro in corrispondenza di una mancanza nell'angolo a sinistra

E' stato possibile integrare molte zone avvalendosi dell'analisi comparativa con la documentazione fotografica storica. Particolarmente utili sono state le fotografie dei calchi ottocenteschi pubblicate da C. Cichorius (1896). L'intervento di reintegrazione ha quindi risarcito il tessuto figurativo, permettendo un migliore apprezzamento sia dei particolari, sia della generale comprensione dei momenti narrativi delle scene (Fig.9). Alcune zone perdute di modellato di più ampia estensione e di interpretazione incerta, sono state invece trattate sottosquadro, evitando interventi ricostruttivi (Fig.10).

Trattamento dei metalli.

Particolare attenzione è stata riposta nel trattamento degli elementi metallici degradati, che costituiscono l'ossatura delle opere e sono all'origine di molti dei fenomeni di degrado riscontrati. Si è trattato di un intervento in parte di rimozione e sostituzione, in parte di integrazione, e di trattamenti con inibitori di corrosione. Gli elementi dissaldati sono stati saldati, ripristinando la continuità della struttura. In alcuni casi sono stati realizzati nuovi elementi in ferro simili agli originali perduti, saldandoli agli elementi strutturali esistenti. Le barre mancanti sono state realizzate ex-novo e inserite nell'armatura, consentendo il recupero statico di ogni singolo calco. Tutte le superfici in ferro accessibili sono state trattate con stabilizzanti dei prodotti di ossidazione del ferro a base di polimeri chelanti [12].

Trattamento finale

La superficie dei calchi in cemento risultava degradata e consumata dagli attacchi biologici; in particolare la superficie del modellato presentava lievi fenomeni di erosione. Pertanto a fine intervento si è deciso di procedere con dei trattamenti finali utilizzando prodotti inorganici a basso impatto ambientale. E' stata impiegata una micro dispersione di calce idraulica al 20% applicata sulla superficie per irrorazione bagnato su bagnato. Infine per rendere più compatta la superficie riducendone la porosità, si è proceduto con ossalato di ammonio puro per analisi della Sigma Aldrich SRL diluito al 4% in acqua demineralizzata, applicato a spruzzo sulle superfici.

Test protettivi biocidi

Al termine del restauro a seguito di controlli microbiologici si è riscontrata una nuova attività, seppur pur molto lieve, dei biodeteriogeni da attribuire al luogo di conservazione i cui parametri microclimatici non sono del tutto idonei. La collocazione attuale è infatti transitoria in attesa di un allestimento finale per la valorizzazione della collezione. Per consentire una corretta manutenzione e il monitoraggio della stessa il Laboratorio di Ricerche Scientifiche insieme al Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani, ha messo punto una miscela protettiva con attività biocida che inibisca lo sviluppo dei biodeteriogeni. La sperimentazione a distanza di alcuni mesi ha fornito risultati positivi.

Test sperimentali per il trattamento protettivo/preventivo ad azione biocida a base di olii essenziali

Sono stati eseguiti a fine lavori, dei test con protettivi sperimentali (vedi Tab. n.4 con i prodotti utilizzati) a base di olii essenziali. La valutazione dell'efficacia antimicrobica si è focalizzata sulla misura dei tempi di ricolonizzazione dei pannelli non trattati e sulla comparazione delle eventuali alterazioni cromatiche e delle proprietà antimicrobiche dei singoli trattamenti a distanza di 6 mesi (ottobre 2018 – aprile 2019). Durante il monitoraggio sono state eseguite analisi microbiologiche (test di vitalità con bioluminometro ed esame colturale con Funghi Tape) e colorimetriche, riesaminando le singole aree trattate di ciascun pannello e confrontandole con un nuovo pannello non trattato con protettivo (Pannello MV_37019_129_9), situato nei pressi delle opere in esame. Si riportano a titolo di esempio i risultati delle analisi microbiologiche delle zone trattate con alga funori allo 0.5% (le prove all'1% di Funori non fornito risultati soddisfacenti poiché risultato viscoso) e in relazione all'area non trattata del pannello MV_37019_129_9 e agli esiti ottenuti nel campionamento eseguiti a distanza temporale, per valutare l'efficacia dei singoli trattamenti anche nel tempo. I risultati dei monitoraggi eseguiti dopo un mese e confermati dopo 6 mesi di esposizione all'ambiente sono stati i seguenti:

- superficie non trattata (pannello MV_37019_129_9): batteri (+++)
- superficie trattata con FO: Negativo
- superficie trattata con FC: Cladosporium spp., batteri (+/-)

Dai primi risultati della sperimentazione si può osservare come, dal punto di vista microbiologico, l'efficacia protettiva/preventiva dei prodotti in esame si mantenga costante anche a distanza di 6 mesi dal trattamento e sia esattamente sovrapponibile per ciascun prodotto testato. A tal proposito, è da notare l'evidente differenza di crescita e di vitalità microbica tra i pannelli trattati con i differenti protettivi e quello non trattato, su cui, al momento, si evidenzia un'elevata ricrescita batterica. Anche dal punto di vista colorimetrico non si osservano variazioni cromatiche significative tra i dati colorimetrici.

PRODOTTI UTILIZZATI

F.O. : Alga Funori 1% + Olio essenziale di origano

F.C. : Alga Funori 0.5% + Olio essenziale di Coridothymus 2% (origano di Spagna - Pranarom)

F.O. : Alga Funori 0.5% + Olio essenziale di origano 2% (Exentiae)

Tabella n.4

PROVE EFFETTUATE

1. - F.O. (1% funori) Applicazione a pennello fino a rifiuto (3 mani incrociate)
2. - F.O. (0.5% funori) Applicazione a spruzzo fino a rifiuto
3. - F.C. Applicazione a spruzzo fino a rifiuto

CALCHI TESTATI	PROVE EFFETTUATE
MV_37019_129_2	1
MV_37019_129_3	4
MV_37019_129_14	5

La metodologia individuata risultava però particolarmente onerosa e si è pensato ad una alternativa sempre con oli essenziali additivando i protettivi con 1% di olio essenziale *Coridothymus Capitatus* (Exentiae) + 0,5 % di protettivo (WS610, VP1805 E, PF 4 della CHEMSPEC) sono stati testati in situ nebulizzandoli su diverse porzioni del calco della colonna Traiana, pannello I- 9. Prima della stesura sono state eseguite le analisi colorimetriche del pre- trattamento, i tre protettivi nebulizzati sono stati agitati prima dell'uso per creare un'emulsione il più possibile omogenea durante l'applicazione. I risultati del colorimetro pre e post protettivo mostrano che il VP1805E ha una variazione cromatica quasi nulla (ΔE 0,98), dei tre sperimentati risulta quello più adatto da utilizzare come protettivo. Il PF4 mostra un risultato peggiore del ΔE con un valore maggiore di 3. Mentre il WS610 ha un valore di ΔE di 1,50 della curva di riflettanza. In conclusione si è deciso di impiegare una concentrazione bassa di protettivo silanico all'acqua (VP1805) 0,5%, normalmente usato al 15%, in sostituzione della Funori data la vastità della superficie da trattare. Si tratta quindi di una scelta che ha previsto e l'uso di un prodotto biocompatibile insieme alla minima quantità di un protettivo commerciale in considerazione dell'esigenza di rendere fattibile la prevenzione in considerazione dei costi.

NOTE

[1] Per una cronistoria delle calcature del fregio della colonna vedi: Agosti G., Farinella V., *"Il fregio della Colonna Traiana. Avvio ad un registro della fortuna visiva"*, in *"Annali della Scuola Normale di Pisa"*, 1958, pp. 1103-1150. Per la storia della calcatura del 1862: D'Amato C., *"La storia dei calchi della Colonna Traiana conservati presso il Museo della Civiltà Romana dal 1861 a oggi, in Traiano. Costruire l'Impero creare l'Europa"*, in Catalogo della mostra - Mercati di Traiano" 29 novembre 2017 – 16 settembre 2018, De Luca Editori d'Arte, Roma, 2017, pp. 369-375

[2] Sulla serie vaticana in cemento vedi: Spinola G., Valeri C., *"Le collezioni di arte classica"*, in *"I Musei Vaticani 1929-2009"*, a cura di A. Paolucci, C. Pantanella, Edizioni Musei Vaticani, Roma, 2009, pp. 114-116 (pp. 113-127); Valeri C., *"Calchi della Colonna Traiana"*, in *"La bella Italia. Arte e identità delle città capitali"* Catalogo della mostra Torino, Reggia di Venaria 17 marzo-11 settembre 2011, a cura di A. Paolucci, Silvana Editoriale, Firenze, 2011, pp. 112-113

[3] Per lo studio e la comprensione del monumento vedi Settis S., La Regina A., Agosti G., Farinella V., *"La Colonna Traiana"*, a cura di Salvatore Settis, Einaudi, Torino, 1988. Per la eccezionalità del monumento romano, anche dal punto di vista costruttivo: Di Pasquale G., *"L'arte di costruire un capolavoro: la Colonna Traiana"* in *"Catalogo della mostra Firenze"*, Limonaia di Boboli 21 giugno – 6 ottobre 2019, Giunti, Firenze, 2019

[4] Il rilevamento della griglia interna in ferro è stato effettuato tramite rilevatore di metalli

[5] Il restauro è stato finanziato da Patrons of the Arts in the Vatican Museums. L'intervento è stato seguito dal restauratore incaricato del Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani Andrea Felice che si ringrazia particolarmente per la disponibilità e la professionalità dimostrata, le analisi sono state eseguite da Stefania Bani e Filippo Frattini del Laboratorio di Ricerche Scientifiche dei Musei Vaticani; le riprese video e fotografiche finali da Alessandro Prinzivalle del Laboratorio fotografico dei Musei Vaticani. I restauratori che hanno lavorato nel cantiere del restauro dei calchi con L'Officina Consorzio sono: Paolo Carotenuto, Damiano Coralli, Luca De Santis, Federica Di Lullo, Roberto Indino, Claudia Morici e Fabiana Carfagna che, in particolare, ha seguito il cantiere con grande attenzione e impegno,

[6] E' denominato Mix 10 bis, formulato dai Laboratorio di Ricerche Scientifiche, e prodotto dalla società Exentiae di Catania.

[7] I test con gli olii essenziali sono stati eseguiti insieme alle restauratrici del Progetto Giardini dei Musei Vaticani Carlotta Nobile e Rita Reale

[8] Devreux G., Santamaria U., Rodolfo A., Reale R., Fratini F., Barbabietola *"Fitoconservazione. Trattamenti alternativi sulle opere in materiale lapideo nei giardini vaticani"* in Lo Stato dell'Arte 13, XIII Congresso Nazionale IGIIC N. 2015, Nardini Editori pp. 199-206. Devreux G., Santamaria U. Reale R., Fratini F., Bani S.,

Di Vito, *“Biodegrado e metodi alternativi per la conservazione di superfici lapidee”* (2016). In Natural 1, Atti del IV congresso Nazionale SIROE.

[9] E' stata utilizzata calce idraulica Sant'Astier NHL5

[10] Gli elementi in ferro arrugginito nelle lacune che andavano integrate in malta, sono stati puliti delle parti ossidate superficiali e trattati con boiacca protettiva passivante, che offre una elevata protezione dai gas acidi di CO₂-SO₂ (è stata utilizzata Weber.tec fer appositamente formulata di colore bianco)

[11] Marmo bianco zandobbio, coccio pesto giallo, pozzolana.

[12] E' stato utilizzato Ferstab, convertitore/stabilizzante per ossidi di ferro.

UN RACCONTO INTERROTTO. PROPOSTA DI INTEGRAZIONE VIRTUALE DEL GRUPPO SCULTOREO DELLA MADONNA ODIGITRIA DI ISNELLO (PA) E FRUIZIONE IN REALTÀ AUMENTATA

Angela Sottile*, Milena Monti, Salvatore Sorce***, Michele Sottile******

* Restauratrice, Largo Parrocchia 21, 90013, Castelbuono, +39 346 1843155, angesottile@gmail.com

** Restauratore e docente presso Accademia Aldo Galli, via Petrarca, Como, +39 339 7194644,
milenamonti.restauero@gmail.com

*** Post-doc researcher, Università degli Studi di Palermo, 90128, Palermo, +39 091 23862609, salvatore.sorce@unipa.it

**** Restauratore, Poliarte Centro Restauri, Largo Parrocchia 2, 90013 Castelbuono (PA), +39 0921 673319,
poliarte.restauri@gmail.com

Abstract

La scultura lignea policroma e dorata raffigurante la Madonna Odigitria, custodita nella chiesa di San Nicola di Bari a Isnello (PA), versava in condizioni critiche di conservazione e in uno stato di incompletezza figurativa dovuta alla mancanza di elementi scultorei importanti come le due figure di anziani monaci, i calogeri, previste nella tradizionale iconografia, molto diffusa in territorio siciliano. L'intervento di restauro si è configurato come azione globale e interdisciplinare, abbracciando varie problematiche relative non solo alla conservazione del contenuto materiale ma anche di quello immateriale.

L'analisi stilistica dell'opera e la ricerca di fonti documentarie hanno permesso di ricostruire un tassello importante della storia del manufatto artistico grazie all'individuazione di documenti inediti che hanno rivelato la datazione dell'opera, tardo cinquecentesca, e l'identità del committente e degli scultori incaricati alla sua realizzazione. Il restauro dell'opera ha permesso di restituire alle componenti superstiti stabilità materica ed è stato mirato a fornire una migliore leggibilità estetica, eliminando gli elementi di disturbo visivo ma lasciando ben in vista i segni del degrado materico che ha portato alla perdita di estese porzioni scultoree.

Terminato il restauro dell'opera, la sua valorizzazione quale riconduzione a un'unità è stata messa in atto attraverso due azioni parallele: da un lato la progettazione di una teca espositiva in grado di restituire spazialità all'opera attraverso la collocazione ragionata dei frammenti superstiti; dall'altro la progettazione di un sistema espositivo in realtà aumentata che, grazie all'uso di tecnologie innovative e non invasive, agevoli la lettura dell'opera e di ciò che non è più visibile. La progettazione, in entrambi i casi, ha richiesto un'attenta analisi del manufatto artistico e degli indizi su di esso ancora presenti, che hanno permesso di percorrere virtualmente le sue forme e la sua storia.

Introduzione

Il presente studio, oggetto di tesi abilitante presso l'Accademia di Belle Arti Aldo Galli di Como, è nato dalla riflessione circa particolari istanze raccolte durante l'approccio conoscitivo e il restauro della scultura lignea policroma e dorata raffigurante la Madonna Odigitria della Chiesa di San Nicola di Bari a Isnello. L'opera, tardo cinquecentesca, è caratterizzata da una particolare condizione di incompletezza: al di fuori del nucleo principale costituito dalla Madonna su cassa lignea, previsto dalla tradizionale iconografia, esistevano, separati da essa, un Bambino, una testa superstite di anziano, frammenti e tracce di un'unità originaria che è stato in parte possibile ricostruire attraverso il restauro e il supporto delle indagini diagnostiche e il cui racconto risultava in un certo senso interrotto: dal degrado, dai silenzi delle mancanze, dalla mancata comunicazione di un concetto, di un messaggio e, di conseguenza, anche dalla mancanza di dialogo.

Le opere parlano, raccontano una storia che è quella di chi le ha create, di chi le ha volute e di chi le ha vissute. Guardare un'opera significa ascoltare queste storie, vedere improvvisamente muoversi, nella mente, ogni singolo sguardo e gesto che non sono più cristallizzati nella materia da cui nascono ma si evolvono, improvvisamente si animano. Ogni lettura di un'opera è prima di ogni cosa ascolto: un ascolto visivo. Diventa, dunque, fondamentale mantenere vivo questo dialogo silenzioso, comunicazione attiva e reciproca, perché l'opera sia viva e vivibile. Quello del restauratore diventa, in quest'ottica, un compito dalla duplice responsabilità, verso l'opera e verso chi la fruisce, oggi e domani. L'intervento di restauro diviene occasione di conoscenza e riflessione, coinvolgendo campi di azione che interessano non solo la materia ma anche il contenuto intangibile di cui la materia è portatrice e la cui conservazione è vitale.

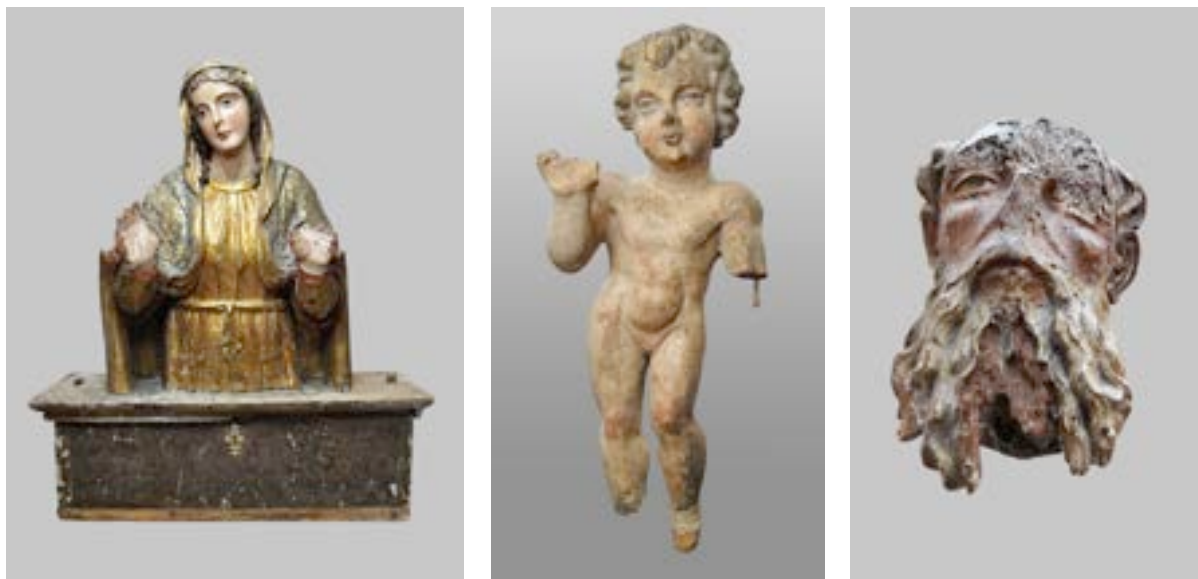


Figure 1, 2 e 3. I tre elementi scultorei separati, prima del restauro

La scultura della Madonna Odigitria di Isnello. Un approccio conoscitivo.

Quello della Madonna Odigitria (o dell'Itria) è uno dei soggetti iconografici più diffusi in territorio siciliano. Dal greco ὁδηγήτρια ovvero "Colei che indica la via", "colei che mostra la direzione", l'iconografia trae origine dalle prime raffigurazioni della Vergine, a partire da quella dipinta da San Luca nel I secolo d.C., considerata vera effigie della Madonna, custodita a lungo a Costantinopoli. L'antichissimo tipo iconografico bizantino della Madonna Odigitria mostra la Vergine che regge in braccio il Bambino in atto benedicente mentre con l'altra mano indica la strada: Maria è guida di ogni cristiano.

Da Costantinopoli, il culto della Madonna Odigitria si diffonde in occidente intorno all'VIII secolo. Qui però la standardizzata iconografia bizantina subisce una sostanziale modifica: non più l'icona, ma la raffigurazione del soggetto dell'icona, ovvero la Madonna con il Bambino, inseriti in una cassa portata a spalla da due anziani. Questa iconografia è la trasposizione di una serie di tradizioni leggendarie che raccontano come la sacra Immagine di Costantinopoli sia stata messa in salvo durante un assedio grazie a due anziani monaci basiliani, chiamati *calogeri* dal greco καλός, bello, e γέρων, anziano. In tutte le versioni questi monaci avrebbero affrontato il viaggio in mare insieme all'icona dell'Odigitria all'interno di una cassa per poi approdare nelle coste siciliane. La trasposizione occidentale dell'iconografia apporta un significativo contributo semantico: l'immagine, rimandando al suo prototipo, partecipa del suo prototipo identificandosi in esso, poiché di esso porta il nome e l'essenza.

La scultura lignea policroma e dorata di Isnello si inserisce all'interno della produzione artistica del meridione italiano di uguale soggetto iconografico, che prevede la raffigurazione della Madonna, a mezza figura o a figura intera, col Bambino, su una cassa trasportata da due monaci anziani, i calogeri. Stilisticamente si distingue, però, dagli esemplari scultorei siciliani per alcuni tratti peculiari dal sapore nordico, come il profilo, le labbra piccole, le pieghe anatomiche della pancia e dell'inguine del Bambino quasi disegnate. Proprio il confronto tra questi lineamenti comuni come il taglio orizzontale allungato degli occhi e il disegno delle ciglia sulla palpebra ha permesso, già durante il primo approccio conoscitivo, di attribuire ad una stessa mano le figure della Madonna, del Bambino e del calogero che erano state ritrovate, sebbene all'interno della stessa chiesa, in momenti e collocazioni diverse. La necessità di restituire un'unità formale all'opera, infatti, richiedeva *in primis* la ricerca di una connessione, stilistica e materica, tra le parti scultoree superstiti tale da poter rendere certa la loro reciproca appartenenza.

La figura a tuttotondo della Madonna è costituita dall'assemblaggio di 10 blocchi lignei in essenza di pioppo, incollati e inchiodati tra loro; l'intero blocco, a sua volta, è incollato e inchiodato al coperchio della cassa. Posteriormente è ben riconoscibile lo sportello di chiusura relativo allo svuotamento del volume dell'opera. Il Bambino è composto da un massello principale, anch'esso di pioppo, a cui sono incollate e inchiodate le braccia e il piede superstite. La testa di calogero è realizzata in un unico blocco in legno di noce.

In corrispondenza delle committiture delle assi lignee è presente un'incamottatura realizzata con tessuto ad armatura tela; su questa è stesa la preparazione, bianca, a base gessosa, alla quale viene affidato il compito di perfezionare i volumi, levigare le superfici e di ospitare gli strati pittorici e l'estesa doratura, quest'ultima

eseguita in foglia di oro zecchino a missione. Il prezioso *estofado* è ottenuto sovrapponendo alla doratura un colore coprente - blu per il manto, ocra rossa per la veste e bianco per il risvolto interno del manto – graffiato per riportare alla luce l'oro in corrispondenza del disegno della decorazione, come previsto dalla tecnica tradizionale descritta da Pacheco [1].

Al centro della tavola anteriore della cassa lignea è riportata un'iscrizione entro uno spazio ovale definito da racemi vegetali: «A | DOMINI 1628 | SEBASTIANUS | PALMERIUS». Tale datazione seicentesca, inaspettata poiché in contrasto con lo stile cinquecentesco dell'opera, e la presenza di un riferimento diretto al nome di Sebastiano Palmerio hanno portato a indagare più approfonditamente sulla storia della scultura attraverso una ricerca di fonti documentarie svolta presso l'Archivio Storico della Diocesi di Cefalù, proprietaria del bene. Qui le ricerche hanno condotto al ritrovamento di alcuni documenti inediti utili alla ricostruzione della storia dell'opera e in particolare il contratto di commissione, stipulato nel 1589 tra il barone di Isnello Pietro Santacolomba [2], e due scultori, mastro Cesare Puzi, genovese (*Cesar Puzi Januaensis*), e mastro Giuseppe Mangio, di Collesano, paese limitrofo (*Joseph Mangio Collisani*) [3]. All'intervento dello scultore genovese, a cui è affidata la realizzazione delle sculture in un precedente contratto del 1587, si potrebbe ascrivere quella vicinanza stilistica a moduli nordici ravvisata nei lineamenti della Vergine e del Bambino. I documenti inediti hanno chiarito inequivocabilmente la datazione dell'opera, permettendo di associare alla datazione seicentesca riportata sulla cassa un intervento di ricoloritura.

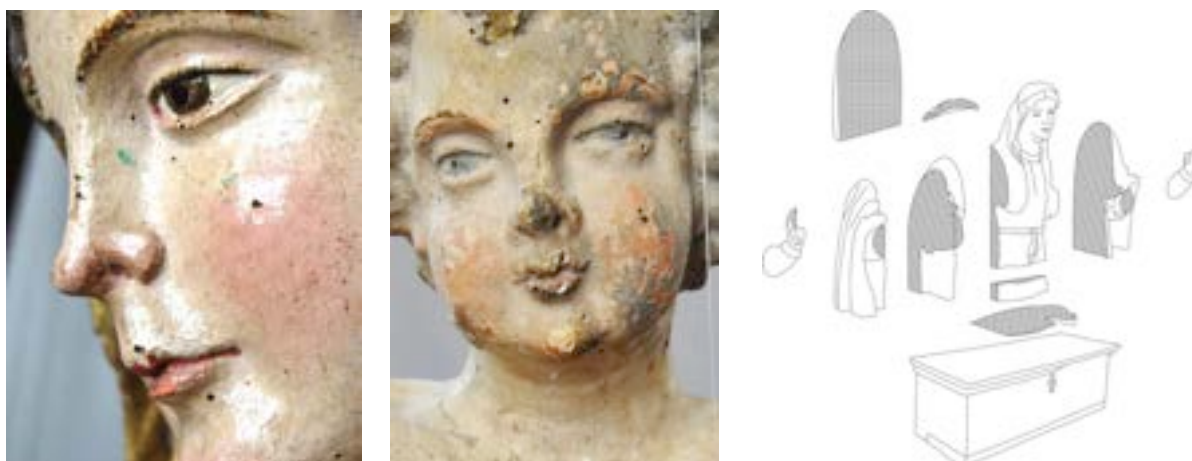


Figure 4 e 5. Lineamenti comuni nei volti della Madonna e del Bambino.

Figura 6. Restituzione grafica in esploso del sistema di assemblaggio della figura della Madonna

L'intervento di restauro

Il gruppo scultoreo versava in gravi condizioni di conservazione legate alle critiche condizioni ambientali a cui il manufatto è stato sottoposto per lungo periodo, essendo stato conservato all'interno di locali umidi e polverosi.

Il supporto ligneo era interessato da un intenso attacco di insetti xilofagi, ben riscontrabile dalla presenza diffusa di fori di sfarfallamento, che ha causato gravi danni alla consistenza materica del legno, causandone il tipico aspetto spugnoso in molte zone e la perdita di intere parti modellate come tutte le dita delle mani della Madonna, i piedi del Bambino e una consistente porzione di testa del calogero. Le mancanze materiche interessavano grandi porzioni figurative, con la perdita quasi totale delle figure dei monaci che reggevano la cassa, quasi probabilmente bruciate, come indicato dalla presenza di tracce di combustione sul Bambino e sulla nuca della testa di calogero e confermato da documentazione d'archivio [4]. Nel manto e nella veste della Madonna erano presenti diversi sollevamenti degli strati preparatori, notevolmente irrigiditi e in alcuni casi deformati, e abrasioni dovute a frizionamenti e manipolazioni.

Negli incarnati della Madonna e del Bambino sono stati evidenziati due strati pittorici, entrambi antichi, di cui quello sottostante, che si suppone originale, caratterizzato da un impasto più denso e una cromia più accesa, risulta molto vicino all'unico strato pittorico della testa di calogero. Sulle superfici di quest'ultima e in tutta la figura della Vergine era presente una resina trasparente, poco invecchiata, stesa in uno strato spesso e disomogeneo, con evidenti accumuli, sgocciolamenti e bolle d'aria.

Le indagini diagnostiche hanno permesso di chiarire molte lacune e dare risposta alle domande sorte durante l'osservazione dell'opera. In particolare, attraverso le indagini XRF, eseguite presso il Dipartimento STEBICEF

(Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche) dell'Università di Palermo, finalizzate alla conoscenza della composizione elementale degli strati pittorici delle tre sculture della Madonna, del Bambino e del calogero, è stato possibile trovare riscontro all'intuizione che queste potessero appartenere a uno stesso gruppo scultoreo. Il confronto tra le misurazioni eseguite ha permesso, infatti, di trovare molte analogie tra gli spettri degli incarnati di Madonna, Bambino e calogero. Particolarmente interessante è stato il rilevamento della presenza di cobalto sia nel blu di un frammento di aureola superstite che in quello del manto della Madonna, ascrivibile all'uso di blu di smalto in entrambi.

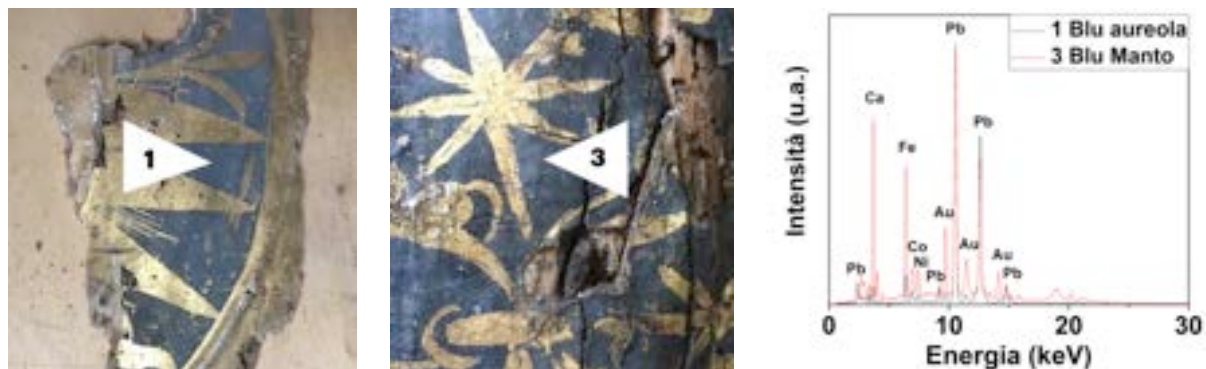


Figure 7, 8 e 9. Analisi XRF. Confronto tra gli spettri dei campioni 1-Blu aureola e 3-Blu manto.

Il restauro dell'opera, eseguito sotto l'Alta Sorveglianza della Soprintendenza BB.CC.AA. di Palermo, ha permesso di restituire alle componenti superstiti stabilità materica attraverso le operazioni di disinfestazione e consolidamento ed è stato mirato a fornire una migliore leggibilità estetica, eliminando gli elementi di disturbo visivo quali lo strato sovrapposto di resina lucida e i residui di combustione ma lasciando ben in vista i segni del degrado materico che ha portato alla perdita di estese porzioni scultoree. Secondo lo stesso principio di conservazione e d'accordo con i funzionari della Soprintendenza, si è deciso di non procedere con la rimozione del secondo strato pittorico, seicentesco.

Un racconto interrotto: proposta di integrazione virtuale in realtà aumentata

Il degrado materico gioca un ruolo importante nelle capacità comunicative dell'opera: esso può aggiungere informazioni quale risultato di un trascorso storico ma può anche compromettere l'integrità del messaggio, del significato e dell'entità della stessa, fino al caso estremo delle opere frammentarie, in cui il dato estetico diventa racconto interrotto, a singhiozzi, spesso difficilmente comprensibile o interpretabile.

Se l'opera non può più comunicare qualcosa diventa reperto, testimonianza storica, non più espressione artistica ma documento. Pur mantenendo informazioni, perde il messaggio.

Terminato il restauro dei vari elementi scultorei della Madonna Odigitria di Isnello e appurata la loro reciproca appartenenza, bisognava capire come restituire all'opera nel suo insieme quell'unità visiva e di significato che la storia conservativa le aveva negato. In quest'ottica di salvaguardia dell'opera quale contenuto e contenitore, quale processo attivo di comunicazione, il restauro non può fermarsi al semplice intervento sui materiali e sull'ambiente ma deve inevitabilmente abbracciare campi che toccano tangenzialmente il suo e le cui linee di azione percorrono ed estendono l'obiettivo preposto.

L'intervento di restauro è stato accompagnato dunque da una riflessione circa le proprietà comunicative dell'opera e la necessità di una progettazione critica della conservazione nella sua duplice consistenza materiale e immateriale, al fine della trasmissione di quel contenuto significativo che l'opera porta con sé e che, unito al dato materico superstite, rafforza la permanenza dell'unità di significato, e quindi d'essere, della stessa.

La principale problematica nella fruizione della scultura lignea della Madonna Odigitria di Isnello consisteva, come già evidenziato, nel suo stato di incompletezza: nonostante la presenza del soggetto principale, costituito dalla Madonna sulla cassa e il Bambino, esistevano solo tracce dell'unità formale originaria, veicolo iconografico. L'opera era portatrice di un racconto interrotto dal degrado e dalle mancanze materiche che portavano a un fraintendimento del suo contenuto narrativo e concettuale. La consapevolezza delle qualità comunicative dell'opera e dell'importanza dell'esistenza di un dialogo vivo tra questa e il fruitore ha permesso di ragionare su alcune modalità di supporto a una corretta lettura e sulla possibilità di un arricchimento del dato

visivo attraverso un sistema espositivo in grado di utilizzare “integrazioni immateriche”, virtuali, frutto di studio e conoscenza, quale dato aggiunto alla realtà dell'opera nell'ottica della sua fruizione.

Il virtuale permette di esplorare il bene culturale in modi fino a qualche tempo fa impensabili: le immagini in alta definizione permettono di scandagliarla nei dettagli; le ricostruzioni digitali 3D permettono di manipolarla, soddisfacendo il bisogno di una visione a tutto tondo spesso impossibile dall'esterno delle teche o nei luoghi di conservazione; interfacce aptiche possono addirittura permettere di toccare con mano forma e materia. Ma non solo: il virtuale diventa contenitore illimitato di significato, diventa quel più che, applicato alla fruizione, alla ricerca scientifica o al restauro, permette di ottenere una visione totale, completa e potenziata del bene.

La proposta avanzata per la corretta fruizione del gruppo scultoreo della Madonna Odigitria prevede la messa a punto di un sistema espositivo tecnologico che permetta di intuire, pur senza integrazioni materiche, la conformazione originaria dell'opera, la sua unità d'essere, fornendo al fruitore elementi immateriali sovrapposti alla realtà materica che possano consentire di decodificare il messaggio e leggere ciò che c'è nell'ottica di ciò che era e che, quindi, nella mente di chi osserva, continua ad essere.

Il concomitante progetto di riqualificazione dell'area sottostante la cantoria della chiesa di San Nicola di Isnello, sede dell'opera, con la realizzazione di un allestimento espositivo permanente, ha permesso di prevedere l'inserimento di un sistema espositivo per la Madonna Odigitria di Isnello. La valorizzazione quale riconduzione a un'unità è stata, dunque, messa in atto attraverso due azioni parallele: da un lato la progettazione di una teca espositiva in grado di restituire spazialità all'opera attraverso la collocazione ragionata dei frammenti superstiti; dall'altro la progettazione di un sistema espositivo in realtà aumentata che, grazie all'uso di tecnologie nuove e non invasive possa agevolare la lettura dell'opera e di ciò che non è più leggibile.

Operazione preliminare al ragionamento intorno alle forme ormai perdute della scultura è stata l'acquisizione del modello 3D delle principali componenti scultoree: il gruppo Madonna-cassa, il Bambino e la testa di calogero. L'acquisizione è stata eseguita mediante fotogrammetria automatica, tecnica *low cost* dalle grandi potenzialità caratterizzata da semplicità d'uso e velocità di elaborazione resa possibile da specifici software. Il modello ottenuto con la tecnica di acquisizione fotogrammetrica non solo è metricamente corretto, ma possiede delle caratteristiche di colore realistiche, qualità di fondamentale importanza nell'utilizzo del modello 3D ai fini della fruizione del bene culturale.

Per la realizzazione dei modelli sono state scattate delle fotografie intorno all'opera, seguendo traiettorie circolari a diversi angoli di osservazione. Le immagini sono state caricate nel software ed il modello 3D acquisito è stato elaborato manualmente per l'eliminazione di elementi estranei e imperfezioni.

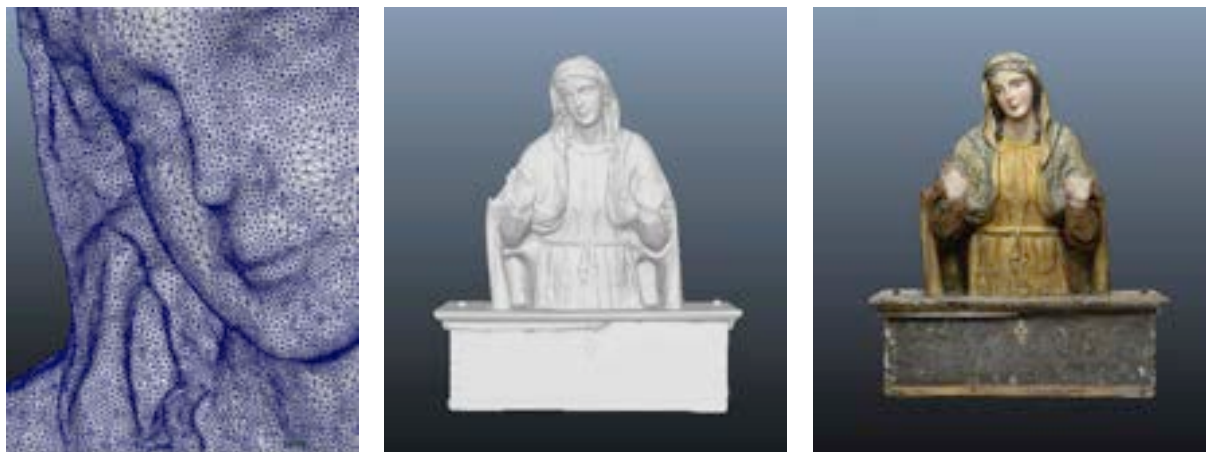


Figure 10, 11 e 12. Il modello 3D della Madonna: particolare della visione *wireframe*, visione ombreggiata e texturizzata

La riflessione sulla conformazione originaria dell'opera è stata condotta sulla base di una serie di indizi riconosciuti come tali e analizzati nella loro funzionalità, al fine di ricostruire mentalmente caratteristiche compositive, statiche, iconografiche e, sulla base delle ipotesi vagliate, definire la giusta collocazione delle parti scultoree superstiti. Nella cassa lignea, in particolare, erano ben riconoscibili elementi relativi al sistema di ancoraggio delle figure dei due calogeri, come due coppie di aperture a sezione rettangolare presenti sulla base abbinati sui rispettivi lati a due coppie di fori a sezione quadrata, riferibili ad un sistema di incastro con barre metalliche, e i segni del contatto degli elementi scultorei in aree ben definite e simmetriche che hanno permesso di condurre un ragionamento critico circa la posizione e l'ingombro delle figure, supportato da una ricerca iconografica su fonti e testimonianze artistiche e il confronto con esempi scultorei di uguale soggetto presenti in Sicilia e nell'Italia meridionale.

L'utilizzo dell'ambiente virtuale per la simulazione delle ipotesi compositive ha reso possibile una verifica in tempo reale delle deduzioni che man mano andavano configurandosi, conducendo all'esclusione di alcune e al perfezionamento di altre. La ricostruzione virtuale delle figure dei due calogeri non più esistenti, elemento chiave per la corretta e completa lettura iconografica dell'opera, è stata eseguita utilizzando un modellato coerente stilisticamente ma non troppo dettagliato, il cui obiettivo non fosse la verosimiglianza ma l'aderenza a canoni compositivi consolidati [5].

Grazie alla ricostruzione virtuale delle figure mancanti è stato possibile progettare il sistema espositivo della scultura della Madonna Odigitria tenendo conto di una spazialità restituita: la vetrina espositiva, a controllo microclimatico passivo e realizzata con materiali stabili e idonei a garantire la corretta conservazione dell'opera, permette di ricostruire, in parte e nel pieno rispetto della sua storicità, alcuni valori fondamentali tra cui, *in primis*, quello spaziale del gruppo scultoreo, suggerito anche attraverso l'ideazione di un supporto che, nella sua forma e nella sua astrazione evoca la presenza delle due figure di calogeri non più esistenti. Tale supporto espositivo, trasparente, permette di esporre il gruppo scultoreo superstite della Madonna col Bambino e della testa di monaco all'altezza che, secondo l'analisi effettuata, doveva avere in origine, ricostruendo visivamente l'ingombro totale originario dell'opera.

La teca, dunque, si configura come parte integrante del processo di conservazione dell'opera, divenendo strumento di comunicazione e valorizzazione, funzione, quest'ultima, sviluppata ulteriormente attraverso la progettazione di un sistema espositivo tecnologico basato sulla fruizione di contenuti in realtà aumentata.



Figure 13 e 14. Elaborazione 3D delle figure dei calogeri nell'ipotesi ricostruttiva definita e del supporto trasparente per la scultura

Integrazioni virtuali con pellicola olografica

Al fine di individuare gli strumenti adeguati alla costruzione di tale sistema integrato per la scultura lignea della Madonna Odigitria di Isnello, sono state testate le proprietà delle tecnologie di proiezione basate sull'uso della pellicola olografica che, a differenza di altre, permettono di accedere al contenuto virtuale senza l'uso di dispositivi personali.

Le qualità offerte dalla proiezione su pellicola olografica sembrano molto promettenti nei confronti di possibili applicazioni su teche espositive per la fruizione dei beni culturali. Essi infatti garantiscono l'aggiunta di contenuti virtuali impalpabili che si staccano dalla realtà, pur essendo immersi in essa, per astrazione materica, come immagini fatte di sola luce, apparendo eteree, adatte ad essere usate per la visualizzazione di integrazioni che rispettino il principio di riconoscibilità e non invasività.

Un test di proiezione su pellicola olografica è stato eseguito presso il Dipartimento di Fisica e Chimica dell'Università degli Studi di Palermo, finalizzato a comprenderne caratteristiche e risultati e analizzarli alla luce delle necessità conservative e di valorizzazione del bene culturale, utile a definire criteri di applicabilità nel settore museotecnico e, quindi, nel progetto di fruizione virtuale in realtà aumentata pensato per la scultura della Madonna Odigitria di Isnello.

L'obiettivo, nello specifico, era quello di valutare le caratteristiche estetiche della pellicola e della proiezione, la fattibilità tecnica, relativa alla strumentazione e all'allineamento dell'immagine olografica, e la sostenibilità economica.

Al fine di eseguire una prova realistica in scala, una sagoma rigida con l'immagine a colori della scultura della Madonna Odigitria è stata posta a 20 cm da una lastra di plexiglas trasparente dello spessore di 5 mm su cui è stata applicata la pellicola olografica. Su questa è stata proiettato il rendering bidimensionale dei modelli 3D dei due calogeri usando un proiettore con ottica ultra-corta e luminosità 4000 ANSI Lumen. La prova è stata eseguita in ambiente illuminato da luce diurna diffusa e in penombra per valutare l'interferenza dei valori di illuminazione sulla resa della proiezione.

La proiezione olografica richiede, nell'ipotesi applicativa percorsa dalla presente proposta di fruizione aumentata, un preciso punto di osservazione, preferibilmente frontale, in modo da permettere l'allineamento visivo delle immagini proiettate sulla forma reale, collocata in un piano indietreggiato rispetto a quello della pellicola: tale necessità tecnica risulta di difficile attuazione se si considera che il punto di osservazione del fruitore varia col variare dell'altezza di quest'ultimo. La non perfetta trasparenza della pellicola, inoltre, costituisce un filtro visivo di disturbo che comporta la non applicabilità sul vetro di una teca espositiva. Al contrario, la resa estetica della proiezione, definito uno specifico punto di osservazione, risulta molto gradevole, con immagini nitide e un contrasto luminoso calibrabile con l'ambiente e con l'equilibrio compositivo generale.

Le difficoltà riscontrate sono superabili con l'utilizzo di un sistema integrato in cui un pannello olografico interattivo, come una finestra sull'opera posta in prossimità della teca, permette non solo l'osservazione dei contenuti virtuali sovrapposti all'immagine reale dell'opera, ma anche l'interazione con essi, configurandosi come occasione di approfondimento sull'opera e sulla sua storia. Il pannello progettato per la fruizione virtuale della Madonna Odigitria è costituito da una lastra in vetro stratificato dello spessore di 1,5 cm, su cui è applicata la pellicola olografica interattiva, inserita in un basamento di sostegno che contiene al suo interno il proiettore, a ottica ultra corta, e l'unità di controllo per l'elaborazione dei dati.

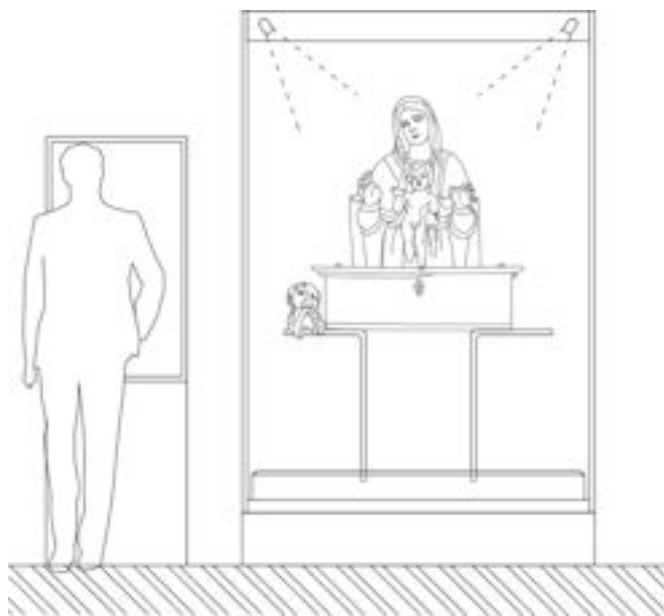


Figure 15 e 16. Test di proiezione su pellicola olografica; elaborazione grafica del sistema integrato teca - pannello olografico interattivo

Conclusioni

L'intervento di restauro della scultura lignea policroma e dorata della Madonna Odigitria di Isnello ha abbracciato numerosi campi e livelli di conoscenza. L'opera, infatti, oggi purtroppo priva di alcuni elementi scultorei importanti, è stata scandagliata nella sua storia, nella sua tecnica esecutiva, nella sua materia e nelle sue capacità comunicative.

La volontà di valorizzare le proprietà espressive dell'opera ha portato a ragionare sulla possibilità di un arricchimento del dato visivo attraverso un sistema espositivo in grado di utilizzare integrazioni virtuali quale dato aggiunto alla realtà dell'opera nell'ottica di una fruizione arricchita di contenuti multimediali atti a precisare, spiegare, far comprendere al meglio il messaggio dell'opera e il racconto che essa porta con sé.

Al fine di individuare la soluzione adeguata alla presentazione di tali contenuti virtuali in realtà aumentata, sono state valutate alcune soluzioni tecnologiche e, in particolare, sono state vagliate le proprietà della proiezione su pellicola olografica e l'utilizzo di pannelli olografici interattivi.

Se la pellicola olografica, per sua caratteristica estetica, non consente un'applicazione diretta sul vetro di una teca, caratterizzandosi come filtro, un suo uso quale "finestra" di osservazione sull'opera, estranea al sistema teca, può essere molto interessante perché permetterebbe di unire la libera osservazione dell'opera reale con un livello di conoscenza aumentato di quelle integrazioni conoscitive prima descritte, immagini immateriche di un'unità formale scomparsa, informazioni utili alla conoscenza collettiva.

I racconti interrotti dal degrado e dalla perdita formale tornerebbero, così, a riecheggiare di fronte al fruitore che potrebbe avere accesso a quell'unità di forma e pensiero attraverso cui si espleta il dialogo e la conoscenza che permettono all'opera di continuare non solo ad esistere, ma ad essere.

NOTE

[1] Francisco Pacheco del Rio, *Arte de la Pintura*, 1649

[2] I Santacolomba sono stati baroni di Isnello dalla fine del XIV secolo al XVIII secolo.

[3] «*facere in rilievo per bene et magistraviliter ut decet inmagines sanctae Mariae sub vocabulo et titulo de Itria cum illis personagis conchiusionibus et cum illis qualitatibus contentis et expressatis in contrattum fatto inter dittu de Puzi et dittum dominum Baronem in attis meis die VII marcij primae indictionis 1587*» Archivio Storico della Diocesi di Cefalù, busta 892, n. 1

[4] In una disposizione episcopale dei primi anni del Novecento il Vescovo ordina «*che nella chiesa di S. Michele [di Isnello] si distrugga, bruciandola, la statua della Madonna d'Itria e si ripari il tetto*».

[5] Essendo un'ipotesi di ricostruzione, un'eccessiva definizione di dettagli sarebbe andata ben oltre lo scopo proposto dallo studio, configurandosi come atto di invenzione artistica piuttosto che di richiamo formale.

BIBLIOGRAFIA

1. Kondakov Nikodim Pavlovič (1914), *Iconografia della Madre di Dio*, traduzione italiana a cura di Ivan Folletti, Viella, Roma, 2014, pp. 152-160
2. Termotto Rosario, *Scultori e intagliatori lignei nelle Madonie. Un contributo archivistico*, in Pugliatti, T., Rizzo, S., Russo, P., *Manufacere et scolpire in lignamine. Scultura e intaglio in legno in Sicilia tra Rinascimento e Barocco*, Maimone Editore, Catania, 2012, pp. 245-258
3. Realini Marco (a cura di) (2016), *La Scienza delle Vetrine, analisi dei rischi della conservazione*, CNR Edizioni, Roma
4. Bekele Mafkereseb Kassahun, Pierdicca Roberto, Frontoni Emanuele, Malinverni Eva Savina, Gain James, *A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage*, in *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11(2), 2018, Article 7, pp. 1-36

DIAGNOSTICA, RICERCHE E STUDI APPLICATI

LA RIMOZIONE DEI DEPOSITI SUPERFICIALI DEL GESSO MEDIANTE IDROGEL VISCOELASTICI DI ALCOL POLIVINILICO E BORACE

Augusto Giuffredi*, Andrea Del Bianco**, Michele Di Foggia***

*Docente di “Restauro dei materiali lapidei” e “Responsabile PFP1” presso l'Accademia di Belle Arti di Bologna; via Comparoni n. 3, 42027 Montecchio Emilia(RE), 336/520838, giuffredi.augusto@libero.it

**Chimico e Restauratore di Materiali Cartacei e Sintetici, Laboratorio degli Angeli S.r.l. unipersonale, Via degli Angeli 32, 40124, Bologna, Italia, Docente del corso di restauro dell'Accademia di Belle Arti di Bologna, port. +39 349 3544838, adelbianco@hotmail.com

***Chimico presso il Dipartimento di scienze biomediche e neuromotorie dell'Università di Bologna, via Belmeloro 8/2, 40126, Bologna e docente Accademia di Belle Arti di Bologna, port. +39 3779473581 michele.difoggia2@unibo.it

Abstract

All'individuazione e alla preparazione di un *idrogel di PVA-Borace* è seguita una sua applicazione su manufatti in gesso per la rimozione dei depositi superficiali. Inizialmente è stato testato su campioni di gesso invecchiati naturalmente e sporcati con polvere; il grado di pulitura ottenuto è stato confrontato con altri tests effettuati applicando un *gel di Agar al 4%* con tempi di posa variabili.

Sui campioni di gesso puliti con il gel sono state effettuate delle indagini diagnostiche basate su misure di spettroscopia IR a Trasformata di Fourier in modalità di Riflettenza Totale Attenuata (ATR/FT-IR) per verificare la presenza di eventuali residui di PVA-borace in superficie. I risultati non mostrano tracce di depositi in misura apprezzabile.

Il gel pulente, è stato utilizzato con buoni risultati, per la pulitura di un calco dell'Accademia di Belle Arti di Bologna, riprodotto un monumento funebre medievale e su due modelli originali di opere dello scultore Francesco Falcone.

Il sistema descritto si propone di aumentare le possibilità di scelta, nella delicata fase della pulitura, a disposizione dei restauratori specializzati in questo specifico settore.

Introduzione

La pulitura dei gessi storici è particolarmente delicata per diversi aspetti. Negli ultimi dieci anni si è ampliata la gamma di metodologie operative a disposizione dei restauratori consentendo di portare a termine interventi più rispettosi riguardo a quelli di un recente passato. Nel presente intervento s'illustra una possibile tecnica che per alcuni specifici casi può rivelarsi utile se non risolutiva. Lo studio si è sviluppato nell'ambito del corso quinquennale di Restauro dell'Accademia di Belle Arti di Bologna, grazie alla collaborazione tra il docente di Restauro stucchi e gessi, Professor Augusto Giuffredi, il docente di Restauro dei materiali sintetici e di chimica industriale Professor Andrea Del Bianco ed il docente di Chimica e diagnostica, Professor Michele Di Foggia.

La pulitura delle opere d'arte con gel e impacchi è aumentata enormemente negli ultimi anni grazie alla capacità che questi mostrano di limitare gli effetti deleteri del solvente libero. I vantaggi di utilizzare un gel a contatto sulla superficie stanno nel rilascio e nella diffusione lenti del solvente, nel limitare il rigonfiamento dei materiali e nell'attenuare la migrazione della parte solubilizzata all'interno del manufatto.

La caratteristica dell'impacco proposto è quella del minimo intervento su opere che hanno depositi di polveri sia incoerenti sia coerenti ma non veicolati in profondità da lavaggi o dalla permanenza in ambienti esterni. Quando si affronta una pulitura su questa tipologia di gessi, l'obiettivo dovrebbe essere quello di limitare l'azione pulente alla sola rimozione del deposito, senza arrivare a mutare l'aspetto della patina formata da trattamenti pregressi e dal naturale invecchiamento.

I gel di PVA e Borace e loro preparazione

Gli idrogel di Alcol polivinilico (PVA) e Borace ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) come agente reticolante, fanno parte di quei sistemi di pulitura a base di gel caratterizzati da un'elevata elasticità che ne consente una rimozione sicura tramite un'azione di esfoliazione che non lascia residui sull'opera.

Le catene lineari di Alcol polivinilico reagiscono con il *Tetraborato di sodio* per formare dei legami incrociati (Figura 1). Il grado di polimerizzazione medio del PVA, la concentrazione di PVA e quella di Borace, il pH e la

temperatura sono tutti parametri che influenzano la consistenza del gel. Ad esempio con l'aumentare delle concentrazioni di PVA e di Borace il gel assume una maggiore rigidità mentre la sua bagnabilità diminuisce; inoltre, il potere adesivo del PVA diminuisce con l'aumentare del numero di reticolazioni intercatena e quindi con l'aumentare della concentrazione di Borace.

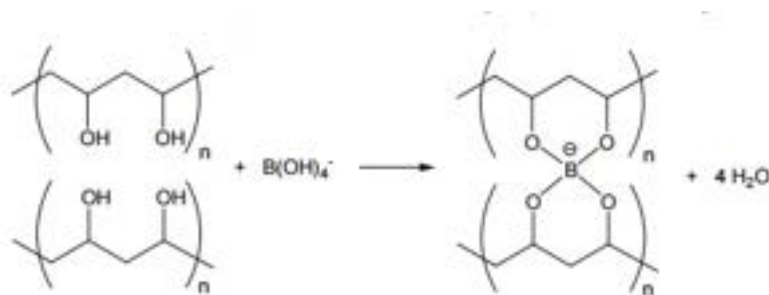


Figura 1. Formazione del complesso tra PVA e Borace.

Il gel si comporta come un fluido non newtoniano e sotto sforzo il materiale si dilata; in tempi di osservazione brevi si comporta come un materiale elastico e in tempi lunghi come un fluido viscoso. Per mezzo di una moderata sollecitazione il gel scorre e si allunga notevolmente fino a formare dei film molto sottili, mentre una trazione troppo forte e veloce ne procura la sua rottura, inoltre, i pezzi separati di gel si ricompattano mettendoli a contatto tra loro.

La *malleabilità* è sicuramente la caratteristica peculiare di questo gel; le particolari proprietà viscoelastiche lo rendono stendibile a freddo e adattabile alle asperità delle superfici con una modestissima pressione, esso ingloba rapidamente le polveri presenti sulle superfici evitando l'azione meccanica abrasiva di pennelli e gomme, al contempo la rimozione è estremamente facilitata grazie alla sua compattezza e l'azione pulente avviene per *soft peeling*.

Il gel mostra nei confronti dell'acqua un'elevata ritenzione, pertanto la sua *bagnabilità* è *ridotta*, infine, caratteristica non trascurabile, è perfettamente *trasparente* e *incolore*.

Potendo agire su più parametri per modulare la viscoelasticità del gel si trovano in bibliografia molte formulazioni differenti a seconda degli studi specifici e del loro campo di utilizzo che vanno da quello biomedico, alla chimica ambientale, alla cosmesi, al restauro e la conservazione dei beni culturali. Per quanto riguarda le applicazioni sui beni culturali, i primi studi e lo sviluppo di tali idrogel sono stati effettuati da un gruppo di ricerca dell'Università di Firenze a partire dal 2009, che lo ha applicato alla pulitura di dipinti su tela e tavola datati tra il XV e il XX secolo. In particolare, i gel si sono rivelati particolarmente utili nella rimozione di vernici invecchiate di varia natura, resinosa o proteica (nota A).

Le prime applicazioni degli idrogel di PVA-Borace nella pulitura di materiali lapidei risalgono al 2015: gel contenenti *Acetone* come cosolvente sono stati applicati su pietra calcarea per la rimozione di *Paraloid*, riportando una completa rimozione del materiale acrilico dopo soli 4 minuti di applicazione di un gel contenente il 3% di PVA, lo 0.6% di Borace e il 30% di Acetone (nota B). In un recente articolo apparso su *Heritage Science* nel 2019 (nota C), un gruppo di ricerca egiziano ha descritto l'uso di tali idrogel (addizionati con *Agar*) nella rimozione di consolidanti deteriorati (*Paraloid*) da pitture murali dell'antico Egitto. I risultati hanno mostrato non solo una buonissima capacità da parte del gel di rimuovere il *Paraloid*, senza la formazione di residui sulla superficie pittorica, ma anche un'ottima lavorabilità del gel grazie alla sua facilità nel tagliarlo e sagomarlo, la possibilità di riutilizzo dell'idrogel per eventuali applicazioni successive, la sua semplice rimozione. Gli stessi autori, infatti, hanno osservato l'assenza di residui di gel dopo la rimozione, con diverse tecniche analitiche quali la spettroscopia IR, test microchimici specifici (*test di Lugol*) e l'osservazione al microscopio ottico. Alcuni piccoli residui di gel sono stati evidenziati solo su superfici molto porose e per lunghi tempi di applicazione del gel, per cui gli autori raccomandano di effettuare test preliminari per scegliere gli opportuni tempi di contatto.

Nel presente studio si è variata la concentrazione per realizzare un gel dalla consistenza adeguata per la rimozione dei depositi superficiali del gesso.

La preparazione dei sistemi gelificati è stata condotta a partire da due soluzioni, una di PVA (nota D) e l'altra di Borace. Sono state realizzate soluzioni acquose al 6, 8 e 10% in peso sia in PVA che in Borace. Entrambe le soluzioni sono state preparate a caldo (80 °C) e poi mescolate in una proporzione di 4 (PVA) : 1 (Borace) in volu-

me. La soluzione calda di Borace è stata aggiunta lentamente alla soluzione calda di PVA e vigorosamente agitata. Con l'aumentare della concentrazione si sono prodotti gel con una consistenza sempre maggiore.

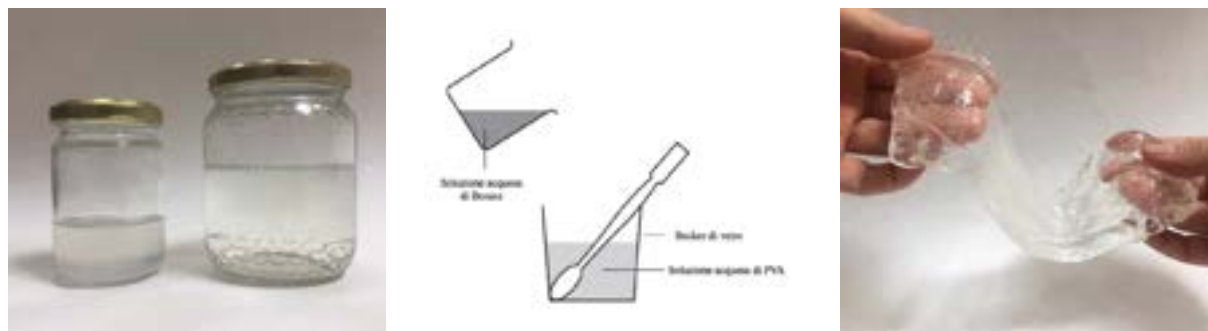


Figure 2, 3 e 4. Soluzioni di Borace e PVA; aggiunta della soluzione di Borace a quella di PVA; aspetto del gel dopo raffreddamento.

Test e indagini diagnostiche

L'idrogel così ottenuto è stato caratterizzato tramite spettroscopia IR in modalità ATR (Riflettanza Totale Attenuata) su cristallo di diamante: una tecnica non distruttiva e che non comporta preparazione del campione. In particolare si sono confrontati gli spettri IR dei materiali di partenza (PVA e Borace) con il gel ottenuto. Gli spettri sono mostrati in figura 5, da cui si può osservare che nel gel sono presenti le bande tipiche dei materiali costituenti: ad esempio le bande di vibrazione del gruppo carbonilico C=O del PVA (dovuti a residui di gruppi acetati in seguito all'idrolisi del polimero di partenza durante la sua sintesi) a 1734 e 1716 cm^{-1} o del legame B-O a 932 e 832 cm^{-1} e del legame O-H del borace a 3342 cm^{-1} . Alcune altre bande indicano invece l'avvenuta reticolazione tra i due materiali di partenza, in particolare le bande a 1416 , 1381 , 1338 , 1254 e 1105 cm^{-1} , tipiche della vibrazione del legame B-O-C, come descritto in articoli precedenti (nota E).

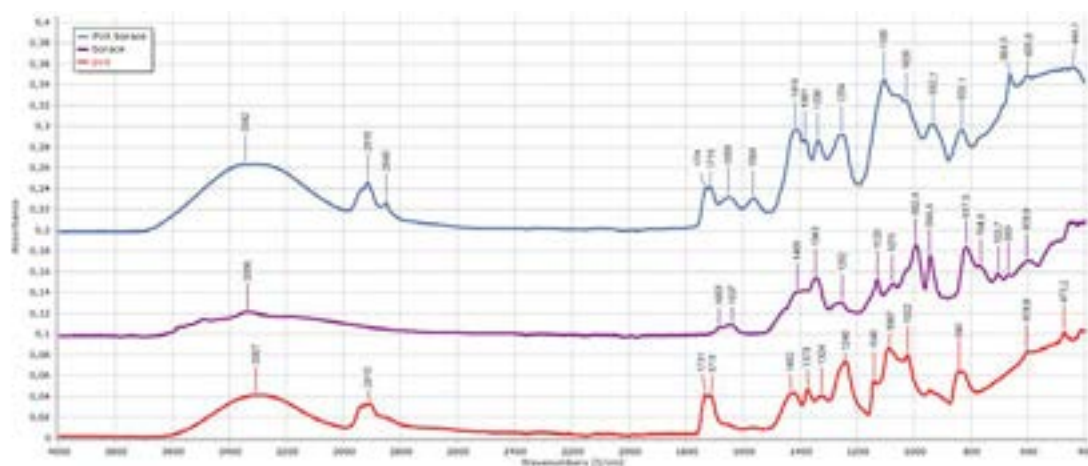


Figura 5. Spettri IR dell'idrogel a base di polivinil alcol e borace confrontato con gli spettri dei materiali di partenza.

Sulla base di precedenti studi si è testato un composto che presentasse caratteristiche utili nelle operazioni di pulitura di superfici rigide. La capacità ritentiva della pasta ottenuta è stata valutata mediante test di rimozioni delle polveri su diversi materiali.

Nell'ottica dello scambio di conoscenze presente nel corso di restauro di Bologna si è pensato di utilizzare il gel PVA-Borace su campioni di gesso vecchio ottenendo risultati apprezzabili. In mancanza di una bibliografia specifica e di notizie circa quest'uso si è deciso di fare campioni di verifica su formelle di gesso stagionato per misurare eventuali residui presenti sulla superficie dopo l'applicazione e per confrontare l'azione e il grado di puli-

tura con i gel di Agar. Su un'unica formella di 10x30 cm si sono divise tre aree: una mantenuta tal quale, una sulla quale si è applicato il gel di Agar al 4 % a caldo e lasciato agire per 10 minuti ed una sulla quale si è applicato il gel di PVA-Borace (preparato dalle soluzioni all'8%) per un periodo di tempo di 5 minuti, tempo ritenuto medio per una pulitura standard. La formella è stata analizzata tramite *spettroscopia Raman*, una tecnica spettroscopica vibrazionale non invasiva, col duplice intento di rivelare eventuali residui di Agar e di PVA-Borace e di monitorare eventuali modificazioni chimiche sulla superficie del gesso. La tecnica spettroscopica non ha rilevato la presenza di residui di gel (il limite di rilevabilità è dell'ordine dei $\mu\text{g}/\text{mm}^2$), né una variazione della posizione e della larghezza delle bande del gesso, che avrebbero potuto indicare una variazione di cristallinità della superficie del materiale stesso.

Casi studio

In base alla verifica dei dati raccolti abbiamo testato il metodo su gessi vecchi costituiti dal retro di rilievi di scarso valore, per verificare il metodo di applicazione. Poiché i tempi sufficienti a dare risultati soddisfacenti sono dell'ordine di pochi minuti si sono adottate strategie di applicazione per aree circoscritte in modo da tenere sotto controllo il gel. Come nel caso dei gel di Agar è bene fare asciugare la superficie del gesso prima di ogni nuova applicazione.

Durante l'anno accademico 2018/19 abbiamo utilizzato il metodo di pulitura su diversi gessi storici (nota F).

Nel presente contributo presentiamo tre casi che riteniamo particolarmente rappresentativi. Il primo riguarda un calco storico di ottima qualità del secolo XIX, che riproduce una *Lastra tombale medievale con figura di letterato giacente* grande al vero, il cui originale in pietra non siamo ancora riusciti ad identificare. Lo stato conservativo, eccetto un annerimento diffuso attribuibile a depositi di polvere protrattesi per anni, era buono. La pulitura quindi non doveva essere approfondita; dei test effettuati su di una zona poco visibile eseguiti con Agar al 4 % applicato a caldo e tenuto in posa per pochi minuti risultavano troppo efficaci; il Nevek, Agar destrutturato, tenuto anch'esso in posa per pochi minuti consentiva una pulitura meno approfondita. Il grado di pulitura più blando è stato quello ottenuto con l'idrogel di PVA-Borace ed il raffronto fra i tre test ha fatto propendere per la pulitura con quest'ultimo sistema. Una caratteristica del PVA-Borace riguarda i tempi ristretti di posa in opera, nel caso specifico erano sufficienti dai due ai tre minuti per ottenere un buon risultato. Si è proceduto modellando una "focaccina" di 15/20 centimetri di diametro e spessa almeno tre centimetri. Posata sulla superficie la si è schiacciata leggermente per consentirne l'adesione alla superficie del gesso eliminando bolle d'aria e zone vuote. Si è lasciata in posa per 2/4 minuti rimuovendola manualmente. Eventuali zone più scure possono essere alleggerite tamponando con palline di PVA-Borace in modo puntuale. Il rilascio d'acqua è modesto e nel giro di alcune ore,



in condizioni normali, la superficie è completamente asciutta. A pulitura ultimata non sono visibili le aree successive di applicazione del PVA-borace e il risultato è omogeneo (Figg. 5-8).

Figure 5 - 8. Lastra tombale medievale con figura di letterato giacente durante la pulitura con PVA-Borace.

Incoraggiati da questa esperienza, abbiamo valutato se adottarlo per due modelli originali di opere dello scultore Francesco Falcone (Chiavari 1892-1978) finite parzialmente sott'acqua nella disastrosa inondazione di Genova del 4 novembre 2011. Lo studio dell'artista rimasto intatto dalla sua morte, fu invaso dall'acqua per una altezza di 60 centimetri. Le opere poggiate a terra furono parzialmente sommerse e assorbito una notevole quantità d'acqua inquinata con conseguente formazione di un attacco biologico concentrato nella zona di evaporazione. Il primo è un bassorilievo che raffigura una *Deposizione*; il gesso è stato policromato dall'artista a finto bronzo. Parte della policromia è andata persa e quella rimasta era incoerente al punto che al solo contatto si staccava. Il fatto poi che una parte di questa si trovasse sotto ad uno strato di limo rendeva particolarmente complessa la pulitura. In base ad alcune prove si è constatato che si poteva ottenere un fissaggio parziale con l'applicazione di *Funori* al 2% applicato a pennello tramite carta giapponese. Prima che questo fissativo fosse asciutto, facendo aderire anche le polveri e il limo, si è posato il PVA-borace rimuovendo i depositi senza danneggiare la pellicola che risultava sufficientemente adesa. Il risultato è stato superiore alle attese consentendo di conservare i lacerti di policromia esistenti (Figg. 9 - 16).



Figure 9 - 11. Particolare delle *Deposizione* di Francesco Falcone prima del restauro; durante l'applicazione di Funori al 2%, dopo la rimozione del Funori.

Figure 12 - 14. Particolare delle *Deposizione* di Francesco Falcone durante la pulitura con PVA-Borace.



Figura 15. *Deposizione* di Francesco Falcone, durante la pulitura con PVA-Borace.

Il terzo caso riguarda un'opera raffigurante un *Giovinetto morente*, parte di un gruppo scultoreo non identificato. La figura, grande al vero, era posizionata in verticale ed è rimasta anch'essa a contatto con l'acqua nella parte bassa. Il gesso di colore ambrato recava le tracce di processi di fonderia e di uno stampo in gelatina. Per isolare il gesso fu steso grasso animale o minerale che ossidandosi è ingiallito. Nella parte bassa l'acqua ha solubilizzato parte di quanto penetrato che si è depositato in superficie assumendo una colorazione arancione. L'opera era nettamente divisa in due per colorazione con evidenti difficoltà di ottenere una pulitura omogenea. Anche in questo caso sono stati fatti test con diverse tipologie di Agar e con l'idrogel di PVA-Borace. Quest'ultimo permetteva peraltro di ottenere, mediante applicazioni successive, una gradualità di rimozione che nel caso di zone così diversamente pigmentate, risulta particolarmente utile. Nella parte non sommersa dalle acque una sola applicazione consentiva di raggiungere un buon livello di pulitura che ha fatto da riferimento al grado da raggiungere per la zona sottostante (Figg. 17-21).



Figura 17. *Giovinetto morente* di Francesco Falcone, prima del restauro.



Figure 18 - 20. *Deposizione* di Francesco Falcone, durante la pulitura con PVA-Borace.
Figura 21. *Deposizione* di Francesco Falcone, dopo la pulitura.

Conclusioni

Nella pulitura del gesso storico, il gel di PVA-Borace risulta utile in una serie di casi nei quali occorre limitare l'azione pulente. Risultati analoghi possono essere ottenuti anche con Agar destrutturato o gonfiato. Avere a disposizione un prodotto con le caratteristiche sopra descritte amplia le possibilità operative a disposizione dei restauratori in una fase particolarmente delicata qual è la pulitura. Il basso rilascio d'acqua dell'impacco, la traspa-

renza, la spiccata capacità ritentiva, e non ultima la facilità di preparazione e d'impiego, nonché la sua economicità, fanno di questo sistema un possibile utile strumento a disposizione degli operatori.

NOTE

- [1] E. Carretti, S. Grassi, M. Cossalter, I. Natali, G. Caminati, R. G. Weiss, P. Baglioni, L. Dei. Poly (vinyl alcohol)-borate hydro/cosolvent gels: viscoelastic properties, solubilizing power, and application to art conservation. *Langmuir* (2009) 25:8656-8662.
- E. Carretti, I. Natali, C. Matarrese, P. Bracco, R. G. Weiss, P. Baglioni, A. Salvini, L. Dei. A new family of high viscosity polymeric dispersions for cleaning easel paintings. *Journal of Cultural Heritage* (2010) 11:373-380.
- E. Carretti, M. Bonini, L. Dei, B. H. Berrie, L. V. Angelova, P. Baglioni, R. G. Weiss. New frontiers in materials science for art conservation: responsive gel and beyond. *Accounts of Chemical Research* (2010) 43:751-760.
- P. Baglioni, D. Berti, M. Bonini, E. Carretti, L. Dei, E. Fratini, R. Giorgi. Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage. *Advances in Colloid and Interface Sciences* (2014) 205:361-371.
- [2] C. Riedo, F. Caldera, T. Poli, O. Chiantore. Poly (vinyl alcohol)-borate hydrogels with improved features for the cleaning of cultural heritage surfaces. *Heritage Science* (2015) 3:23.
- [3] E. Al-Emam, A. G. Motawea, K. Janssens, J. Caen. Evaluation of polyvinyl alcohol-borax/agarose (PVA-B/AG) blend hydrogels for removal of deteriorated consolidants from ancient Egyptian wall paintings. *Heritage Science* (2019) 7:22.
- [4] Il PVA utilizzato della ditta Antares ha un grado di polimerizzazione (DP) di circa 650.
- [5] O. Koysuren, M. Karaman, H. Dinc. Preparation and characterization of polyvinyl borate/polyvinyl alcohol (PVB/PVA) blend nanofibers. *Journal of Applied Polymer Sciences* (2011) 124:2736-2741.
- [6] Le sperimentazioni e le operazioni di pulitura sono stati effettuati durante il corso laboratoriale di restauro stucchi e gessi prima annualità: allievi Ambrogio Vincenzo, Bambini Giulia, Bonelli Eleonora, Nicosia Maria Teresa e Pierattini Mattia, e seconda annualità: allieve Dutto Alessia, Gentile Sofia, Giusti Marika, Rosa Marica Sebastiana e Ugolini Irene.

BIBLIOGRAFIA

1. Al-Emam E, Motawea A G, Janssens K, Caenj, Evaluation of polyvinyl alcohol-borax/agarose (PVA-B/AG) blend hydrogels for removal of deteriorated consolidants from ancient Egyptian wall paintings, *Heritage Science* (2019) 7:22.
2. Angelova L. V., Berrie B. H., de Ghetaldi K., Kerr A., Weiss R. G., Partially hydrolyzed poly(vinyl acetate)-borax-based gel-like materials for conservation of art: Characterization and applications, *Studies in Conservation*, 2013.
3. Baglioni P, Berti D, Bonini M, Carretti E, Dei L, Fratini E, Giorgi R, Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage, *Advances in Colloid and Interface Science* 205 (2014) 361–371
4. Carretti E, Grassi S, Cossalter M, Natali I, Caminati G, Weiss R G, Baglioni P, Dei L, *Poly(vinyl alcohol) borate hydro/cosolvent gels: viscoelastic properties, solubilizing power, and application to art conservation*, *Langmuir* 25:8656–8662, 2009.
5. Carretti E, Bonini M, Dei L, Berrie B H, Angelova L V, Baglioni P, Weiss R G, *New Frontiers in Materials Science for Art Conservation: Responsive Gels and Beyond*, *Accounts of Chemical Research*, Vol. 43, No. 6
6. Carretti E, Natalia I, Matarrese C, Bracco P, Weiss R G, Baglioni P, Salvini A, Dei L, *A new family of high viscosity polymeric dispersion for cleaning easel paintings*, *Journal of Cultural Heritage* 11, 373–380, 2010.
7. Carretti E, Baglioni P, Dei L, *Chimica e nanotech – il restauro sostenibile*, Green - La Chimica per l'Ambiente, INCA anno VI, n°24, settembre 2011
8. June, 2010, pp 751-760.
9. Inoue T, Osaki K, *Rheological properties of poly(vinyl alcohol)/sodium borate aqueous solutions*, *Rheological Acta*, Volume 32, November 1993.
10. Riedo C, Caldera F, Poli T, Chiantore O, *Poly(vinylalcohol)-borate hydrogels with improved features for the cleaning of cultural heritage surfaces*, *Heritage Science*, 2015
11. Robb I D; Smeulders J B A. F. *The rheological properties of weak gels of poly(vinyl alcohol) and sodium borate*, *Polymer* 1997, 38, 2165–2169.

AVORIO ARCHEOLOGICO: STUDIO PER IL CONSOLIDAMENTO CHIMICO E MECCANICO DI UNA PISSIDE DEI MUSEI VATICANI, MEDIANTE L'USO DEL DIAMMONIO FOSFATO

M. Sannibale *, **U. Santamaria ****, **Flavia Callori di Vignale*****, **F. Morresi******, **F. Cibir*******, **S. Bani*******, **F. Francescangeli*******, **C. M. Omodei Zorini*******, **F. Fratini*******

*Curatore del Museo Gregoriano Etrusco Musei Vaticani, maurizio.sannibale@scv.va

** Responsabile del Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, ulderico.santamaria@scv.va

*** Responsabile del Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, flavia.callori@scv.va

**** Assistente di Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, fabio.morresi@scv.va

***** Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, francesca.cibir@scv.va

***** Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, stefania.bani@scv.va

***** Restauratrice del Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, fabiana.fancescangeli@scv.va

***** Restauratrice del Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, chiara.omodeizorini@gmail.com

***** Biologo marino, collaboratore esterno del Laboratorio di Diagnostica dei Musei Vaticani, fiopofratini.f@libero.it

Abstract

Nel 1836 viene riportata alla luce una piccola pisside in avorio (N.INV: 20443), parte del corredo funerario della celebre tomba “principesca” scoperta, dall'arciprete Regolini e dal generale Galassi, ancora inviolata, presso la necropoli del Sorbo di Cerveteri (VT), entro un tumulo risalente al VII sec. a.C.

Le estese integrazioni strutturali, gli incollaggi ed un “cerchiaggio interno” con lamine metalliche, chiaramente visibili nel 2018, narrano di uno stato di conservazione estremamente compromesso già al momento del recupero dell'opera, suggerendo la presenza di profonde lacune e distacchi di estese porzioni della pisside. I polimeri di sintesi rinvenuti sulla superficie testimoniano inoltre la presenza di gravi forme di decoesione ed esfoliazione dell'avorio, non documentate fotograficamente o per iscritto ma evidentemente ancora presenti anche nel secolo successivo al rinvenimento.

Al momento dell'intervento nel 2018 sulla materia e sulla superficie dell'opera si leggono impresse forti tracce dei trascorsi storici del manufatto e appaiono ancora vive e irrisolte le esigenze conservative di allora.

La decoesione ed esfoliazione della zanna di avorio rendono la pisside estremamente fragile, ostacolando anche la sola manipolazione, mentre la sovrapposizione in superficie di consolidanti misti a concrezioni terrose, la presenza di ritocchi cromatici, di stuccature e la diffusione di spore funginee altera completamente la fruizione del reperto.

Consapevoli della non adeguatezza dei polimeri di sintesi e forti del continuo avanzamento della ricerca, il Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche ha in un primo tempo esaminato la bibliografia inerente il consolidamento dell'avorio e ossa archeologici, successivamente, dal confronto con i *Gabinetti di Ricerche Scientifiche applicate ai Beni Culturali* dei Musei Vaticani è nato un progetto di sperimentazione che ha avuto per oggetto l'impiego della nanoidrossiapatite e della soluzione di diammoniofosfato e ossalato d'ammonio.

Descrizione iconografica e stato di conservazione



Il restauro ha per oggetto una piccola pisside in avorio, con decorazione a rilievo, raffigurante in successione tre soggetti: il “Signore degli animali” (un personaggio maschile stante tra due leoni rampanti), un carro guidato da auriga (molto lacunoso), una sfinx gradiente con il capo sormontato da una palmetta fenicia. Il reperto fa parte del corredo della Tomba Regolini-Galassi, il cui nucleo principale si data al secondo quarto del VII sec. a.C. Esso rientra tra gli oggetti di particolare pregio della tomba, dal tipico repertorio orientalizzante, importato (tra le ipotesi quella di una produzione cipriota) o realizzato in Etruria da un artigiano immigrato di origine levantina. La pisside, ricavata da una zanna di elefante,

Figura 1. tumuli della necropoli del Sorbo, secondo Canina: al centro la Tomba Regolini- Galassi (da: L. Canina, L’antica Etruria marittima Roma 1846);

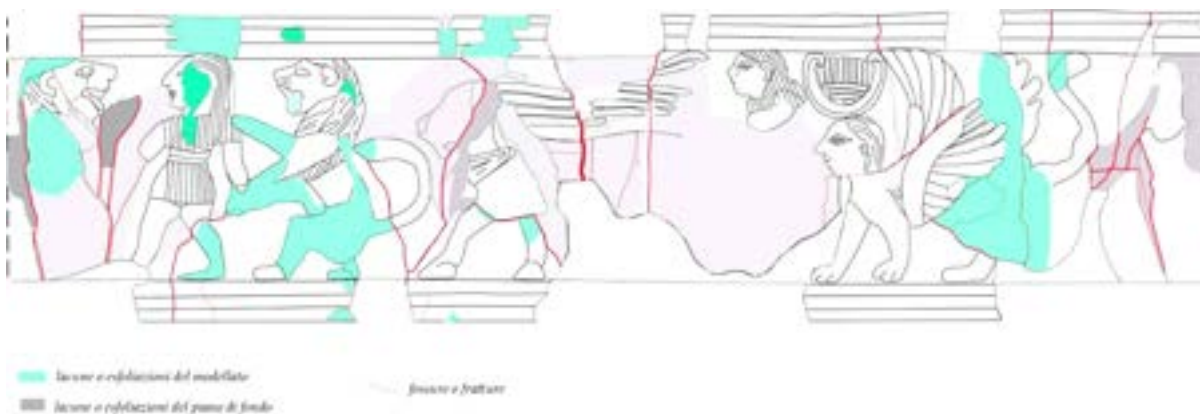


Figura 2. Le perdite del modellato sono rappresentate in base grafica con il colore azzurro, mentre l’esfoliazione del piano di fondo è evidenziata da una tonalità grigia

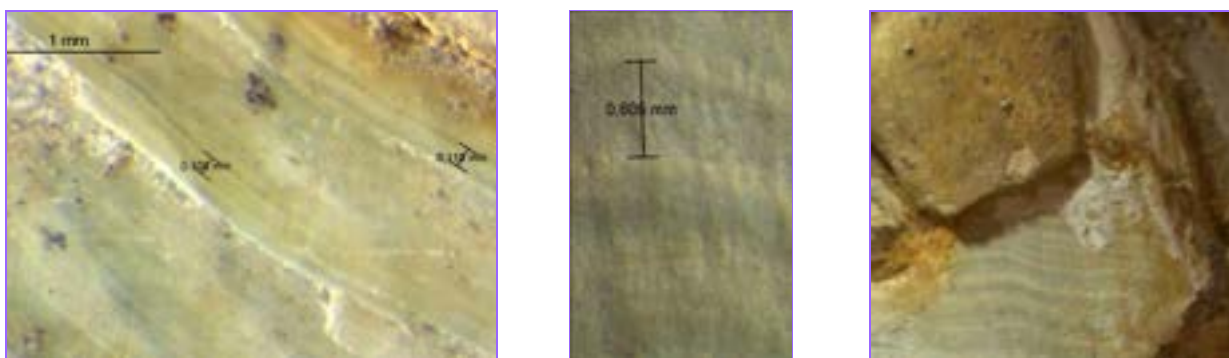


Figura 3-4-5. Particolare della sezione della zanna con anelli di accrescimento; prospetto laterale, dettaglio del piano di esfoliazione di un leone con tracce di polimero bianco e visibilità della diversa cromia dei piani di accrescimento.



Figura 6-7-8. Prospetto laterale, dettagli delle incisioni a bulino lungo il profilo della zampa di leone- a sinistra- e della palmetta –a destra.

presenta una forma aperta, pressoché cilindrica, priva di alcuna qualificazione cromatica originaria [1]. Sulla sezione della zanna (fig.3-4-5) si distingue agevolmente il reticolo delle linee di Shreger, tipiche degli elefantidi, fattore identificativo che ne consente l’attribuzione a questa specie animale, escludendone allo stesso tempo la pertinenza ai mammut o a altre specie di mammiferi (ad es. cetacei) [2].

Il motivo iconografico rappresentato sul manufatto viene realizzato ad intaglio, con figure in rilievo rispetto al piano levigato del fondo. Della tecnica esecutiva sopravvivono ancora straordinariamente minute tracce, al di sotto dei depositi terrosi: il solco a “V” lasciato dal bulino per modellare la palmetta fenicia (al di sopra della sfinge, ampiezza pari a mm: 0,7 fig.8), l’andamento discontinuo del taglio all’estremità delle foglie (fig.7), l’incisione lungo il profilo di una zampa, la quale porta in evidenza il modellato plastico del leone (fig.6).

Sono le condizioni conservative dell’avorio, estremamente compromesse, a motivare l’attuale intervento di restauro, promosso e diretto dal Dott. M. Sannibale, curatore del Museo Gregoriano Etrusco dei Musei Vaticani. In

particolare il distacco di una porzione anatomica del “Signore degli Animali” (fig. 13-14-17-18), avvenuto nel corso del 2017, evidenzia una condizione conservativa da non trascurare.

Il manufatto, un tempo in frammenti e interessato da estese lacune del corpo e del modellato, appare oggi ricomposto e completato da integrazioni di tipo strutturale, attribuibili a un precedente intervento di restauro, non documentato. L'esame visivo delle sezioni denota la presenza di profonde fratture lungo “gli anelli” di accrescimento della zanna (sino ad ampiezze pari a 1mm, fig.15-19), le quali inducono in superficie fenomeni di esfoliazione, perdite del piano di fondo e del modellato (fig. 10, la testa del leone di sinistra si distanzia dal piano sottostante di 0,4 mm).



Figura 9. Prospetti laterali della pisside prima dell'intervento conservativo del 2018.

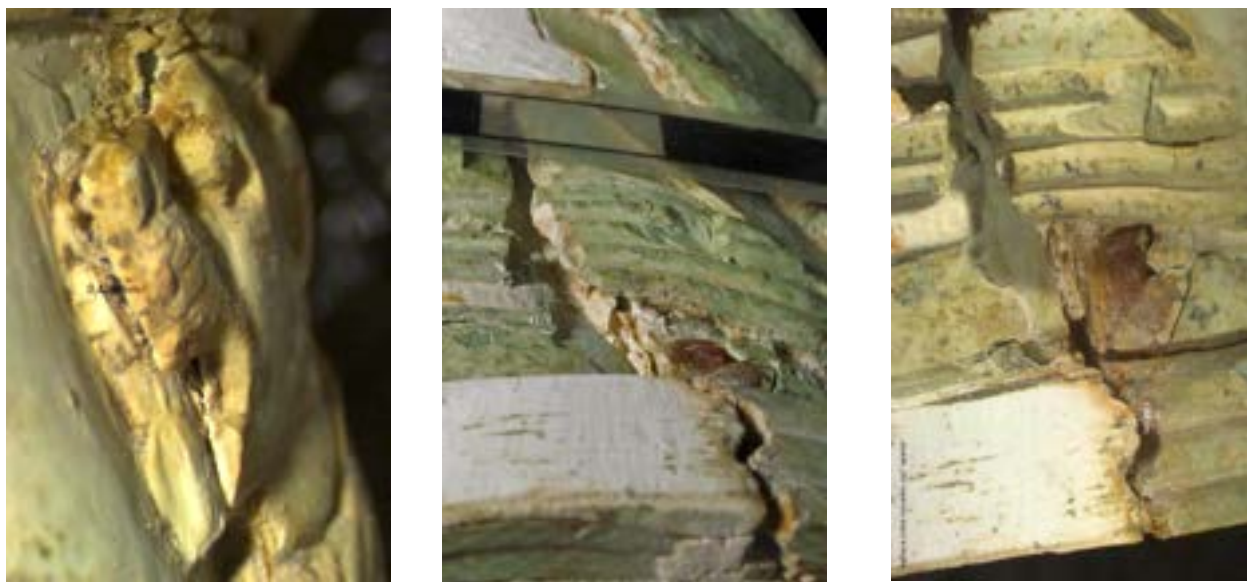


Figura 10-11-12. Misurazione delle fessure che interessano i piani di sfaldamento dell'avorio: mm 0,42 sul leone di destra, mm1 lungo il corpo del manufatto.

Allo stesso tempo la deformazione plastica dell'avorio determina il distanziamento dei piani di frattura (fig.11-12), al punto da impedirne una corretta adesione e richiederne il “cerchiaggio interno” (in lega di rame) in fase di ricomposizione, durante il corso di un precedente intervento (fig.15). Si osservano tuttavia micro fessure esistenti lungo i margini delle integrazioni strutturali, le quali documentano un processo di variazioni volumetriche che interessa anche successivamente il reperto.

Per quanto riguarda l'esame dei piani la superficie originale del manufatto risulta pressoché assente, corrosa e/o celata al di sotto di concrezioni terrose, coese e ben adese all'avorio (fig.13-17-29); si tratta di un fenomeno estremamente diffuso, al punto da non poter definire l'estensione delle perdite.

Alla disomogeneità dei piani si affianca in fine anche quella delle cromie, verdi ed ocre, dovute alla diffusione di sali di rame (per contiguità di reperti in lega, in fase di giacitura) e di ife funginee globulari, il cui accrescimento nelle fessure e nei sottosquadri deve aver contribuito al sollevamento e al distacco di porzioni di superficie (fig.20-21) [3].

Da un quadro conservativo tanto complesso e compromesso riconosciamo nella conservazione materica dell'opera la priorità di intervento da perseguire, la condizione indispensabile per garantire la manipolazione del reperto in sicurezza e lo svolgimento delle consuete procedure di intervento.

Per arrestare il processo di decoesione e microfratturazione in atto nel corso del 2018 è stato avviato un progetto di sperimentazione di due diversi consolidanti inorganici, chimicamente più compatibili con l'avorio dei tradizionali polimeri organici di sintesi e fisicamente più adeguati a rispettare la naturale porosità del materiale.



Figura 13-14-15. Distacco parziale della figura del Master of lions e sezione della pisside, con stuccature strutturali (gesso bianco) e cerchiaggio interno (in lamina di rame)



Figura 16. base grafica dei precedenti restauri: integrazioni strutturali (color ciclamino), incollaggi con polimeri di sintesi (arancione), veli bianchi opachi (verde), stuccature bianco-opache con pigmentazione di superficie (giallo)



Figura 17-18-19. Ife funginee entro fessure e sottosquadri; sezione della pisside interessata da fessurazioni lungo i piani di accrescimento.

Il Consolidamento e la stuccatura

Sulla base delle informazioni acquisite in bibliografia sono state condotte prove preliminari con nanoidrossiapatite di impiego odontoiatrico (Desensitizer®) su diversi campioni di polvere di osso animale, bovino, di datazione

odierna, invecchiato mediante esposizione ad agenti atmosferici per un paio di mesi. Non avendo raggiunto esiti soddisfacenti [4] è stato in seguito selezionato il D.A.P. (di-ammonio idrogeno fosfato) in soluzione al 5% con ossalato di ammonio (a sua volta al 4% p/v in acqua).

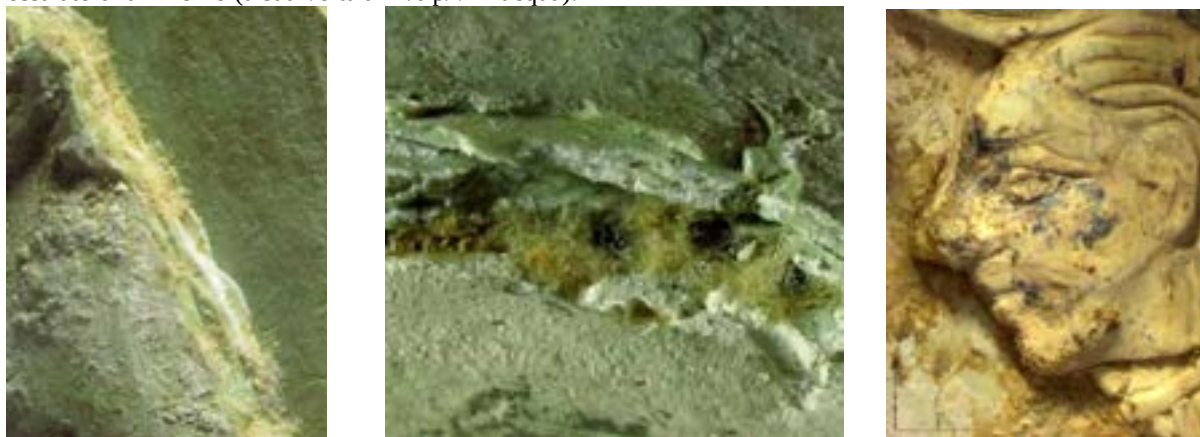


Figura 20-21-22. Tracce di adesivo bianco opaco al di sotto del cavallo (a sinistra), ifee funginee entro le fratture, corrosione del volto della sfinge (a destra).



Figura 23-24. riprese cromatiche identificate lungo piani di esfoliazione e al di sotto delle integrazioni strutturali, dunque imputabili a precedenti restauri. A destra “stuccature di raccordo” di dislivelli, come nel caso della sfinge, le quali celano parte del modellato ancora integro.

Sulla base di quanto appurato, e forti delle esperienze condivise in bibliografia da altri laboratori, sono stati sacrificati a tale scopo alcuni campioni di ossa archeologiche sporadiche (gentilmente fornite dallo scavo di S Rosa della Città del Vaticano) in sostituzione dei frammenti di un osso animale odierno, in quanto maggiormente affini da un punto di vista chimico-fisico con il materiale costitutivo della pisside (es. durezza) [5].

Sperimentazione del consolidante, efficacia e invecchiamento

A cura del Laboratorio di Ricerche Scientifiche dei Musei Vaticani è stata condotta una sperimentazione. Il materiale utilizzato per i test è la polvere d'ossa archeologica proveniente dalla necropoli di S.Rosa (Fig. x), che risulta paragonabile all'avorio archeologico per caratteristiche chimico-fisiche. Si è proceduto inserendo il materiale polverulento all'interno di stampi in silicone circolare (Silikomart da 5ml) DI Ø: 20 mm. La polvere all'interno degli stampi in silicone è stata leggermente pressata con un peso circolare da 17 g, successivamente la polvere è stata trattata con i prodotti consolidanti mediante una siringa per far diffondere la soluzione dal basso verso l'alto per evitare l'effetto “crosta superficiale” verificatosi negli esperimenti preliminari. I prodotti impiegati per i trattamenti sono stati: DAP (Diammonio fosfato Sigma Aldrich 98% CAS 7783-28-0) e AOX (Ossalato di ammonio MK 1192. A580392) 2,5 ml [DAP 5% + AOX 4%] (p/v in H₂O). Il consolidamento ha permesso la riaggregazione della polvere grazie alla formazione di cristalli di idrossiapatite che hanno ricostruito la continuità tra le particelle di polvere d'ossa. La resistenza meccanica è stata valutata mediante misure a

compressione con Dinamometro Zwick-Roell Z010 ($v_{\text{carico}} = 0,5 \text{ mm/m}$) e i valori di medi di resistenza sono risultati pari a $F_{\text{max}} = 4 \text{ N/mm}^2$ con $E_{\text{Mod}} = 0,01 \text{ KN/mm}^2$ e $\varepsilon - F_{\text{max}} = 9 \%$.

Grazie ai buoni risultati raggiunti è stato quindi possibile procedere alla stesura del prodotto direttamente sul manufatto, a pennello, mediante “imbibizione”, per tre cicli, a distanza di 7 gg ciascuno.

L'applicazione del consolidante, nel corso delle tre settimane, non conferisce tuttavia al materiale il grado di consolidamento atteso, tale da permetterne la manipolazione della pisside senza che si verifichino distacchi di minuti frammenti di superficie. E' stato deciso quindi di procedere ad un ulteriore intervento, di tipo meccanico, mediante microstuccatura delle fessure e dei sollevamenti del piano, riducendo in tal modo le sollecitazioni fisiche portate sull'avorio durante le manipolazioni.

I *Gabinetti di Ricerche Scientifiche applicate ai Beni Culturali* hanno suggerito a tale scopo l'impiego di un inerte a base di polvere di cellulosa, di dimensioni microscopiche ed altamente depurata (destinata ad uso farmaceutico), il prodotto Solka-Floc®, già individuato dal *Laboratorio di Restauro Carta* dei Musei Vaticani al termine di accurate ricerche. Questo inerte presenta una durezza inferiore a quella dei più comuni prodotti minerali e risulta così più adeguato ad assecondare gli eventuali movimenti dell'avorio archeologico.

Quale legante viene prescelto il Klucell G®, per stabilità a invecchiamento e inerzia chimica nei confronti del materiale costitutivo. Al fine di accertare la reale bontà del prodotto sono stati eseguiti diversi provini da sottoporre ad invecchiamento in camera climatica.



I campioni sono stati preparati in numero di tre per ogni tipologia selezionata, onde accertare la ripetitività del fenomeno. Per quanto riguarda la scelta degli inerti, al Solka-Floc® è stata affiancata anche la polpa di carta setacciata (previo lavaggio ed essiccazione, da miscelare in diversa proporzione, da 1 a 2 parti per volume di legante) e allo stesso tempo sono state sperimentate diverse concentrazioni di legante (Klucel G® dall'1,5 al 3% p/p). Mossi dal desiderio di individuare un impasto adeguato alle condizioni conservative della pisside, nel corso della



sperimentazione lo stucco è stato applicato sia su superfici di vetro che su un supporto maggiormente poroso, grazie alla collaborazione il *Laboratorio Dipinti dei Musei Vaticani* (nella persona del collega decoratore, Marco Innocenzi) [7]

Dopo il test in camera climatica i campioni risultano inalterati e esenti da deformazioni plastiche che avrebbero potuto pregiudicarne l'applicazione sul reperto. Si procede di conseguenza con l'applicazione dello stucco con Klucel G® (al 2% p/p in alcol etilico puro) e Solka-floc® 1/1 v/v.

Figura 27-28-29-30. prospetto laterale, dettaglio del volto della sfinge, stuccatura che ne ottunde i profili e nasconde parte della capigliatura e del collo, prima e dopo l'intervento di pulitura; dettaglio del leone di destra prima e dopo la pulitura laser mirante a rimuovere i depositi terrosi concrezionati [6]

Conclusioni

Al termine delle operazioni il manufatto recupera un grado di coesione pienamente soddisfacente, permettendo operazioni meccaniche inizialmente escluse dalle precarie condizioni conservative. E' stato così possibile

rispondere ai desideri della Direzione Lavori e riproporre la modellazione plastica delle integrazioni strutturali (inizialmente planari) onde valorizzare la leggibilità delle porzioni originali del modellato miniaturistico.



Figura 35 - 40. Due prospetti laterali della pisside prima e dopo l'intervento di restauro [8].

NOTE

- [1] Michele Lafisco, *Interaction between biomimetic inorganic materials and biomolecules: towards nanotechnological application*, Dottorato di ricerca in Scienze Chimiche, Bologna 2009, pp.4-6.
- *L'ivoire*, Lévy Juliette, 1983 Paris: Institut Français de Restauration des Oeuvres d'Art, 1983 ; 175 p. : ill. ; 30 cm. , Mémoire de fin d'études, Institut Français de Restauration des Oeuvres d'Art, Paris, France
- [2] Dai prelievi condotti dal GRS sulle sfere ocra scure è stato possibile identificare il micelio aereo dalla struttura tipica polverosa del genere micotico *Aspergillus* spp. Dall'esame a terreno culturale la contaminazione risulta inattiva, come conferma anche l'assenza di alcuna struttura morfologica integra. L'indagine è stata condotta dalla Dott.ssa Stefania Bani. Il trattamento cautelativo di disinfezione è stato condotto per esposizione a vapori di oli essenziali (4 ml della seguente miscela: *L. angustifolia* 2%, *C. capitatus* 0.4%, *C. zeylanicum* 0.25%, Tween 20 0.3%)

- [3] Ablazione meccanica del laser per concrezioni bruno-scuri. E' stato adottato nello specifico un nuovo prototipo particolarmente versatile, il quale lavora sulla lunghezza d'onda di 1064 μm . Con l'ausilio dell'acqua e aumentando e alternando la fluenza (dalla modalità LQS, 50mJ, 5Hz di frequenza alla modalità SVFR, 1200mJ, 10Hz di frequenza), attraverso ripetuti passaggi (nel numero di 5-6) è stato possibile ottenere risultati soddisfacenti e altrimenti non perseguibili, vista la fragilità del materiale costitutivo.
- [4] La polvere di ossa è stata posta entro porta campioni trasparenti, sottoposti a pressione omogenea (fig.) e imbibiti con differenti quantità di nanoidrossiapatite (fig., Desensitizer 6 gocce talquale, 6 gocce diluite al 50% in etanolo, 8 gocce diluite in proporzione 1/3 v/v in etanolo, 10 gocce diluite in proporzione ¼ v/v in etanolo). Al termine del consolidamento tuttavia il trattamento presenta esito completamente negativo, in quanto non si accerta alcuna variazione nella porosità e coesione del campione di osso.
- [5] I denti di animali si compongono di diverse strutture: lo smalto, la dentina, la polpa ed il cemento. La polpa costituisce il volume interno del dente ed è interessata da terminazioni nervose, vasi sanguigni, fibroblasti e linfociti; lo smalto costituisce la porzione superiore del dente, la più resistente, densamente mineralizzata ed in quanto tale maggiormente suscettibile e fratture rispetto alla sottostante dentina. Quest'ultima presenta una composizione più simile a quella dell'osso (con una percentuale di parte organica pari al 20-25% rispetto allo smalto che ne possiede circa l'1,5%). Il cemento in fine è lo strato minerale che riveste la radice del dente, comprendo lo smalto e la dentina, e favorendone l'ancoraggio all'osso.
- [6] Ablazione meccanica del laser per concrezioni bruno-scuri. E' stato adottato nello specifico un nuovo prototipo particolarmente versatile, il quale lavora sulla lunghezza d'onda di 1064 μm . Con l'ausilio dell'acqua e aumentando e alternando la fluenza (dalla modalità LQS, 50mJ, 5Hz di frequenza alla modalità SVFR, 1200mJ, 10Hz di frequenza), attraverso ripetuti passaggi (nel numero di 5-6) è stato possibile ottenere risultati soddisfacenti e altrimenti non perseguibili, vista la fragilità del materiale costitutivo.
- [7] Un piano levigato di bosso dei solchi di larghezza e profondità comparabili con le fessure della pisside, onde valutare eventuali forme di ritiro dovute all'assorbimento e desorbimento del materiale, in presenza di variazioni termogravimetriche.
- [8] Le immagini documentano con mirabile leggibilità l'aspetto della pisside al termine del restauro, grazie alla partecipe sensibilità del fotografo Luigi Giordano, membro interno del *Laboratorio Fotografico* dei Musei Vaticani.

BIBLIOGRAFIA

1. Bisulca Christina, Kronthal Elkin Lisa, Davidson Amy, "Consolidation of fragile fossil bone from Ukhaa Tolgod, Mongolia (latecretaceous) with conservare OH100", in: "Journal of the American Institute for Conservation", Vol. 48, No. 1 (Spring 2009), pp.37-50
2. Norman C. Blumenthal and Aaron S. Posner, "Hydroxyapatite: Mechanism of Formation and Properties", 1973
3. Giorgi Rodorico, Baglioni Michele, Berti Debora, Baglioni Pietro, "New Methodologies for the Conservation of Cultural Heritage: Micellar Solutions, Microemulsions, and Hydroxide Nanoparticles", in: "Accounts of chemical research", vol.43, N. 6, giugno 2010
4. Large Dournia, Muller Katharina, Reiche Ina, "Approche analytique pour l'étude des ivoires archéologiques. Les défenses d'éléphant du site de Jinsha (1200-650 BC, Sichuan, Chine)", in: «Archeosciences, Revue de Archéométrie», N.35, 2011; Édition électronique URL : <http://archeosciences.revues.org/3103>
5. Fontan Elisabeth, Reiche Ina, « Les ivoires d'Arslan Tash (Syrie) d'après une étude de la collection du Musée du Louvre : mise en oeuvre du matériau, traces de polychromie et de dorure, état de conservation », N.35, 2011; Édition électronique URL: <http://archeosciences.revues.org/3210>
6. Chaumat Gilles, Muller Katharina, Reiche Ina, « Preliminary Experiments on Model Artificially Altered Samples to Consolidate Degraded and Wet Archaeological Bone with Azelaic Acid », N.35, 2011; Édition électronique URL: <http://archeosciences.revues.org/3219>
7. Mann Mary Jacque, Espinoza Edgard O., "Guide d'identification de l'ivoire et des substituts", 1999
8. North Alexis, Balonis Magdalena & Kakoulli Ioanna, "Biomimetic hydroxyapatite as a new consolidating agent for archaeological bone" Published online: 25 Mar 2016; DOI: 10.1179/2047058415Y.0000000020; To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1179/2047058415Y.0000000020>
9. Rodica-Mariana ION1, Daniela TURCANU-CARUTIU, Radu-Claudiu FIERASCU, Irina FIERASCU, "Chalk stone restoration with hydroxyapatite-based nanoparticles", in: "The Scientific Bulletin of VALAHIA University – MATERIALS and MECHANICS – Nr. 9 (year 12) 2014
10. M. Matteini; C. Colombo; G. Botticelli; M. Casati; C. Conti, R. Negrotti; E. Possenti; M. Realini, "Ammonium phosphates to consolidate carbonatic stone material: an inorganic-mineral treatment greatly promising", in: "Built Heritage 2013 Monitoring Conservation Management"
11. Alexis North, Magdalena Balonis & Ioanna Kakoulli, "Biomimetic hydroxyapatite as a new consolidating

agent for archaeological bone, in *Studies in Conservation* 2016 ,To link to this article:
<http://dx.doi.org/10.1179/2047058415Y.0000000020>

12. Enrico Sassoni, *Hydroxyapatite and Other Calcium Phosphates for the Conservation of Cultural Heritage: A Review*, in *Materials*, 4 April 2018
13. Enrico Sassoni, Sonia Naidub, George W. Scherer, *The use of hydroxyapatite as a new inorganic consolidant for damaged carbonate stones*, 2011 Elsevier Masson
14. North, Alexis, Kakoulli, Ioanna, *Biomimetic hydroxyapatite as a new consolidating agent for archaeological bone*, UCLA Electronic Theses and Dissertations 2014
<https://escholarship.org/uc/item/6tq8k3zh>

LA FACCIATA DELLA BASILICA DI SANTA PUDENZIANA: SPERIMENTAZIONE DI CONSOLIDANTI E PROTETTIVI NANOSTRUTTURATI SU MATERIALI LAPIDEI NATURALI ED ARTIFICIALI NELL’AMBITO DEL PROGETTO EUROPEO NANOCATHEDRAL

Michela Bassi*, Laura Mangiapelo **, Michela Botticelli*, Lucia Conti****, Luciana Festa*****, Carla Giovannone*****, Giancarlo Sidoti*******

*Restauratrice libero professionista, 3803627921, michelabassi7@gmail.com

** Restauratrice libero professionista, 3335387055, lauramgpl@gmail.com

*** Assegnista di ricerca, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Dipartimento di Scienze della Terra, Piazzale Aldo Moro, 5, 00185, Roma, 0649914926, michela.botticelli@uniroma1.it

****Funzionario Geologo, Laboratorio di Prove sui Materiali ISCR, Via di San Michele, 00153, Roma, 06/67236355, lucia.conti@beniculturali.it

*****Funzionario diagnosta, ISCR, Via di San Michele, 00153, Roma, 0667236318, luciana.festa@beniculturali.it

***** Funzionario Restauratore, ISCR, Via di San Michele, 00153, Roma, 0667236333, carla.giovannone@beniculturali.it

***** Chimico, Laboratorio di Prove sui Materiali ISCR, Via di San Michele, 00153, Roma, 0667236616, giancarlo.sidoti@beniculturali.it

Abstract

La facciata della basilica paleocristiana di Santa Pudenziana è stato un interessante caso di studio ai fini di un ampliamento del progetto Europeo Nano-Cathedral, conclusosi nel 2018, che aveva come obiettivo lo studio e lo sviluppo di nuove metodologie di consolidamento e protezione dei materiali lapidei naturali attraverso l’impiego di prodotti innovativi nanostrutturati, la cui efficacia è stata sperimentata sia in laboratorio che *in situ* su sei cattedrali europee. Nel corso di un cantiere pilota sulle superfici decorate della facciata, alcuni dei prodotti risultati migliori sono stati testati sulla pietra serena e sui materiali lapidei artificiali, intonaci decorati, dipinti murali e stucchi, che non erano stati inclusi nel progetto europeo. La sperimentazione, in situ e in laboratorio, di consolidanti a base di silicato d’etile e nanoparticelle di biossido di titanio e di protettivi costituiti da silani e nanoparticelle di biossido di titanio, ha previsto anche il confronto con alcuni prodotti tradizionalmente utilizzati per il consolidamento e la protezione. L’efficacia dei prodotti è stata valutata singolarmente e nelle diverse combinazioni consolidante/protettivo. Sia le aree campione *in situ* che i provini, successivamente esposti all’invecchiamento naturale, sono stati oggetto di controllo dei trattamenti nel tempo, eseguiti con le stesse metodologie utilizzate dal progetto europeo, affinché fosse possibile il confronto dei risultati ottenuti. Sono stati effettuati il controllo colorimetrico delle superfici, la valutazione delle caratteristiche di coesione superficiale attraverso il *Peeling test*, la misura dell’assorbimento d’acqua a bassa pressione tramite *sponge test* ed il tubo di Karsten e la variazione dell’idropellenza delle superfici, attraverso la misura dell’angolo di contatto. I dati raccolti nel corso della sperimentazione si estendono in un arco temporale di circa sei mesi e mostrano, in linea con i risultati ottenuti nell’ambito di Nano-Cathedral, l’effettiva competitività dei nuovi prodotti con quelli tradizionali. Proprio uno dei prodotti nanostrutturati sviluppati dal progetto europeo è stato infatti selezionato per la protezione delle aree oggetto del cantiere pilota.

Introduzione

La basilica paleocristiana di Santa Pudenziana, risalente al IV secolo d.C. è una delle chiese più antiche di Roma. La facciata (Fig.1) ha subito nei secoli molte modifiche, la *facies* attuale è opera del restauro voluto dal cardinale Bonaparte nel 1870, eseguito sotto la direzione dell’architetto Antonio Manno; delle fasi più antiche rimangono gli elementi del portale: il fregio medievale e le colonne romane, riallestiti in forma di protiro alla fine del ‘500 [1]. Tra gli interventi più recenti si colloca il restauro degli anni ‘60 del secolo scorso, che ha completamente occultato con ridipinture lo stile decorativo eclettico tardo ottocentesco, impedendone la riconoscibilità.

Lo stato conservativo della facciata si presenta molto compromesso a causa della presenza di diversi fattori di degrado: l’elevata umidità del microclima con cui le superfici interagiscono, la presenza di infiltrazioni dalle coperture, fenomeni di risalita capillare dell’acqua, presenza di sali e solfatazione delle superfici. La pietra serena, che costituisce le fasce del basamento, è fortemente disgregata, mentre gli intonaci e i dipinti murali sono interessati da fenomeni di erosione e decoesione, che rendono la decorazione pittorica illeggibile. L’intervento pilota sulle superfici decorate della facciata della basilica di Santa Pudenziana, realizzato nell’ambito di un lavoro di tesi dell’ISCR[2], ha compreso una parte sperimentale che, ponendosi come *exploitation* del progetto europeo Nano-Cathedral [3], ha avuto come obiettivo la valutazione di consolidanti e protettivi nanometrici, già

testati sia in laboratorio che *in situ* e risultati idonei nell'ambito di questo, per alcuni materiali non presi in considerazione dal progetto originario: i materiali lapidei artificiali e la pietra serena. Tale ulteriore sperimentazione ha quindi previsto l'applicazione dei consolidanti e dei protettivi sia in laboratorio su provini appositamente allestiti, sia *in situ*, su diverse aree campione delle superfici della facciata della chiesa, procedendo alla valutazione dei trattamenti tramite le metodologie di controllo già previste dal progetto.



Figura 1 La facciata della basilica di Santa Pudenziana prima dell'intervento pilota (foto A. Rubino, ISCR)

Materiali e metodi della sperimentazione

Partendo dal presupposto che i materiali in forma nanometrica hanno caratteristiche differenti e potenzialmente migliori di quelle che possiedono allo stato massivo, nell'ambito della sperimentazione si è proceduto anche al confronto con alcuni prodotti tradizionalmente usati per il consolidamento e la protezione dei materiali lapidei naturali e artificiali [4].

I consolidanti nanometrici testati sono l'HFES 70 e l'HFES 90 forniti dalla Chem Spec, i quali avevano dato buoni risultati per le arenarie del progetto europeo. Entrambi hanno proprietà fotocatalitiche e sono a base di silicato di etile con aggiunta di biossido di titanio (TiO_2) nanometrico in alcool isopropilico. La presenza di nanoparticelle di titanio migliora l'effetto consolidante e conferisce proprietà di inibizione della crescita biologica e di *self-cleaning* [5].

L'HFES90, differisce per l'aggiunta di alchilalcossi silani, al fine di migliorare la penetrabilità, aumentare l'elasticità e l'adesione del prodotto finale, evitare la formazione di croste superficiali e aumentare l'idrorepellenza.

Per quanto riguarda invece i protettivi, sono stati testati il PFA e il PFMS 5. Il PFMS 5 è costituito di alchil alcossi silani monomerici per il 40% in peso, è un protettivo idrorepellente e fotocatalitico diluito in alcool isopropilico con aggiunta di nanoparticelle di TiO_2 (0,12%).

Il PFA si compone di silani oligomerici per il 15% in peso, è un protettivo idrorepellente fotocatalitico con caratteristiche simili al PFMS 5, ma è a base acquosa, con aggiunta di nanoparticelle di TiO_2 (0,96%).

Al fine di valutare la compatibilità dei nuovi prodotti con i materiali presenti in facciata, sono stati allestiti provini sia di pietra serena che di intonaco dipinto. Per quanto riguarda i primi, tagliati di dimensioni $10 \times 10 \times 3 \text{ cm}^3$, sono stati preventivamente sottoposti ad invecchiamento salino tramite immersione parziale in soluzione di acqua e solfato di sodio al 10 % per indurre risalita capillare e cristallizzazione di sali sulla faccia opposta a quella immersa. Dopo diversi cicli di cristallizzazione, la superficie di una delle facce dei provini presentava una disgregazione (Fig.2) simile a quella visibile *in situ* sulle porzioni del basamento di pietra serena, e utile quindi per testare i consolidanti. Tuttavia prima di procedere con l'applicazione di questi ultimi, è stato necessario desalinizzare i campioni con lavaggi di acqua corrente a bassa pressione, per eliminare le efflorescenze più consistenti.

I provini di intonaco dipinto sono stati realizzati cercando di simulare il più possibile la composizione degli intonaci del registro inferiore della facciata, caratterizzate nei loro materiali costitutivi tramite analisi di laboratorio. Le proporzioni aggregato/legante della malta di arriccio e dello strato di finitura superficiale sono state scelte in modo da ottenere un intonaco povero di legante, poroso e simile a quello solfato e decoeso della facciata di S. Pudenziana, pertanto la malta di arriccio è stata realizzata con proporzione 4:1 aggregato/grassello di calce. Utilizzando una controforma, attraverso più stesure di malta, sono stati ottenuti campioni della misura di 10x10x2,5 cm³, su cui poi è stato steso lo strato di finitura (intonachino) spesso circa 4 mm con una proporzione calce/aggregati di 1:3. Dalle analisi lo strato pittorico originale è risultato molto sottile, poco compenetrato nell'intonaco e molto decoeso, dunque sui provini i pigmenti sono stati stemperati in acqua e stesi su "intonaco stanco" (Fig.3), ovvero quando la presa era quasi terminata.



Figure 2-3 Uno dei provini in pietra serena durante l'invecchiamento salino. Stesura della pellicola pittorica sui provini d'intonaco (foto L-Mangiapelo, Michela Bassi)

L'applicazione dei prodotti sui provini è stata effettuata in modo tale che fosse valutabile non solo l'efficacia dei consolidanti, ma anche di questi ultimi nelle varie combinazioni con i prodotti protettivi. Inoltre, alcuni provini di intonaco e di pietra serena, non sottoposti ad invecchiamento salino, sono stati trattati con i soli protettivi, in modo tale che si potesse accertarne l'efficacia senza l'interferenza del consolidante.

In situ, invece, sono state individuate delle aree significative su cui sono stati testati i consolidanti, mentre il protettivo è stato applicato dopo l'elaborazione dei risultati in laboratorio, selezionando quello che aveva dato i migliori risultati nel tempo.

I trattamenti sono stati eseguiti utilizzando i prodotti tal quali a pennello, seguendo le indicazioni contenute nelle schede tecniche relative. Su alcuni provini di intonaco i prodotti sono stati applicati diluiti al 50% nei rispettivi solventi, in modo da valutarne le proprietà e la penetrabilità, ma non si è riscontrato un particolare vantaggio; inoltre *in situ* i consolidanti venivano ben assorbiti tal quali.

Per la valutazione dei prodotti sono stati selezionati dei test di controllo dei trattamenti che fossero facilmente eseguibili sulla facciata e che consentissero di avere risultati confrontabili con quelli del progetto europeo (Figg.4,5,6)[6]. Questi sono stati eseguiti prima del trattamento, subito dopo le applicazioni e a distanza di 3 e 5 mesi; durante questo arco temporale i provini sono stati esposti all'invecchiamento naturale sul ponteggio, quindi non protetti dalla luce e dagli agenti atmosferici, dando modo così di effettuare contestualmente i test di controllo in entrambe le condizioni.



Figure 4-5-6 Alcuni test di controllo dei trattamenti effettuati sui provini e in situ: da sinistra, il tubo di Karsten, il test della spugna, il controllo colorimetrico (foto L. Mangiapelo, M.Bassi)

Sperimentazione consolidanti nanostrutturati

Trascorse le tre settimane necessarie alla completa reazione dei prodotti, sono stati effettuati i primi test di controllo. L'assorbimento a bassa pressione misurato tramite metodo della spugna [7] ha consentito di riscontrare, sia sui provini in pietra serena che *in situ*, una diminuzione dell'assorbimento dell'acqua di circa il 20% per tutti i consolidanti (Fig.10). Anche per gli intonaci, sia *in situ* che sui provini, la diminuzione dell'assorbimento d'acqua, confermata anche dal test del tubo di Karsten, è stata per tutti i consolidanti buona. In questo caso si è registrata una diminuzione del 10 % sui provini, mentre sull'intonaco della facciata si è arrivati ad una diminuzione di circa il 50% di acqua assorbita (Fig.9).



Figure 7-8. Applicazione dei consolidanti *in situ*: sulle porzioni in pietra serena del basamento, e sul registro inferiore degli intonaci (Foto L. Mangiapelo, M. Bassi)

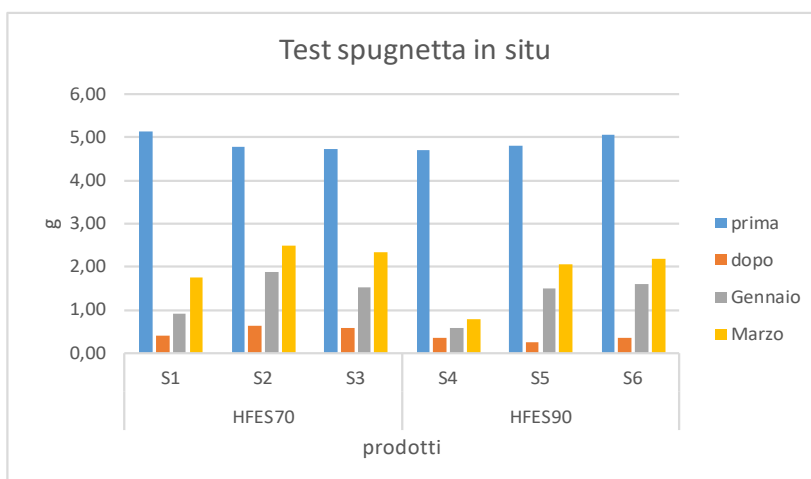


Figura 9 Istogramma rappresentativo della diminuzione del quantitativo di acqua assorbita sugli intonaci *in situ* prima, dopo il trattamento e nelle campagne di controllo di Gennaio (3 mesi) e Marzo(5 mesi)

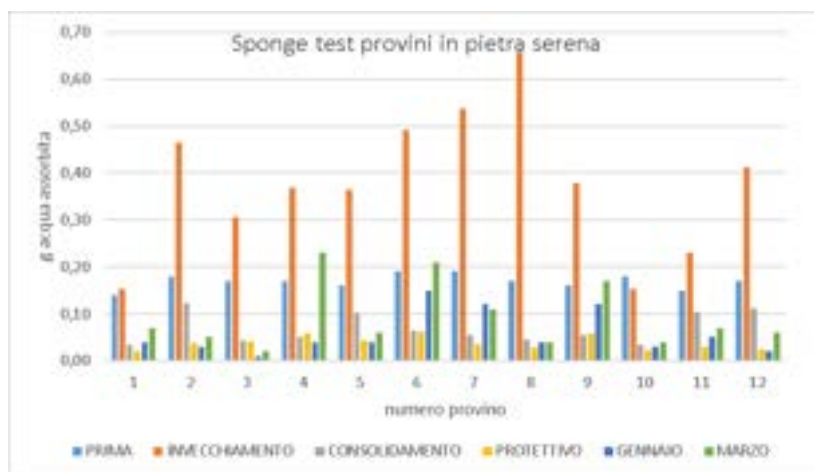


Figura 10 Istogramma rappresentativo della diminuzione del quantitativo di acqua assorbita dai provini in pietra serena, prima dell'invecchiamento, dopo l'invecchiamento salino, dopo il trattamento consolidante e protettivo e nelle campagne di controllo di Gennaio (3 mesi) e Marzo (5 mesi). Provini 1,4,7,8= RC70, Provini 2,3,9,10=HFES 70, Provini 5,6,11,12=HFES90

Il *peeling test* effettuato su tutti i provini e *in situ* solo sulla pietra serena, poiché l'esecuzione sugli intonaci della facciata avrebbe comportato una perdita eccessiva di pellicola pittorica, ha confermato la buona riuscita dei trattamenti con una netta diminuzione del materiale asportato. Per quanto riguarda i provini di intonaco, il test ha permesso di constatare che il consolidamento tradizionale effettuato con dispersione nanoacrilica al 5% in alcol isopropilico risultava essere superficiale, rispetto ai prodotti nanometrici che erano penetrati maggiormente.

Dal punto di vista colorimetrico la valutazione del ΔE ha permesso di riscontrare alcuni valori fuori dalla soglia di accettabilità compresa tra 0 e 5, riscontrati subito dopo il trattamento consolidante. I valori sono invece rimasti stabili nei successivi controlli. Dopo aver elaborato i dati nello spazio colorimetrico CIE31 e constatando che la variazione di ΔE non era imputabile né ad un cambiamento della lunghezza d'onda dominante né della purezza del colore, ma solo alla luminosità, si è ipotizzato, soprattutto per la pietra serena, che la diminuzione della rugosità superficiale dopo il trattamento consolidante, abbia modificato la riflessione della luce. La variazione cromatica infatti, non è percepibile ad occhio nudo. Per quanto riguarda invece gli intonaci, è possibile che in alcuni casi vi sia stato un leggero incremento della saturazione collegato alla massimizzazione del colore, apportata dal trattamento consolidante.

La misura dell'angolo di contatto per la valutazione dell'idrorepellenza superficiale mostra un aumento di questa caratteristica per tutti i prodotti e su tutti i provini. In particolare su quelli in pietra serena, prima dell'applicazione dei prodotti non era possibile effettuare il test, in quanto la goccia rilasciata dallo strumento veniva subito assorbita sia sui provini invecchiati, a causa dell'eccessivo stato di disgregazione, sia su quelli sani, a causa della porosità della pietra, mentre subito dopo il consolidamento si è registrato un consistente incremento dell'angolo di contatto. Anche sugli intonaci, su cui però era stato possibile eseguire la misura anche prima del trattamento, si conferma un aumento dell'idrorepellenza della superficie. Tale caratteristica viene a diminuire nel tempo per tutti i consolidanti, in linea anche con i test di valutazione dell'assorbimento che rilevano un aumento di acqua assorbita.

Avendo ripetuto le campagne di controllo dei trattamenti sia *in situ* che sui provini nei mesi di Gennaio e Marzo, quindi a tre e a cinque mesi dal consolidamento, si è potuto constatare che sia l'HFES 70 che l'HFES 90 hanno dato risultati del tutto comparabili con il silicato di etile, per quanto riguarda la pietra serena, mentre rispetto alla dispersione nanoacrilica utilizzata per gli intonaci, i prodotti nanostrutturati hanno avuto un comportamento migliore sia in termini di penetrazione che in termini di mantenimento delle caratteristiche nel tempo.

L'HFES 70, in particolar modo, si è dimostrato il consolidante con il maggior quantitativo di prodotto assorbito, sia per la pietra serena che per gli intonaci. L'HFES 90, pur avendo un buon potere consolidante, non ha tuttavia mostrato di avere le caratteristiche idrorepellenti legate alla presenza degli alchil alcossi silani nella sua composizione. Infatti, sia *in situ* che sui provini, l'effetto idrorepellente viene registrato con un consistente aumento dell'angolo di contatto subito dopo il trattamento, ma questa caratteristica è di breve durata, tanto che nei controlli successivi in alcuni casi si ha addirittura l'assorbimento della goccia utilizzata per la misura dell'idrorepellenza.

In conclusione si può dire che nessun prodotto è risultato migliore degli altri in termini assoluti, relativamente al periodo considerato durante il lavoro di tesi: sarebbe quindi necessario proseguire con i controlli, in modo tale da avere un arco temporale maggiore per considerare l'efficacia dei trattamenti.

Sperimentazione protettivi nanostrutturati

L'applicazione dei protettivi è stata effettuata sia sui provini di pietra serena già consolidati, sia su quelli che non erano stati sottoposti ad invecchiamento artificiale. Allo stesso modo, sono stati applicati i protettivi su alcuni provini d'intonaco non trattati e su altri precedentemente consolidati.

Sui provini già consolidati si è avuto, in generale, un'ulteriore diminuzione della quantità di acqua assorbita con il metodo della spugnetta, una diminuzione del quantitativo di materiale asportato con il *peeling test* e, ovviamente, l'aumento dell'angolo di contatto. Dal punto di vista cromatico non vi sono state variazioni né per la pietra serena, né per i campioni d'intonaco.

Tutte le combinazioni consolidante/protettivo hanno dimostrato un buon comportamento fino all'ultimo controllo dei trattamenti effettuato a distanza di cinque mesi, non è stato quindi possibile stabilire l'accoppiamento più efficace tra consolidante e protettivo.

La valutazione del solo trattamento protettivo, senza l'interferenza del consolidante, ha permesso invece di evidenziare delle caratteristiche diverse dei prodotti nanometrici rispetto al tradizionale alchil polisilossano. Si è infatti riscontrata sui provini di pietra serena non invecchiati e protetti con PFA e PFMS 5, dopo due mesi di esposizione all'invecchiamento naturale, un aumento della quantità di acqua assorbita. Il valore rimaneva comunque più che accettabile, oltre che stabile nelle campagne successive di controllo, se correlato ai valori di assorbimento della pietra sana non protetta (il 27% circa del valore della pietra non protetta), ma più elevato rispetto al protettivo tradizionale. La misura dell'idrorepellenza superficiale attraverso lo strumento Acuve Krüss ha permesso non solo di misurare l'angolo di contatto, che risultava diminuito, ma di monitorare il comportamento della goccia per la durata di cinque minuti, durante i quali essa non veniva assorbita ma

diminuiva solo l'angolo di contatto per l'aumento della bagnabilità della superficie (Fig.12). Le analisi al SEM-EDS [8], inoltre, confermavano la presenza di uno strato sottile dei prodotti a base di titanio [9] (Fig.11).

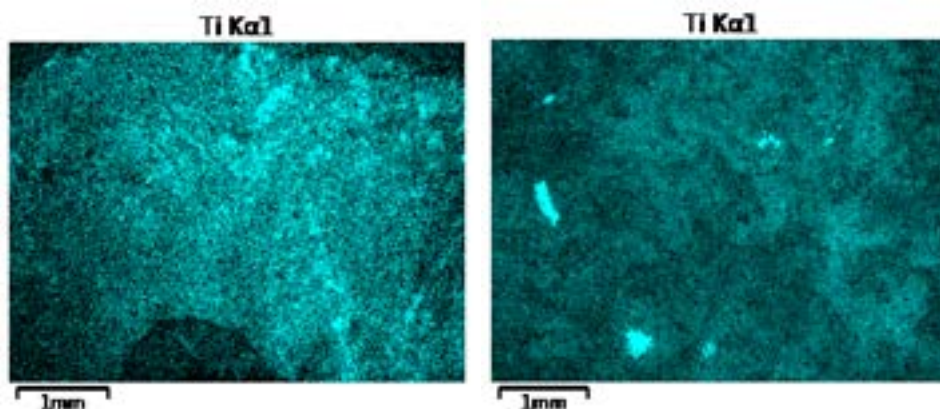


Figura 11 Immagini al SEM della distribuzione del titanio: a sinistra su uno dei provini d'intonaco, a destra su uno di quelli in pietra serena

Si è quindi ipotizzato che proprio alla presenza di biossido di titanio fosse imputabile un aumento dell'idrofilicità e quindi della bagnabilità superficiale.

Sui provini d'intonaco trattati con il solo protettivo, il fenomeno si è presentato in maniera ancor più accentuata; tuttavia ciò dipende dal fatto che questi, realizzati già poveri di legante e decoesi, non essendo stati consolidati, non hanno permesso una valutazione realistica dei soli protettivi.

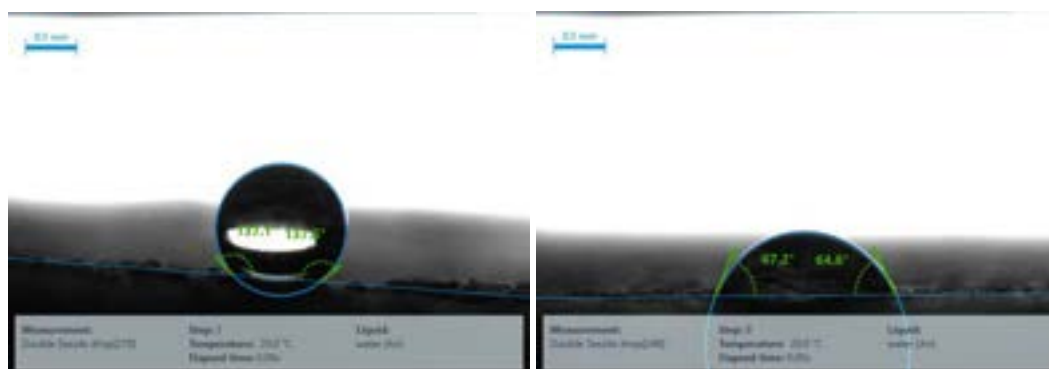


Figura 12 Immagini ottenute dallo strumento Acuve Krüss in cui è visibile la diminuzione dell'angolo di contatto e lo schiacciamento della goccia alla fine dei 5 minuti di monitoraggio, su uno dei provini in pietra serena.

Conclusioni

Dal momento che la sperimentazione si pone come ampliamento e prosecuzione del progetto Europeo Nano-Cathedral, risulta di fondamentale utilità una valutazione comparativa tra i risultati ottenuti nell'ambito di quest'ultimo e quelli della sperimentazione condotta sulla pietra serena e sui materiali lapidei artificiali. In particolar modo, si sono presi come riferimento i dati per il consolidamento e la protezione delle arenarie della cattedrale di Colonia, poiché, seppur differenti dalla pietra serena, costituiscono un termine di paragone maggiormente attendibile, anche rispetto ai materiali lapidei artificiali.

Ciò che si evince dai risultati della sperimentazione Nano-Cathedral relativi alle arenarie, è che in linea generale i prodotti della Chem Spec HFES 70 e HFES 90 risultano avere una migliore penetrazione in profondità, hanno capacità riempitiva e un'eccellente prestazione per quanto riguarda il ristabilimento delle caratteristiche meccaniche. La capacità di adesione al materiale costitutivo e quella di formare ponti nelle discontinuità di quest'ultimo risultano minori rispetto ad altri prodotti testati dal progetto; tuttavia, la tipologia di degrado riscontrata nelle arenarie porta a concludere che sia preferibile scegliere, per questi litotipi, le caratteristiche riempitive e l'alta penetrazione dell'HFES 70 e dell'HFES 90. L'HFES 90 si è dimostrato il consolidante migliore per l'arenaria di Schlaitdorf, mentre per quella di Obernkirchen ha ridotto troppo la permeabilità al vapore a causa del suo carattere idrorepellente. In quest'ultimo caso ha dato quindi risultati migliori l'HFES 70, poiché pur riducendo l'assorbimento d'acqua ha mantenuto una buona permeabilità al vapore ed ha restituito le caratteristiche meccaniche ai provini invecchiati, grazie anche alla sua capacità di riempimento della microporosità. Su tutti i litotipi inoltre si è rilevato che l'HFES 70 e l'HFES 90 reagiscono molto più lentamente all'interno del materiale rispetto agli altri consolidanti in acqua o in etanolo testati nel progetto.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti sulla pietra serena, considerata effettivamente la quantità di materiale consolidante applicato e gli esiti sia del *peeling test* che dello *sponge test*, si può dire che sia l’HFES 70 che l’HFES 90 si sono dimostrati efficaci e del tutto comparabili al tradizionale silicato di etile, sia *in situ* che sui provini, in linea quindi con i risultati del progetto europeo. Anche sui materiali lapidei artificiali i due consolidanti nanometrici, specialmente l’HFES 90, hanno mostrato buone caratteristiche, migliori del consolidamento con la dispersione nanoacrilica tradizionale, sia in termini di penetrazione che di comportamento nel tempo. In particolare, come accade anche per le arenarie del progetto europeo, l’HFES 70 è risultato, sia sugli intonaci che sulla pietra serena, il prodotto con il quantitativo maggiore assorbito. Questo si collega probabilmente anche alla migliore durata del trattamento nel tempo riscontrata sugli intonaci.

A differenza di quanto si evince dalla sperimentazione del progetto Nano-Cathedral, non emerge però dai risultati valutati nel tempo, sia sulla pietra serena che sugli intonaci, sui provini ed *in situ*, la capacità idrorepellente dell’HFES 90. Questa caratteristica protettiva, legata alla presenza degli alchil alcossi silani, secondo i risultati di assorbimento e del *drop test*, sembra sussistere solamente subito dopo il trattamento. Con l’invecchiamento naturale questa proprietà viene rapidamente persa sulla pietra serena mentre sugli intonaci se ne ha una continua diminuzione tanto da rendere, in entrambi i casi, praticamente comparabili i risultati dell’HFES 90 con quelli dell’HFES 70.

Tra i prodotti con proprietà fotocatalitiche quelli che hanno dato i migliori esiti nell’ambito del progetto europeo su tutti i litotipi, in termini di compatibilità cromatica, alta riduzione dell’assorbimento d’acqua e buona attività fotocatalitica sono il PFA e il PFMS 5. Le arenarie di Colonia hanno mostrato buoni risultati sia in laboratorio che *in situ* per il PFA (Obernkirchen) e per il PFMS 5 (Schlaitdorf), nonostante quest’ultimo avesse provocato una saturazione del colore, tuttavia probabilmente legata ad un eccesso di prodotto applicato.

Quanto emerge dal presente lavoro di tesi porta a considerare il PFMS 5 un protettivo più performante sia per la pietra serena che i materiali lapidei artificiali, nonostante l’aumento di assorbimento d’acqua a bassa pressione registrato dopo l’esposizione all’invecchiamento naturale e correlato ad un aumento della bagnabilità superficiale legata alle nanoparticelle di TiO₂. I valori rimangono comunque più che accettabili in riferimento all’assorbimento constatato prima del trattamento protettivo e, considerato che l’eccessiva idrorepellenza non è comunque una caratteristica ricercata, poiché causa spesso la formazione di colature legate alla disomogeneità del fenomeno di scorrimento dell’acqua sulla superficie, e che i dati di assorbimento fino a cinque mesi dal trattamento sono risultati stabili e non sono ulteriormente aumentati, non si può escludere la buona tenuta dei protettivi nanometrici solo per il fatto che si sono dimostrati meno idrorepellenti del tradizionale alchil polisilossano. Rapportando poi tale comportamento al caso specifico della facciata di Santa Pudenziana, interessata da fenomeni di risalita capillare, condensa e movimento di sali solubili, un’elevata idrorepellenza non era comunque auspicabile. Per questi motivi il PFMS 5 è stato applicato *in situ* nelle aree che sono state oggetto d’intervento come trattamento protettivo finale.

NOTE

[1] Angelelli C., “La basilica titolare di S. Pudenziana nuove ricerche”, in “*Monumenti di antichità cristiana 2*”, PIAC, Città del Vaticano, 2010

[2] M. Bassi, L. Mangiapelo “La facciata della basilica di santa pudenziana: intervento di restauro pilota sulle superfici decorate dell’architettura: *sperimentazione di consolidanti e protettivi nanostrutturati su materiali lapidei naturali e artificiali nell’ambito del progetto europeo nano-cathedral*.” Tesi ISCR 64° corso, Roma, a.a. 2017-2018

[3] Finanziato dalla Commissione Europea nell’ambito del programma Horizon 2020 con grant agreement n.646178

[4] Per il consolidamento della pietra è stato selezionato il silicato di etile RHODORSIL RC70®, usato tal quale, mentre per i materiali lapidei artificiali la dispersione nanoacrilica K52 al 5% in alcol isopropilico. Tra i protettivi tradizionali è stato scelto l’alchil polisilossano RHODORSIL H224®, diluito 20 volte in etere di petrolio per i materiali lapidei artificiali, mentre per la pietra serena diluito 10 volte in etere di petrolio

[5] Nano-cathedral D2.2 “Report on the characteristics of new formulation of nanopowders dispersion for consolidation and protection in comparison with the traditional treatments” 8 Novembre 2016

[6] Seguendo i seguenti riferimenti normativi:

UNI 11432:2011 Cultural Heritage - Natural And Artificial Stone - Determination Of The Water Absorption By Contact Sponge

DRAFT prEN 16302 - 2011 Conservation of cultural property - Test methods – Measurement of water absorption under low pressure

UNI EN ISO 11664-4:2011 Colorimetry CIE 1976 L*a*b* Colour space

Drdácký M. et al., Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces, *Materials and Structures* (2012) 45:505-520

[7] Il test con tubo di Karsten non è stato eseguito sulla pietra serena a causa dell'eccessiva disgregazione del materiale che impediva l'adesione dello strumento alla superficie

[8] I dati di seguito riportati provengono dalla relazione del laboratorio di Chimica e di Prove sui materiali - ISCR n° 1330 del 29/03/2019 - Archivio delle relazioni del laboratorio di chimica e Prove sui materiali ISCR redatta dal Prof. Giancarlo Sidoti, Prof.ssa Lucia Conti, Dott.ssa Michela Botticelli.

[9] Le analisi al SEM effettuate sui provini protetti con PFMS 5 e PFA hanno confermato sugli intonaci la presenza di un film di composti di silicio e titanio omogeneo e sottile, in quanto lascia trasparire i segnali del calcio dell'intonaco e delle ocre della pellicola pittorica, ma con alcune zone di accumulo. Sulla pietra serena, considerando anche che il titanio ha segnali dovuti ai minerali del litotipo, il prodotto sembra invece non aver costituito un film superficiale bensì essere penetrato all'interno delle porosità.

BIBLIOGRAFIA

1. Angelelli C., *“La basilica titolare di S. Pudenziana nuove ricerche”*, in *“Monumenti di antichità cristiana 2”*, PIAC, Città del Vaticano, 2010
2. Bogdan J. , A. Jackowska-Tracz, J. Zarzyńska, J. Pławińska-Czarnak, *“Chances and limitations of nanosized titanium dioxide practical application in view of its physicochemical properties*, Nanoscale Res Lett, Published on-line, Febbraio 2015
3. Nano-cathedral D1.2 *“Report and database on commercial consolidants and protective coatings”* 18 Novembre 2015
4. Nano-cathedral D2.2 *“Report on the characteristics of new formulation of nanopowders dispersion for consolidation and protection in comparison with the traditional treatments”* 8 Novembre 2016
5. Nano-cathedral D2.4 *“Report on characteristic of new applicative formulations for consolidation and protection /preservation in comparison with the traditional treatments”* 8 Novembre 2016
6. Nano-cathedral D2.6 *“At least 0,5kg of consolidant for each selected lithotype”* 20 Giugno 2017
7. Nano-cathedral D2.8 *“At least 0,5kg of photocatalytic coating against environmental pollution for selected lithotypes”* 20 Giugno 2017
8. Nano-cathedral D3.3 *“Set of data describing effectiveness and compatibility of the selected consolidants and protectives and the properties of treated lithotypes based on laboratory tests.* 20 Luglio 2017
9. Nano-cathedral D3.4 *“Set of data describing the performance of protection treatments on site in selected pilot areas”* 15 Gennaio 2018
10. Nano-cathedral D5.3 *“Report on in-situ application of treatments”* 14 Febbraio 2018
11. Nano-cathedral D3.5 *“Set of data describing the durability and compatibility of consolidants and protective treatments according to artificial ageing tests”* 15 Luglio 2018
12. Nano-cathedral D5.6 *“Guidelines for application Hand-out for in-situ treatments”* 27 Luglio 2018
13. Lazzeri, M.-B. Coltelli, V. Castelvetro, S. Bianchi, O. Chiantore, M. Lezzerini, L. Niccolai, J. Weber, A. Rohatsch, F. Gherardi, L. Toniolo, *“European project “nano-cathedral: nanomaterials for conservation of european architectural heritage developed by research on characteristic lithotypes”* in *“Science and art: a future for stone proceedings of the 13th international congress on the deterioration and conservation of stone”* 6-10 settembre 2016, Paisley, Scotland volume II, ed. John J. Hughes and Torsten Howind

CONSERVAZIONE E ARTE CINEVISUALE: IL RESTAURO DI UN'OPERA FATTA DI LUCE E RITMO

Maria Cristina Lanza*, Maria Elisabetta Prunas**, Paola Iazurlo***

*Restauratrice, freelance, V.le F. Caltagirone, 00132, RM, 3490700920, mcristina.lanza@gmail.com

** Restauratrice, Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro, V. S. Michele 25, 00153, RM, mariaelisabetta.prunas@beniculturali.it

*** Restauratrice, Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro, V. S. Michele 25, 00153, RM, paola.iazurlo@beniculturali.it

Abstract

Fin dagli anni '60 molti artisti hanno scelto il Polimetilmetacrilato (PMMA) per la realizzazione delle loro opere, sfruttandone la trasparenza, la leggerezza e la lavorabilità. Tuttavia, nonostante la sua rigidità, questo materiale subisce un processo di degrado complesso, molto spesso difficile da affrontare nell'ambito della conservazione. In letteratura sono presenti solo pochi casi documentati di interventi su opere in PMMA e, nella pratica comune, l'attitudine più frequente è ancora quella della sostituzione.

Attraverso il restauro di un'opera cinetico-visuale, eseguito presso l'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR) di Roma [1], la presente ricerca affronta il tema della conservazione delle opere in PMMA.

La complessità delle forme di degrado rilevate hanno imposto una ricerca sperimentale al fine di investigare il comportamento del PMMA, il suo degrado e la possibilità di un intervento mirato a recuperare la funzionalità dell'opera rispettandone, allo stesso tempo, i materiali costitutivi originali.

Lo studio preliminare ha previsto un programma di indagini diagnostiche, condotte dai laboratori scientifici ISCR, e una serie di test eseguiti su campioni in PMMA sui quali sono stati riprodotti i fenomeni di degrado e testati diversi trattamenti conservativi. La fase sperimentale è stata propedeutica e fondamentale per il successivo intervento di restauro, data la scarsità di procedure consolidate nella conservazione del PMMA.

Grazie allo studio della letteratura esistente e alla valutazione dei dati ottenuti, è stato così possibile definire ed applicare alcune procedure specifiche, tra cui l'integrazione di lacune di dimensioni e forme differenti, la creazione di inserti delle parti mancanti e il trattamento delle deformazioni mediante l'uso di un metodo graduale e controllato. Contestualmente, i sistemi di illuminazione sono stati rifunzionalizzati al fine eliminare la principale causa di degrado dell'opera, ovvero il calore eccessivo prodotto dalle lampade ad incandescenza.

Introduzione

Attraverso lo studio condotto nell'ambito del restauro delle tre *Strutturazioni ritmiche* di Gianni Colombo, questa ricerca propone una riflessione sulla salvaguardia delle opere in Polimetilmetacrilato (PMMA), sia in relazione all'approccio conservativo, sia in rapporto alla messa a punto di nuove metodologie di intervento. Il restauro ha consentito di analizzare le principali forme di degrado del materiale plastico e di impostare una sperimentazione finalizzata all'individuazione di adeguate procedure conservative.

Data la diversificazione dei materiali costitutivi e l'eterogeneità delle problematiche rilevate, nella progettazione ed esecuzione dell'intervento si è resa necessaria un'ampia collaborazione interdisciplinare che ha visto coinvolte professionalità specializzate nella conservazione dell'arte contemporanea e dei manufatti vitrei, tecnici esperti nel settore elettrico, elettronico-informatico e nella lavorazione del plexiglas. Lo studio degli effetti luminosi, del materiale plastico e la valutazione delle procedure di intervento, sono state, inoltre, sostenute dall'esecuzione di una serie indagini diagnostiche da parte dei Laboratori scientifici ISCR. Preziosa, si è rivelata, infine, la collaborazione con l'Archivio Gianni Colombo di Milano, grazie alla quale è stata possibile la raccolta di testimonianze non solo sulla vita e l'operato dell'artista milanese, ma anche sulle vicende conservative dell'opera in esame.

Strutturazioni ritmiche

L'opera, realizzata nel 1964, consiste in tre elementi, composti rispettivamente da quattro lastre in PMMA trasparenti inserite verticalmente e in sequenza parallela all'interno di una base in alluminio e legno. In quest'ultima è presente un sistema elettrico costituito da quattro lampade ad incandescenza che, grazie a degli interruttori a tempo, illuminano in



Figura 1. Tre *Strutturazioni ritmiche* in accensione.
Foto di A. Rubino (ISCR).

modo intermittente e alternato ciascun pannello in plexiglas (Figg.1-2).

Le incisioni geometriche e le aperture quadrangolari che caratterizzano ciascuna lastra vengono enfatizzate in modo alternato dalla diffusione della luce, profilando così nel buio cerchi, quadrati e diagonali luminose. L'artista ha quindi sfruttato le proprietà di guida di luce del PMMA per ottenere l'effetto *cinevisuale* [2] dell'opera.

La tecnica esecutiva risulta analoga per le tre *Strutturazioni*, tuttavia Colombo ha apportato delle variazioni in corso d'opera che hanno perfezionato il sistema di assemblaggio. L'apparente semplicità delle forme percepibile ad una prima osservazione, è in realtà frutto di una complessità progettuale e della scelta ragionata dei numerosi materiali costitutivi. Tutti i materiali sono di origine industriale e di produzione seriale, ma l'artista ha manipolato e trasformato ciascun elemento per conferirgli la giusta interazione con la luce. Egli ha progettato un articolato sistema in grado convogliare il fascio luminoso verso le lastre, le quali sono sostenute grazie all'assemblaggio di una serie di elementi in alluminio vincolati mediante delle viti.



Figura 2. Una delle tre *Strutturazioni* in luce visibile (visione frontale e laterale) e sistema di illuminazione interno.
Foto di A. Rubino (ISCR).

Problemi conservativi

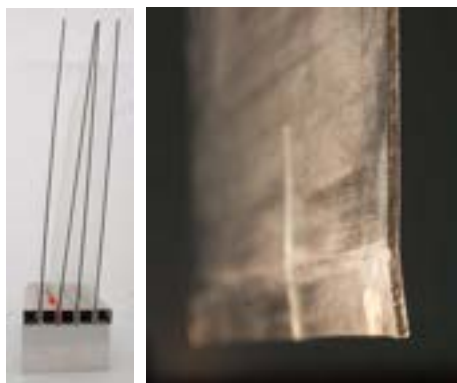


Figura 3. Deformazioni parte inferiore delle lastre.
Foto di A. Rubino (ISCR).

Proveniente dalla Galleria Nazionale d'Arte Moderna di Roma, l'opera è giunta presso il laboratorio d'arte contemporanea ISCR in condizioni critiche che ne compromettevano la fruibilità, tanto da non essere più esposta al pubblico da diversi anni. Le problematiche conservative più evidenti interessavano le lastre in PMMA le quali, a causa dei numerosi segni di degrado, non erano più in grado di svolgere la loro funzione di conduttore ottico, pregiudicando la percezione degli effetti luminosi progettati dall'artista.

L'intenso calore prodotto dal sistema di illuminazione in accensione costituiva sicuramente il principale fattore di degrado dell'opera. Le indagini termografiche [3], effettuate al fine di valutare la modalità di propagazione e l'intensità del calore diffuso dalle lampade a incandescenza, hanno registrato già dopo soli 15 minuti di accensione picchi di temperatura superiori ai 50°C. Il surriscaldamento, fortemente incrementato

per conduzione dagli elementi metallici della base, aveva peraltro dato origine in passato a dei fenomeni di combustione nei pannelli lignei sui quali erano fissate le componenti elettriche, generando dunque seri rischi, non solo per l'opera.

Le elevate temperature raggiunte avevano causato deformazioni evidenti del PMMA in corrispondenza della parte inferiore delle lastre posta a contatto con gli elementi in alluminio, determinando una perdita di parallelismo tra i pannelli stessi che, in alcuni casi, erano adagiati gli uni sugli altri (Fig. 3).

Il peso stesso delle lastre e la tensione meccanica dovuta all'assemblaggio dei numerosi elementi aveva provocato delle lacune in corrispondenza delle parti angolari inferiori di alcune lastre. Tali mancanze interessavano anche l'area



Figura 4 a e b. Due diverse tipologie di lacune.

intorno ai fori che rendevano possibile l'ancoraggio dei pannelli alla base, minando la stabilità dell'opera stessa (Fig. 4b).

Erano inoltre rilevabili delle fessurazioni di diversa ampiezza, localizzate in corrispondenza della parte inferiore di alcune lastre, alle quali erano associate lacune di minore entità (Fig. 4a), oltre alla presenza di numerosi graffi e abrasioni superficiali (Fig. 5), dovuti principalmente ad un erroneo maneggiamento dell'opera.

Le tensioni accumulate dal materiale, indebolito dal calore, dagli stress meccanici e dal trattamento con solventi polari in occasione di puliture precedenti,

avevano altresì determinato dei fenomeni di opacizzazione e di crazing (Fig. 6). Su alcune lastre è stata rilevato, inoltre, un corrugamento superficiale indotto dal calore che ha generato una perdita di trasparenza.

Per quanto riguarda gli impianti di illuminazione, solo una delle tre *Strutturazioni* aveva mantenuto i quattro interruttori a tempo originali ancora attivi, mentre le componenti dei sistemi delle altre due risultavano in gran parte sostituiti in interventi precedenti. Gli impianti inoltre non erano a norma e mostravano dei seri problemi di sicurezza dovuti alla rudimentalità degli assemblaggi.



Figura 5. Graffi e abrasioni superficiali.
Foto in radenza di A. Rubino (ISCR).



Figura 6. Fenomeni di crazing.
Foto in radenza di A. Rubino

L'intervento di restauro

Considerata l'eterogeneità delle problematiche conservative riscontrate sull'opera, si è resa necessaria un'approfondita ricerca sperimentale preliminare, nel tentativo di comprendere il comportamento e i fenomeni di degrado del PMMA e ripristinare la funzionalità dell'opera. Nel rispetto dei materiali costitutivi, si è cercato di evitare la prassi (comunemente utilizzata per le opere cinetiche) di sostituire le parti degradate [4], cercando di preservare soprattutto gli elementi a cui era affidata la trasmissione del messaggio estetico.

I trattamenti sui pannelli in PMMA hanno costituito il punto di arrivo di un percorso di studio complesso che ha permesso l'elaborazione di un progetto conservativo finalizzato al recupero dell'opera.

L'idoneità dei prodotti usati e l'efficacia delle operazioni eseguite in fase di restauro sono state precedentemente testate su dei campioni in PMMA caratterizzati dalla stessa composizione chimica e modalità di produzione delle lastre originali. La sperimentazione ha previsto la riproduzione dei fenomeni di deterioramento rilevati sui pannelli dell'opera e la valutazione di possibili trattamenti conservativi, al fine di identificare l'approccio metodologico più idoneo [5]. Questa fase è stata fondamentale per la comprensione dei meccanismi di formazione del degrado ed ha costituito il punto di partenza per le successive operazioni di restauro.

Nell'ambito dell'intervento tutte le operazioni sono state inoltre sostenute dal riferimento alla letteratura esistente sulla conservazione del PMMA, in modo da poter attuare delle scelte consapevoli e coerenti.

Prima di procedere a tutte le operazioni è stato necessario lo smontaggio completo di ogni *Strutturazione*, seguito dall'inventariazione e dalla documentazione accurata di tutte le parti dell'opera, al fine di consentire la corretta ricollocazione dei pezzi al termine del restauro.

Lastre in PMMA

Pulitura. Su ciascuna lastra, dapprima si è provveduto alla rimozione del deposito superficiale incoerente con un panno elettrostatico. In seguito, vista l'elevata sensibilità del polimero alla maggior parte dei solventi organici e considerata la natura idrofila del deposito coerente presente sui pannelli, per la pulitura è stata utilizzata una soluzione di acqua deionizzata, applicata con un panno ad alta densità in Polivinilformale, seguita dall'asciugatura della superficie con kleenex morbidi in pura cellulosa per evitare la formazione di aloni. In corrispondenza dei solchi interni delle incisioni e della parte inferiore delle lastre, che era sottoposta al contatto diretto con i listelli di alluminio, la presenza di un deposito grasso ha richiesto, inoltre, l'applicazione a tampone di due diverse soluzioni acquose: una soluzione all'1% di Triammonio citrato e una soluzione all'1% di un tensioattivo non ionico neutro (Tween 20). Per l'individuazione del sistema di pulitura per le lastre è stata condotta una riflessione basata sullo studio delle proprietà del materiale, sui test di interazione tra il PMMA e i solventi organici e sui casi-studio riportati in letteratura [6].

Trattamento delle deformazioni. A seguito dei numerosi test eseguiti sui campioni in precedenza deformati, è stata definita una metodologia sperimentale d'intervento per lo spianamento delle deformazioni della parte inferiore dei pannelli in PMMA.

Come riportato in letteratura, l'apporto di calore su oggetti in PMMA non sempre è dannoso, in quanto, se controllato, favorisce un'attenuazione delle tensioni interne al polimero, rendendolo più stabile [7]. Nella tecnologia di produzione del PMMA è frequente infatti la pratica della ricottura (*annealing*) del materiale in stufa ventilata, al fine di diminuire gli stress apportati durante la lavorazione e migliorare la resistenza dell'oggetto al deterioramento e all'invecchiamento. Il calore, dunque, costituisce un fattore di degrado solo in relazione ai valori di temperatura raggiunti e agli sbalzi termici subiti dal polimero.

L'intervento di spianamento sulle lastre dell'opera è stato eseguito con la finalità di sfruttare i benefici di un'applicazione graduale e controllata di calore e, allo stesso tempo, ottenere un ripristino della planarità dei pannelli in corrispondenza delle parti deformate grazie alle proprietà termoplastiche del polimero.

Il trattamento è avvenuto attraverso l'utilizzo di un tavolo caldo a bassa pressione, comunemente impiegato nella conservazione di supporti tessili. Ciascuna lastra è stata posta sul piano del tavolo sottovuoto, in modo da mantenersi perfettamente immobile. Successivamente, è stato attivato un surriscaldamento graduale fino ad una temperatura di 80°C circa [8], valore ben al di sotto o della Tg del polimero (pari a 105°C) ma che, allo stesso tempo, predispone il materiale all'operazione di spianamento, preservandolo da eventuali shock termici.

Per evitare il contatto diretto della lastra con il tavolo, è stato interposto un tessuto non tessuto in fibra di poliestere 100% [9], scelto per la sua texture superficiale perfettamente omogenea, al fine di evitare il rischio dell'impressione delle fibre tessili sul pannello. Una volta verificato il raggiungimento del valore di temperatura sulla superficie delle lastre, con l'ausilio di un termometro a contatto [10], si è proceduto con il posizionamento di due piastre metalliche [11] esattamente in corrispondenza della fascia deformata, con la duplice funzione di esercitare pressione e di condurre il calore successivamente apportato.

Le piastre sono state perfettamente allineate al punto di inizio della deformazione, posizionandovi attorno degli spessori di 3 mm (stesso spessore delle lastre) per un maggiore controllo dello spianamento; quindi sono state scaldate per conduzione, grazie al posizionamento di due ferri da stiro sulla superficie metallica, di cui è stata costantemente misurata la temperatura. Una volta raggiunto il valore minimo sufficiente per rendere il polimero malleabile (valore di 110°C ca. individuato durante i test) [12], si è proceduto alla rimozione dei ferri da stiro, mantenendo la lastra sottovuoto e sotto peso in coincidenza della parte spianata fino al completo raffreddamento del tavolo.

Si è scelto di agire in modo assolutamente localizzato e graduale, limitando al massimo l'apporto di calore. L'intervento ha permesso il conseguimento di ottimi risultati per quanto riguarda il trattamento della parte inferiore delle lastre che presentava le deformazioni più rilevanti (Fig. 7). Grazie allo svolgimento di tale operazione è stato possibile migliorare sensibilmente il parallelismo tra i pannelli di ciascuna strutturazione, conferendo una maggiore stabilità all'opera e il ripristino della corretta percezione degli effetti luminosi. Va sottolineata, tuttavia, l'estrema delicatezza di questo tipo di operazione da compiersi esclusivamente in condizioni di reale e motivata necessità, considerato il rischio cui si va incontro qualora il trattamento non venga perfettamente controllato.

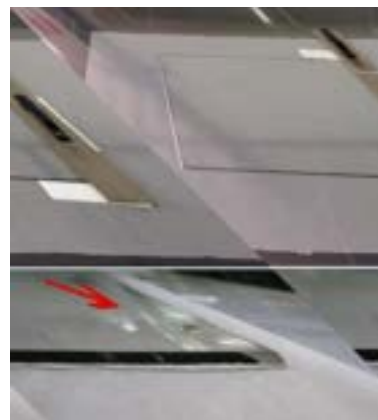


Figura 7. Trattamento di spianamento e particolare della lastra dopo l'intervento.

Trattamento di lucidatura. Per l'attenuazione delle abrasioni e dei graffi superficiali, nell'ambito della sperimentazione, dopo aver testato ed escluso eventuali trattamenti di *coating* superficiali, è stato individuato un prodotto lucidante da impiegare sulla superficie dei pannelli in PMMA. Si tratta di una pasta morbida a base cerosa [13], dalla consistenza solida, solitamente impiegata per la lucidatura dei metalli preziosi, che è stata applicata mediante l'utilizzo di una spazzola rotante in tessuto di cotone morbido.



Figura 8. Trattamento di lucidatura e tassello in corso d'opera su una zona di opacizzazione dovuta ad abrasioni superficiali.

Prima di procedere è stata eseguita una selezione delle abrasioni e dei graffi superficiali che, dal punto di vista ottico, interferivano maggiormente con gli effetti luminosi progettati dall'artista. Nello svolgimento di questa operazione, l'obiettivo primario è stato quello di attuare un'azione localizzata, nel rispetto del materiale costitutivo dell'opera e della sua storia conservativa. Pertanto, sono state rimosse

esclusivamente le abrasioni e i graffi più superficiali; diversamente, quelli più profondi sono stati semplicemente attenuati, assottigliandoli leggermente. Il trattamento è stato svolto, dunque, non in maniera estensiva ma circoscritta, sia sul fronte che e sul retro dei 12 pannelli. Considerando la natura delicata dell'operazione, si è ritenuto opportuno effettuare l'analisi della superficie attraverso uno Stereo microscopio in modalità di fuoco esteso (Digital Video Microscope), con lo scopo di esaminare la parte trattata e verificare il rispetto dello spessore originale della lastra. Dai risultati dell'indagine, eseguita prima e dopo la lucidatura, si è potuta constatare la minima incidenza del trattamento sulla superficie della lastra **[14]** e la variazione della texture superficiale, confermando i dati raccolti in fase di sperimentazione sui campioni.

Al fine di gestire in modo ottimale l'operazione, è stato creato un sistema per ancorare la spazzola rotante al braccio di un microtrapano, così da poterla muovere liberamente lungo la superficie delle lastre ed esercitare una pressione più controllata (Fig. 8). Si è proceduto successivamente con una rifinitura impiegando una pasta a grana più sottile **[15]**, caratterizzata da una composizione simile alla prima. I residui sono stati rimossi con un passaggio di etere di petrolio a tampone.

Come per la pulitura, anche in questo caso è stata constatata la necessità di una continua movimentazione del pannello e delle sorgenti luminose per verificare il corretto andamento dell'intervento e limitare al minimo indispensabile l'azione lucidante. Inoltre le lastre sono state poste in piano su dei pannelli neri, al fine di poter visualizzare in maniera più nitida i graffi e le abrasioni.

È da rimarcare il carattere volutamente selettivo dell'operazione, la cui finalità non era quella di riportare le lastre alla perfezione iniziale; in tal caso sarebbe stata valutata l'eventualità di una sostituzione delle stesse o la realizzazione di una copia dell'opera. Ipotesi, queste ultime, che in un futuro potranno, comunque, essere prese in considerazione.

L'intervento di lucidatura è stato, piuttosto, eseguito con l'obiettivo di minimizzare l'interferenza ottica legata alla presenza di graffi e abrasioni superficiali. Esaminando i risultati raggiunti, e confrontando le misurazioni glossmetriche prima e dopo il trattamento **[16]**, è possibile affermare che l'operazione ha migliorato sensibilmente la leggibilità dell'opera in fase di accensione, avendo parzialmente ripristinato la funzione di guida di luce dei pannelli in PMMA.

Riempimento fessurazioni e lacune. La presenza delle fessurazioni e delle lacune ha richiesto un intervento in grado di assolvere ad una duplice funzione, strutturale ed estetica. Sulla base dei test eseguiti sui campioni, si sono prese in considerazione diverse possibilità di intervento in relazione alla tipologia di rottura.

Nell'ambito della presente ricerca sono stati testati alcuni prodotti, già studiati in letteratura in relazione al loro utilizzo come adesivi e riempitivi sul PMMA **[17]**, con la finalità di valutare il loro possibile impiego per le specifiche problematiche conservative dell'opera in esame.

A seguito dei primi test effettuati, sono state selezionate due resine:

- il Paraloid B67 (resina acrilica, isobutilmetacrilato)
- Hxtal NYL-1 (resina epossidica alifatica bicomponente, isopropilidendiciloesano/epicloridina).

Pur essendo due prodotti molto diversi tra loro, essi presentano un indice di rifrazione (IR) coincidente o prossimo a quello del PMMA, oltre ad una compatibilità con il PMMA e con la funzione adesiva e riempitiva da svolgere.

La scelta dell'utilizzo del Paraloid B67 è legata principalmente a due caratteristiche di questa resina: un IR pari a 1,49, esattamente coincidente con quello del PMMA, e la possibilità di diluire il prodotto in un solvente privo di interazioni con il materiale costitutivo dell'opera; inoltre la sua solubilità consente la rimozione di eventuali eccessi in fase di lavorazione, anche a seguito dell'essiccazione del prodotto. Tuttavia, i test eseguiti hanno confermato la scarsa resistenza a trazione dell'adesivo (23 MPa) riportata in letteratura **[18]**, pertanto nell'ambito dell'intervento questo è stato impiegato esclusivamente per il riempimento e l'adesione delle fessurazioni combacianti che non necessitavano di un'elevata tenuta strutturale. La resina è stata diluita in White Spirit D40 a diverse concentrazioni, dal 10% al 40% a seconda dell'ampiezza della fessurazione. Grazie alla sua lenta evaporazione, l'utilizzo di questo solvente ha permesso una distribuzione uniforme della resina all'interno della fessura evitando la formazione di vuoti d'aria. Va considerato, tuttavia, che la sua ridotta volatilità ha aumentato in modo sostanziale i tempi della completa asciugatura del giunto, per la quale si è dovuto attendere almeno una settimana. La colatura è avvenuta mediante l'uso di un pennello da miniatura a punta sottile, sigillando la fessurazione dal retro mediante l'applicazione di nastro adesivo **[19]**. L'operazione è stata



Figura 9. Infiltrazione nella fessurazione con Paraloid B67 diluito in White Spirit D40. Nell'immagine è possibile notare il confronto e la differenza di rifrazione tra la parte trattata, a sinistra, e quella ancora da trattare, a destra.

eseguita in più riprese, a distanza di 24 ore tra un’applicazione e l’altra, fino al completo riempimento della mancanza. L’infiltrazione con il Paraloid B67 si è rivelata idonea alle fessure di ampiezza inferiore ad 1 mm, mostrando risultati otticamente eccellenti (Fig. 9).

La scelta della Hxtal NYL-1 è legata alla sua elevata tenuta strutturale e resistenza meccanica (37 MPa), all’IR, pari a 1,515, e alla minima tendenza all’ingiallimento. Una delle caratteristiche che favorisce l’utilizzo di questo prodotto, generalmente impiegato nella conservazione dei manufatti vitrei [20], è legata ai lunghissimi tempi di catalizzazione che consentono la lavorabilità del polimero anche a distanza di due giorni dalla miscelazione delle due componenti. È possibile, quindi, adattare la fluidità della resina alle diverse esigenze, scaldandola per renderla più liquida o sfruttando l’aumento di viscosità che si verifica nelle ore successive alla preparazione. Per contro, essendo una resina bicomponente che indurisce per polimerizzazione, dopo la catalizzazione non è solubile in solventi, né facilmente rimovibile, se non meccanicamente a caldo.

Nell’ambito dell’intervento la Hxtal NYL-1 è stata usata per il riempimento e l’adesione delle fessurazioni di ampiezza >1mm e per quelle che necessitavano una maggiore tenuta strutturale (come nel caso di una frattura coincidente con l’incisione verticale di un pannello), per l’integrazione delle lacune e per l’incollaggio di inserti. La resina è stata impiegata a diversi stadi di viscosità a seconda dei casi: per le fessurazioni, una consistenza più fluida ha garantito una penetrazione più omogenea del prodotto all’interno della frattura, mentre per l’incollaggio degli inserti è stata necessaria una viscosità maggiore, al fine di consentirne la stesura lungo l’interfaccia di giunzione ed evitare la fuoriuscita dell’adesivo dai margini della frattura. Anche per l’integrazione delle lacune è stato opportuno impiegare la resina ad uno stato più viscoso.

La fase della ricerca che ha portato alla definizione delle metodologie di integrazione delle lacune è stata sicuramente la più complessa e ha richiesto uno studio specifico sostenuto dall’esecuzione di numerosi test. Le prove sui campioni, che hanno previsto la colatura di diverse resine caratterizzate da un IR adeguato, hanno confermato le ottime prestazioni della Hxtal NYL-1, la quale è stata successivamente impiegata in fase di intervento. Tuttavia, è stato necessario mettere a punto delle metodologie operative specifiche a seconda delle diverse conformazioni delle lacune, per evitare la fuoriuscita della resina oltre i bordi della mancanza e garantire il controllo dell’operazione.

Nel caso delle lacune di minore estensione a “V”, che costituivano la parte terminale delle fessurazioni, infatti, l’applicazione dello scotch non sarebbe risultata sufficiente al contenimento del prodotto; inoltre, la superficie non perfettamente liscia della parte interna del nastro adesivo, entrando a diretto contatto con la resina, avrebbe compromesso la trasparenza dell’integrazione. È stato pertanto messo a punto un sistema sperimentale di “colatura in tre fasi” il quale può essere sinteticamente descritto come segue (Fig. 10).

1. Nella prima fase, la resina viene colata per la creazione di uno strato intermedio a metà dello spessore del bordo della lacuna. A tal fine viene inserito un elemento in plastilina rivestito di melinex all’interno della parte da colmare, bloccandolo a circa un terzo dello spessore: su questo viene eseguita la prima colata.
2. Una volta solidificato questo strato intermedio, si effettua una seconda colata di resina, portandola a livello da un lato della lastra.
3. Infine, dopo aver capovolto la lastra, si effettua una terza colata dal lato opposto.

Prima di effettuare la colata successiva, occorre attendere la completa polimerizzazione della precedente. Si sono ottenuti risultati migliori colando la resina allo stato più viscoso. Il vantaggio di questo metodo sta nel fatto che il primo strato crea una chiusura della lacuna all’interno del suo spessore e pertanto impedisce che le due colate successive fuoriescano dalla sede della mancanza da riempire; eventualità che si sarebbe verificata se si fosse eseguita la colata in un’unica soluzione, con le conseguenti difficoltà di rimozione della resina dalla lastra originale.

L’impiego di questo metodo ha dimostrato ottimi risultati, permettendo di controllare maggiormente la resina e attenuando i rischi legati all’esecuzione di una gettata diretta. L’utilizzo della plastilina ha consentito di

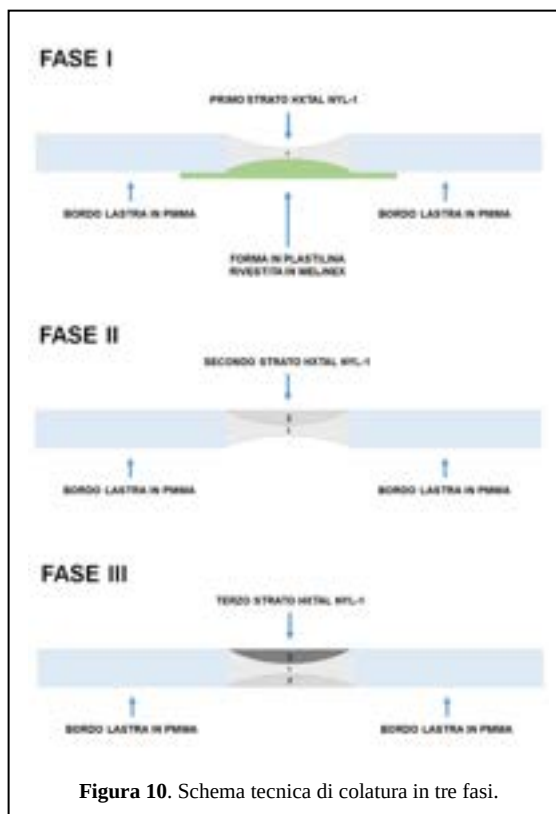


Figura 10. Schema tecnico di colatura in tre fasi.

ottenere lo strato intermedio e di evitare la fuoriuscita del prodotto, mentre le due fasi successive, prevedendo la colatura della Hxtal-NYL-1 in spessori di circa 1 mm, hanno permesso di eliminare il tipico difetto di concavità superficiale che generalmente si verifica colando la resina in spessori maggiori [21].

Diverso è stato il caso delle integrazioni delle due lacune angolari dei pannelli, per cui la colata diretta della resina sperimentata sui provini, si è rivelata estremamente difficoltosa, non solo per la notevole entità della mancanza, ma anche per la presenza di un solo bordo di adesione per il riempimento. La metodologia impiegata per il risarcimento delle lacune a "V" non era, dunque, applicabile. Si è deciso, pertanto, di realizzare degli inserti indiretti della parte da risarcire, da applicare successivamente alle lastre originali.

La diversa conformazione delle lacune in oggetto ha comportato la definizione di due differenti soluzioni di integrazione. Una delle due lacune, infatti, presentava un margine di giunzione molto più frastagliato e irregolare rispetto all'altra, caratterizzata da un perimetro più omogeneo e sviluppato secondo un taglio perpendicolare.

Per la prima è stata realizzata un'integrazione in resina epossidica trasparente colata all'interno del calco della lacuna; per la seconda si è deciso, invece, di impiegare un'integrazione ricavata da una lastra in PMMA colato, della stessa natura e spessore dell'originale, appositamente sagomata mediante taglio laser. L'esigenza era quella di ottenere un elemento che aderisse nel modo più preciso al margine, così da inserire il minimo quantitativo di adesivo e lasciare intatta la superficie di giunzione originale. Inoltre, bisognava considerare che, in entrambi i casi, le integrazioni da effettuare sarebbero andate ad occupare una posizione critica dal punto di vista strutturale, trovandosi nel punto di ancoraggio della lastra.

Nel caso della lacuna più regolare la modellazione dell'inserto con il taglio laser è avvenuta sulla base di un file vettoriale DWG realizzato con un apposito programma (*Autocad*), grazie ad una riproduzione in scala 1:1 della lacuna. Un limite riscontrato in questa tecnica è costituito dal fatto che il laser incide il pezzo esclusivamente in senso perpendicolare, senza seguire le inclinazioni del bordo della lacuna. Dunque, non consente la riproduzione di eventuali irregolarità presenti lungo lo spessore della rottura. Per tale motivo, si è deciso di impiegare questa metodologia unicamente per l'integrazione della lacuna che presentava il bordo più regolare. Una volta eseguito il taglio, l'elemento ottenuto è risultato combaciante con il bordo originale della lastra, ad eccezione di pochi punti che sono stati pertanto rifiniti tramite l'utilizzo di un microtrapano (Fig. 11).



Figura 11. Inserto in PMMA ottenuto con taglio laser.

Per la lacuna più irregolare non era possibile eseguire un inserto con questa tecnica, in quanto il perimetro della mancanza presentava delle disomogeneità considerevoli lungo lo spessore della frattura, le quali avrebbero comportato una complessa lavorazione del pezzo e l'inevitabile conseguenza di dover riempire le parti non combacianti con una quantità consistente di adesivo.



Figura 12 a e b. Calco positivo in gesso dentistico e inserto finale in resina epossidica dopo la colatura nel calco negativo in silicone.

A seguito delle prove effettuate in fase di sperimentazione si è deciso, quindi, di eseguire una colata indiretta con la resina Hxtal NYL-1 all'interno di un calco in negativo che riproducesse fedelmente la parte mancante, in modo da ottenere un elemento da applicare successivamente mediante la stessa resina epossidica.

Dopo aver testato numerosi materiali, si è scelto di realizzare

la forma in negativo in silicone colabile RTV 918, creando un calco a due valve sulla base di un precedente calco positivo in gesso dentistico della parte mancante (Fig. 12a). La colata della Hxtal NYL-1 all'interno del calco negativo in silicone ha permesso di ottenere un inserto perfettamente combaciante con la lastra in PMMA originale (Fig. 12b). Il pezzo ottenuto, risultato leggermente opaco, ha necessitato, in seguito, di un trattamento di lucidatura mediante l'utilizzo di carte abrasive a grana progressivamente più sottile, dalla n. 320 alla n. 4000.

I due inserti angolari sono stati infine fissati sui pannelli originali impiegando come adesivo la stessa resina epossidica, dopo aver eseguito nuovamente i fori di ancoraggio con un microtrapano, al fine di permettere il riasssemblaggio dell'opera al termine del restauro.

Sistemi di illuminazione

Per i sistemi di illuminazione delle tre *Strutturazioni* si è reso necessario un complesso intervento di rifunzionalizzazione [22] in quanto l'eccessiva produzione di calore dovuta alle lampade a incandescenza non era compatibile con la conservazione dell'opera, accelerando e inducendo il degrado delle lastre in PMMA. Inoltre si è imposta l'urgenza di provvedere alla messa in sicurezza degli impianti. Dopo aver valutato i possibili interventi da attuare, in collaborazione con professionalità esperte nel settore elettrico ed elettronico, si è scelto di adottare un sistema di illuminazione a LED il quale ha consentito di diminuire significativamente il voltaggio dell'impianto (da 220V a 12V) e, di conseguenza, anche la dispersione di calore in accensione. La soluzione ha permesso inoltre di mantenere la medesima temperatura di colore e gli stessi valori di luminanza originali [23]. Per la corretta riproposizione dell'intermittenza originale è stato condotto uno studio sull'unica *Strutturazione* ancora interamente funzionante e i cui interruttori a tempo non erano stati sostituiti, al fine di individuare uno schema ripetitivo nella sequenza di accensione e spegnimento delle lampadine. Tale sequenza è stata riprodotta grazie ad una scheda *Arduino* (piattaforma hardware) opportunamente programmata. Ad eccezione delle strisce LED, poste in corrispondenza delle lampadine originali, tutti gli elementi del nuovo impianto sono stati collocati esternamente all'opera all'interno di una piccola scatola stagna posizionata lungo il cavo di alimentazione, con lo scopo di preservare la testimonianza storica del sistema di originale e di garantire la totale reversibilità dell'intervento. Gli elementi originali sono stati mantenuti intatti all'interno della base in alluminio, mentre le lampadine e il filo elettrico esterno, già sostituiti in occasione di interventi precedenti, sono stati rimossi e conservati.

Conclusioni

All'interno di una più ampia ricerca sulle problematiche deontologiche che caratterizzano il restauro dell'arte cinetica, l'intervento conservativo effettuato sulle *Strutturazioni ritmiche* ha permesso di affrontare lo studio di un materiale plastico la cui conservazione si rivela spesso problematica.

Sulla base della consapevolezza che, nel caso di opere cinetiche, il restauro non può prescindere dal compromesso tra l'esigenza di preservare la funzionalità dell'opera e quella di agire nel rispetto del suo significato e della sua storia, si è scelto di intervenire secondo un duplice approccio: conservativo, per le parti originali a cui è affidata la trasmissione del messaggio dell'opera, sostitutivo (ma reversibile), per quelle parti elettriche, non più funzionanti e già significativamente manomesse.

Mediante la comparazione dei prodotti testati e attraverso l'esame dei risultati ottenuti grazie alla sperimentazione, è stato possibile definire delle metodologie di intervento che hanno consentito di evitare la sostituzione delle lastre in PMMA originali e, allo stesso tempo, di ridurre significativamente i fenomeni di degrado che generavano un'interferenza ottica con la percezione dei giochi luminosi progettati dall'artista.

Il complesso lavoro di rifunzionalizzazione eseguito sul sistema elettrico, infine, ha permesso di ripristinare la funzionalità dell'oggetto e di eliminare la causa principale di degrado dell'opera, rendendone nuovamente possibile la fruizione. In generale, l'intervento eseguito sulle tre *Strutturazioni ritmiche* non è stato svolto con l'obiettivo di restituirvi l'originaria perfezione, inevitabilmente perduta; piuttosto, sono state attuate delle scelte mirate al fine di offrire delle soluzioni concrete alle problematiche conservative rilevate e di recuperare l'opera, senza cancellare i segni della sua storia conservativa.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano di cuore tutto il gruppo di lavoro per la cooperazione durante le fasi di ricerca e di intervento. In particolare si ringraziano Giancarlo Sidoti, Fabio Aramini e Gianfranco Priori per il supporto scientifico e per le indagini svolte presso i Laboratori ISCR. Un ringraziamento speciale va ad Angelo Rubino (ISCR) per la complessa documentazione fotografica realizzata. Si ringrazia la Galleria Nazionale d'Arte Moderna di Roma, in particolare Mariastella Margozi, per il suo contributo alla ricerca storico artistica, e Luciana Tozzi e Anna Barbara Cisternino per le informazioni sulla storia conservativa dell'opera. Un vivo ringraziamento all'Archivio Colombo di Milano ed in particolare a Roberto Casiraghi per la sua bellissima testimonianza. Un grazie speciale ad Anna Laganà, per i suoi preziosi consigli sulla conservazione del PMMA, e a Stefano Antonelli per le informazioni sulla manifattura del plexiglas. Infine, si ringraziano sentitamente Fabio Testi, Alessandro Zucca e Dominik Obuszynski (Zp Elettronica spa) per la loro collaborazione nel restauro degli impianti di illuminazione.

NOTE

[1] La presente ricerca è stata condotta nell'ambito del progetto di Tesi di Maria Cristina Lanza per il conseguimento della Laurea Magistrale in Conservazione presso l'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro di Roma. Titolo della tesi: *Il restauro di un'opera cinevisuale in polimetilmetacrilato: il caso delle Tre strutturazioni ritmiche di Gianni Colombo*, a.a. 2015-2016, relatore coordinatore: Paola Iazurlo. Gruppo di lavoro: Maria Elisabetta Prunas, Giancarlo Sidoti, Fabio Aramini, Gianfranco Priori, Angelo Rubino, Mariastella Margozi, Luciana Tozzi, Fabio Testi, Zp Elettronica.

- [2] Per approfondire il concetto di opera “cinevisuale” si rimanda a Margozi M. (a cura di), *Opere Cinevisuali. Restauri recenti*, cat. mostra Galleria Nazionale d'Arte Moderna, Roma 2 luglio – 1 dicembre 1996, Edizioni SACS, Roma, 1996.
- [3] Indagine termografica svolta presso i Laboratori scientifici ISCR da Fabio Aramini.
- [4] Il tema della sostituzione per le opere cinetiche è stato ampiamente discusso nell'ambito del convegno *Keep it Moving. Conserving kinetic art*, tenutosi a Milano nel 2016 (per approfondimenti, vedi riferimento in bibliografia).
- [5] Per esigenze di brevità, in questa sede non è possibile andare nel dettaglio della fase sperimentale, la quale sarà oggetto di un'ulteriore pubblicazione.
- [6] Vedi Shashoua Y., Segel K., *Cleaning Plastics in museums*, in *Meddelelser om konservering*, IIC Nordic Group, 2013, n.2.
- [7] Per indicazioni sulla procedura della ricottura, o *annealing*, nell'ambito del restauro del PMMA si veda Laganà A., Van Oosten T., *Back to the transparency, back to the life: research into the restoration of broken transparent unsaturated polyester and poly(methyl methacrylate) works of art*, in ICOM Committee for Conservation, 16th Triennial Conference Preprints, Lisbon, 19-23 September 2011, International Council of Museums, Lisbona 2011.
- [8] In fase di sperimentazione è stato verificato che alla temperatura di 80°C le lastre in PMMA non subissero variazioni di trasparenza.
- [9] TNT PLS6a prodotto dalla ditta Bresciani srl.
- [10] Nella misurazione sono stati considerati eventuali fenomeni di dispersione o di assorbimento di calore da parte del tessuto o del melinex che ha consentito il sottovuoto.
- [11] Le piastre impiegate sono quelle comunemente utilizzate nell'ambito del restauro della carta.
- [12] L'individuazione della temperatura ottimale è avvenuta in modo graduale mediante l'esecuzione di diversi test. Si è partiti dalla temperatura di transizione vetrosa del PMMA, pari a 105°C, per ottenere un rammollimento del materiale; ma per uno spianamento completo è stata verificata la necessità di arrivare a 110°C.
- [13] Pasta Menzema 480W.
- [14] Pasta Menzema M5.
- [15] In base alle indagini effettuate con lo Stereo microscopio a fuoco esteso, la quantità di materiale assottigliata, necessaria alla riduzione dell'interferenza ottica, si attesta in un intervallo di valori compreso tra 0,2 e 0,4 mm, quindi nell'ordine del decimo di millimetro. Indagine eseguita presso i Laboratori scientifici ISCR da Gianfranco Priori.
- [16] Le analisi glossmetriche hanno registrato un incremento della lucidezza della superficie, soprattutto nelle zone che si presentavano maggiormente opacizzate. In uno dei pannelli più opacizzati, i valori più bassi sono passati da 96 ca. a 139-142. Indagini eseguite presso il Laboratorio di Fisica ISCR da Fabio Aramini.
- [17] Vedi: Sale D., *An evaluation of eleven adhesives for repairing poly(methyl methacrylate) objects and sculpture*, in *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials, 15-20 September 1991*, Canadian Conservation Institute, Ottawa, 1993 pp. 325-339; Laganà A. and Van Oosten, T. *op. cit.*, 2011; Lagana A., Langenbacher J., Rivenc R., Caro M., Dion V., Learner T., *The future of looking younger: A new face for PMMA. Research into fill materials to repair poly(methyl methacrylate) in contemporary objects and photographs*, in ICOM Committee for Conservation: 18th triennial conference, Copenhagen, 4-8 Sept. 2017: linking past and future, ICOM-CC, Parigi, 2017.
- [18] Per ulteriori dati relativi alle prestazioni del Paraloid B67 vedi Sale D., *op. cit.*, 1993; Down J. L., MacDonald M. A., Tetreault J. and Williams R. S., *Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute: an evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives*, in *Studies in conservation*, IIC Maney Publishing, 1996, Vol. 41, n. 1, pp. 19-44.
- [18] Scotch “Magic” 3M. Questo tipo di scotch è stato utilizzato dopo aver verificato la natura e l'assenza di interazione tra il PMMA ed eventuali residui di adesivo del nastro, i quali sono facilmente rimovibili con Etere di petrolio. Analisi FTIR dell'adesivo svolta presso Laboratori scientifici ISCR da Giancarlo Sidoti.
- [19] Per ulteriori dati relativi alle prestazioni della Hxtal NYL-1 vedi Down, J. L., *Review of CCI research on epoxy resin adhesives for glass conservation*, in *Reviews in Conservation*, 2001, Vol. 2, pp. 39-46.
- [20] Questa tendenza, legata alla tensione superficiale del prodotto, è tanto più accentuata quanto più il composto è fluido e quanto più lo strato da colmare è spesso; costituisce, pertanto, un limite importante nell'utilizzo della resina, tuttavia riducendo lo spessore si riesce a rendere trascurabile questo difetto.
- [21] Il lavoro di rifunzionalizzazione degli impianti di illuminazione ha richiesto uno studio specifico, il quale è stato presentato presso il 47th Annual Meeting dell'American Institute of Conservation (AIC), *New Tools, Techniques, and Tactics in Conservation and Collection Care*, New England (USA), 13-17 maggio 2019, e sarà oggetto di un'imminente pubblicazione a cura dell'*Electronic Media Review* dell'AIC.
- [22] La misurazione della luminanza è stata effettuata come indagine preliminare all'intervento, nell'ambito dello studio degli effetti luminosi dell'opera. In base ai valori acquisiti, è possibile constatare che, in fase di accensione dell'opera, i punti più luminosi si attestano su valori compresi tra 1,5 – 2,0 cd/m². Tali valori sono stati mantenuti nella riproposizione del nuovo impianto di illuminazione. Indagine effettuata presso i laboratori scientifici ISCR da Fabio Aramini.

BIBLIOGRAFIA

1. Sale D., *The effect of solvents on four plastics found in museum collection: a treatment dilemma*, in *Preprint of contributions to the Modern Organic Materials Meeting. Edinburgh, 14-15 April 1988*, Scottish Society for Conservation and Restoration, Edinburgo, 1988, pp.105-114.
2. Sale D., *An evaluation of eleven adhesives for repairing poly(methyl methacrylate) Objects and sculpture*, in *Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials, 15-20 September 1991*, Canadian Conservation Institute, Ottawa, 1993 pp. 325-339.
3. Colombo G., *Installazioni e passato remoto*, in Righi L., *Conservare l'arte contemporanea*, Nardini, Firenze, 1992, p. 162.

4. Cisternino A. B., *Il restauro di opere d'arte cinetica. Strutturazione pulsante e Tre oggetti cinetici di Gianni Colombo*, in Angelucci Sergio, *Arte contemporanea – Conservazione e restauro*, Nardini, Firenze, 1994 pp. 191-195.
5. Sale D., *An evaluation of six adhesives for repairing poly(methyl methacrylate) objects and sculpture : changes in tensile strength and colour after accelerated ageing*, in *Resins ancient and modern: pre-prints of the SSCR's 2nd resins conference held in Aberdeen, 13-14 September 1995*, Scottish Society for Conservation and Restoration, Edinburgo, 1995, pp. 17-32.
6. Margozi M. (a cura di), *Opere Cinevisuali. Restauri recenti*, cat. mostra Galleria Nazionale d'Arte Moderna, Roma 2 luglio – 1 dicembre 1996, Edizioni SACS, Roma, 1996.
7. Down J. L., MacDonald M. A., Tetreault J. and Williams R. S., *Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute: an evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives*, in *Studies in conservation*, IIC Maney Publishing, 1996, Vol. 41, n. 1, pp. 19-44.
8. Lorne A., *The poly(methyl methacrylate) objects in the collection of The Netherlands Institute for Cultural Heritage*, in *ICOM Committee for Conservation, 12th Triennial Meeting Lyon, 29 August-3 September 1999*, James & James, Londra 1999, p. 871-875.
9. Down, J. L., *Review of CCI research on epoxy resin adhesives for glass conservation*, in *Reviews in Conservation*, 2001, Vol. 2, pp. 39-46.
10. Willcocks S., *Transparent Tubes by William Turnbull: the degradation of a polymethyl methacrylate sculpture*, in *ICOM Committee for Conservation, 13th Triennial Meeting Preprints, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002*, James & James, Londra 2002, Vol. II, p. 935.
11. Laganà A., *I materiali plastici: poliuretano, polimetilmetacrilato e polivinilcloruro: tre casi di studio*, in *Bollettino ICR Nuova serie*, Roma 2002, vol. n. 16-17, p. 101-134.
12. Laganà A., Van Oosten T., *Back to the transparency, back to the life: research into the restoration of broken transparent unsaturated polyester and poly(methyl methacrylate) works of art*, in *ICOM Committee for Conservation, 16th Triennial Conference Preprints, Lisbon, 19-23 September 2011*, International Council of Museums, Lisbona 2011.
13. Shashoua Y., Segel K., *Cleaning Plastics in museums*. In *Meddelelser om konservering*, IIC, Nordic Group, 2013, n.2.
14. Laganà A., Rivenc R., *Less is more: exploring minimally invasive methods to repair plastic works of art*, in *Conservation perspectives: the GCI newsletter* 29, 2013, n. 1 (2014 Spring), pp. 16-17.
15. Lanza M. C., *Il restauro di un'opera cinevisuale in polimetilmetacrilato: il caso delle tre Strutturazioni ritmiche di Gianni Colombo*. Tesi Laurea Magistrale, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Roma, aa. 2015-2016.
16. Laganà A., Langenbacher J., Rivenc R., Caro M., Dion V., Learner T. *The future of looking younger: A new face for PMMA. Research into fill materials to repair poly(methyl methacrylate) in contemporary objects and photographs*. In *ICOM Committee for Conservation: 18th triennial conference, Copenhagen, 4-8 September 2017: linking past and future*, ICOM-CC, Parigi, 2017
17. Rivenc R., *Keep it moving : conserving kinetic art*, proceedings from the meeting organized by the Getty Conservation Institute, the ICOM-CC Modern Materials and Contemporary Art Working Group, and Museum del Novecento, Palazzo Reale Milano (Italy), June- July 2016, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2018.

DUE ESEMPI DI USO DEL RILIEVO 3D PER STUDIARE LA COLLOCAZIONE PIÙ CORRETTA DI OPERE

Maria Grazia Chilosì*, Pietro Gasparri**

*Restauratrice, CBC Conservazione Beni Culturali, Viale Manzoni 26, 00185, Roma, 06/70495282
atti.chilosì@gmail.com

**Architetto, CPT Studio Srl, Via di Santa Cornelia 5/A, 00060, Formello (RM), 06/9075528
pietrogasparri.cpt@gmail.com

Abstract

La statua di Santa Bibiana, prima opera di soggetto religioso di Gian Lorenzo Bernini, è stata ideata all’interno del progetto di ammodernamento dell’omonima chiesa sull’Esquilino, voluto dal papa Urbano VIII nel 1624. L’artista l’ha posta nell’edicola sull’altar maggiore, in una nicchia a conchiglia, sapientemente illuminata da un fascio di luce proveniente dalla finestra aperta alla sua sinistra.

Il recente restauro della scultura, in occasione della mostra “Bernini” realizzata alla Galleria Borghese, ha rivelato aspetti inediti sulla sua tecnica e la sua storia conservativa: è emerso in particolare che la posizione sul plinto di base non era più quella voluta da Bernini. Lo studio della vicenda conservativa ha confermato che la statua era stata smontata più volte; i successivi rimontaggi avevano determinato una indebita rotazione che ne ha compromesso l’equilibrio prospettico. L’intervento di restauro e l’approfondito studio sull’opera hanno portato a conclusioni convincenti, con la conseguente unanime richiesta di una definitiva ricollocazione della statua sull’altare, nella posizione corretta.

Nel corso delle operazioni propedeutiche alla ricollocazione, si è appurato che il piano d’appoggio della scultura non era complanare al piano del plinto di base e non poteva dunque servire di guida per la prevista rotazione. Si è così ricorsi ad un rilievo 3D dello studio CPT che ci ha consentito di studiare insieme alla Direzione lavori il più corretto posizionamento all’interno dello spazio angusto della nicchia, misurando sia la rotazione che l’inclinazione, e di progettare un elemento in marmo che compensasse la mancanza della base.

Un uso analogo del rilievo laser scanner è stato fatto per i dipinti degli Evangelisti nel presbiterio della chiesa di San Sebastiano a Venezia; i quattro dipinti, accostati a coppie, compongono due lunette con cornice e occhio centrale in pietra d’Istria. Nelle diverse foderature, sostituzione dei telai e movimentazioni, si era perduto il corretto rapporto tra dipinti e struttura architettonica. Il rilievo laser scanner e l’ortofotografia ci ha consentito di spostare virtualmente le tele nelle lunette e di progettare una leggera correzione delle curvature e delle lunghezze delle basi dei telai, per meglio adeguarli al profilo delle cornici architettoniche.

Introduzione

Negli interventi di restauro ci si trova spesso di fronte ad opere che hanno subito variazioni rispetto alla loro collocazione originaria; tali variazioni, dovute a manomissioni, calcature, restauri, modifiche del contesto architettonico circostante, alterano più o meno gravemente la visione progettata dall’artista. Per il restauratore è spesso complicato calcolare, con una sufficiente precisione, gli ingombri di manufatti articolati e voluminosi, che debbano essere rimontati entro sedi spazialmente limitate o a loro volta manomesse. Nei due esempi che seguono ci siamo avvalsi, con buoni risultati, del rilievo laser scanner; questa tecnologia è ormai entrata nell’uso corrente per il rilievo di monumenti e di manufatti complessi, anche come base per la mappatura di restauro, ma qui ne vogliamo sottolineare una funzione “di servizio”, ossia un uso funzionale a limitare l’approssimazione nel ricollocamento in opera di manufatti restaurati.

Il caso della Santa Bibiana

La prima opera di soggetto religioso di Gian Lorenzo Bernini è stata progettata e scolpita per la ristrutturazione della Chiesa di Santa Bibiana sull’Esquilino, voluta da Urbano VIII nel 1624. La sua peculiarità è proprio il rapporto perfettamente studiato con l’architettura che la contiene e con la sua decorazione, provato anche dalla sapiente illuminazione che le deriva dall’apertura di una finestra alla sua sinistra.

Lo studio della scultura, nel corso del restauro condotto in occasione della mostra “Bernini” realizzata alla Galleria Borghese nel 2018, ha fatto emergere che l’attuale posizione della statua sul plinto di base non era più quella studiata e realizzata in origine[1]. Il marmo recava tracce evidenti di restauri e smontaggi: la perdita di un’ampia porzione del terreno roccioso su cui si erge la santa, una scagliatura legata ad una disomogeneità strutturale del marmo, era stata reintegrata con mattoni e malta; uno smontaggio della statua dal plinto è poi accertato per un calco, eseguito da Paolo Posi nel 1752, da cui furono tratte diverse copie, una delle quali conservata all’Accademia di Belle Arti di Bologna; nelle diverse manipolazioni o nel rimontaggio, l’integrazione

si è staccata e infine la scultura è stata rimontata con un'indebita rotazione verso destra e l'inserto antico è stato riapplicato con uno strato consistente di gesso, mutandone la forma e l'ingombro. Lo studio delle tracce di lavorazione sull'opera, in particolare l'andamento anomalo del non finito nelle parti non in vista e la precisione con cui è stata condotta la lucidatura della sola parte che doveva essere colpita dalla luce della finestra, hanno confermato la rotazione; il confronto con le stampe storiche ci ha guidato nel calcolarne l'ampiezza; alla fine del restauro e della mostra si è perciò deciso di recuperare la posizione corretta della statua sul plinto, prima della sua ricollocazione sull'altare [2].

Asportando le stuccature perimetrali che vincolavano la statua al plinto, si è appurato che essa poggiava su laterizi liberi e cunei di legno e che il piano inferiore della scultura recava un taglio obliquo a sega e non era complanare al piano del plinto di base; abbiamo ipotizzato che Bernini avesse disposto il blocco da scolpire leggermente in obliquo per sfruttarne al meglio le dimensioni e potervi inscrivere l'aggetto notevole del braccio proteso. In ogni caso quel piano non poteva servire da guida per l'appoggio e per la prevista rotazione. Si è perciò ricorsi ad un rilievo 3D eseguito dallo studio CPT, che ci ha consentito di studiare il più corretto posizionamento all'interno dello spazio angusto della nicchia, misurando sia la rotazione che l'inclinazione della statua. Il rilievo è stato eseguito con un sistema all'avanguardia che prevede l'integrazione in un unico spazio tridimensionale dei dati laser scanner e del modello 3D ottenuto da prese fotogrammetriche[3]. Al momento delle riprese, la statua era collocata nella navata laterale della chiesa, all'interno di una struttura in tubi innocenti che la teneva in sicurezza: si è quindi provveduto a rimuovere i tubi innocenti dal modello 3D, per poter procedere con la ricollocazione virtuale della statua all'interno della nicchia; sono invece visibili le lacune di colore nero che corrispondono ai punti di contatto dei puntelli.

Di tutte le infinite variazioni consentite dal rilievo tridimensionale della statua e della nicchia sull'altare, rilevate separatamente, si presentano qui tre simulazioni virtuali (Figure 1,2,3): la prima ricostruisce la posizione iniziale della scultura prima del restauro; la seconda mostra la posizione che assumerebbe la scultura, facendo combaciare la faccia inferiore della statua con il piano superiore del plinto, la terza infine la posizione scelta per il rimontaggio, che si ritiene la più credibile e la più simile a quella originale, sulla base del confronto con la stampa dell'incisore fiammingo Robert Van Audenaerde, eseguita prima del 1689. Con la figura così disposta l'immagine virtuale rivela che tutto il bordo destro rimane sospeso.



Figura 1. posizione prima del restauro



Figura 2. posizione con la base adagiata sul plinto



Figura 3. posizione finale scelta

Una volta scelta la posizione più corretta nella nicchia, partendo dal rilievo 3D è stata eseguita una sezione orizzontale della statua per fissarne il giusto rapporto con il plinto di base (Figura 4). Nella sezione, oltre a riportare l'ingombro massimo della scultura, sono stati individuati e misurati rispetto al plinto dei punti di riferimento, come il naso e il pollice della mano protesa; quest'ultimo in particolare è stato preso in considerazione nelle operazioni di rotazione, dato che la sua proiezione cadendo all'esterno era di più semplice controllo. Dal disegno in scala 1:1 si è ricavata una controsagoma in materiale leggero che servisse di guida durante la rotazione (Figura 5). Questa è stata eseguita operando spostamenti minimi con l'aiuto di leve di ferro,

frapponendo fogli di piombo, senza dover sollevare la scultura (Figura 6), controllando via via con un filo a piombo l'aggetto del pollice (Figura 7). Questo in effetti dipendeva sia dalla rotazione che dalla inclinazione della scultura che è stata tenuta sotto controllo con robusti cunei in legno. Per facilitare il lavoro, si è preferito rimuovere temporaneamente l'integrazione in mattoni e malta, dopo averla protetta con un velatino; si è così messa in luce la superficie di frattura e si è visto che l'inserito era stato riapplicato troppo basso e con uno strato consistente di gesso che ne determinava l'eccessivo ingombro.

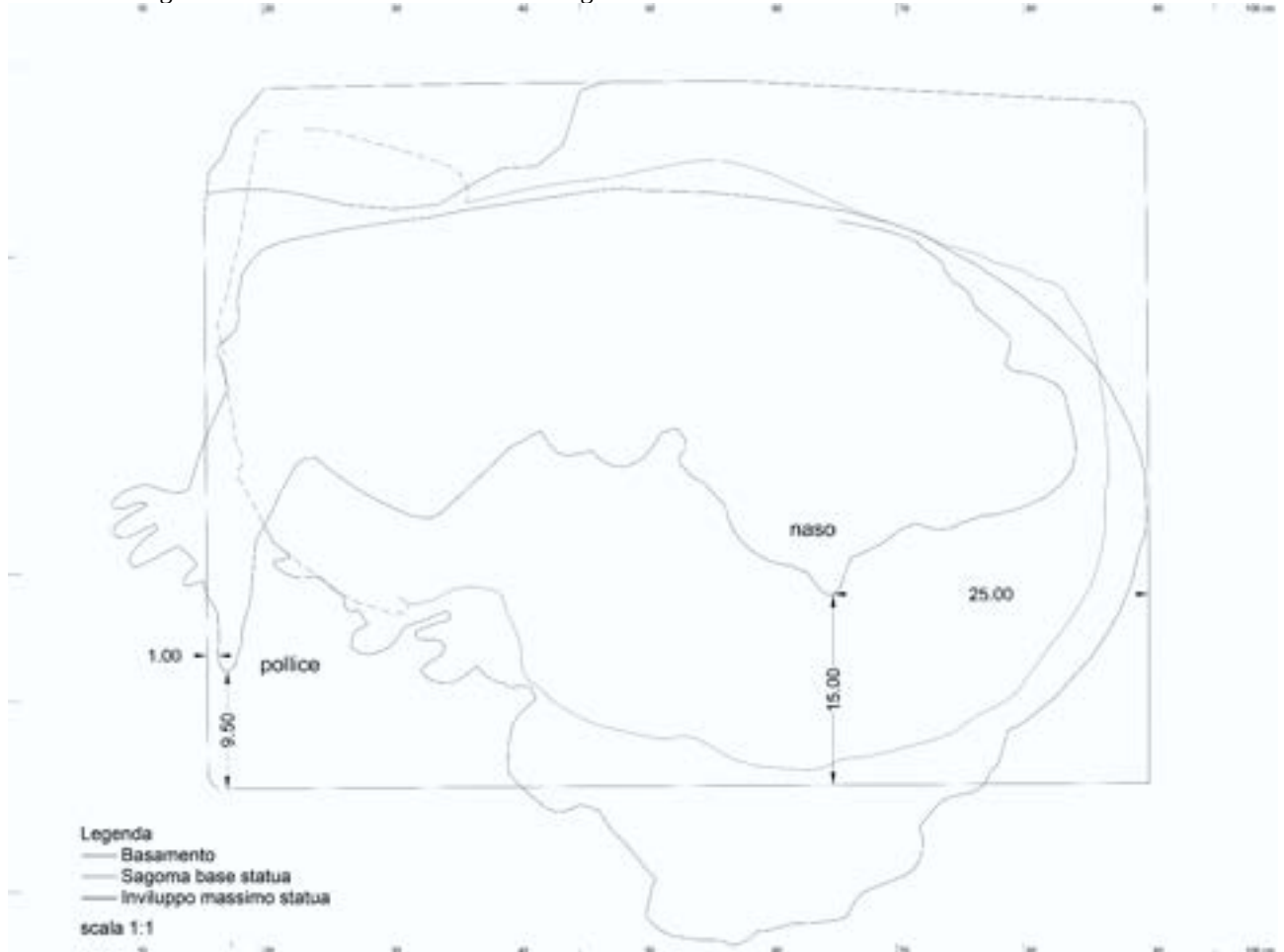


Figura 4. Sezione orizzontale della statua e sagoma del plinto con segnalazione dei punti di riferimento scelti



Figure 5,6,7. Controllo dei punti di riferimento sulla controsagoma durante la rotazione. Visibile la scagliatura del marmo

Sempre sull'immagine 3D della posizione corretta, si è ricavata la misura del vuoto tra base e plinto, per poter eseguire con precisione il cuneo di riempimento in marmo di Carrara che doveva essere inserito a sostegno della statua (Figure 6,7); questo è poi stato rifinito in corso d'opera e inserito avvolto in un foglio di piombo per garantire adattabilità e sufficiente attrito tra le parti.

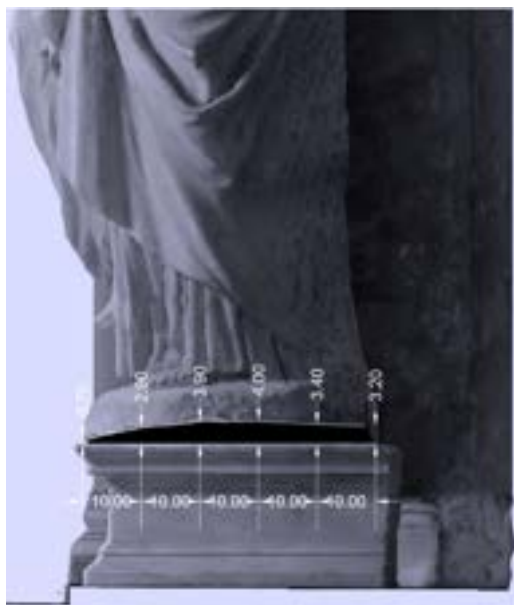


Figura 6. Misurazione del vuoto tra statua e plinto delle misure sull'immagine 3D della posizione corretta



Figura 7. Prova di inserimento del cuneo in marmo preparato sulla base delle misure



Figura 8. La statua di Santa Bibiana prima del restauro



Figura 9. La statua ricollocata correttamente dopo il restauro

Confrontando le due immagini prima e dopo il restauro, si può dire che la correzione apportata dalla rotazione verso sinistra e dalla diversa inclinazione restituisce alla figura la frontalità perduta; il volto diretto verso l'ingresso e gli occhi rivolti all'immagine di Dio Padre dipinta sulla volta; il ginocchio e la gamba in primo piano disposti in verticale; la colonna finalmente diritta e posta in secondo piano.

Il caso delle lunette di San Sebastiano a Venezia

Nella parte alta del Presbiterio della chiesa, tutta decorata da Paolo Caliari detto il Veronese, due lunettoni con cornice e occhio centrale in pietra d'Istria accolgono quattro tele raffiguranti gli Evangelisti. Mentre il *San Marco* e il *San Luca* sulla parete destra, sono attribuite al Veronese o alla sua bottega, il *San Matteo* e il *San Giovanni* sono di autore ignoto e di circa un secolo più tarde [4].



Figura 10. *San Marco* e *San Luca* prima del restauro



Figura 11. *San Matteo* e *San Giovanni* prima del restauro

I quattro dipinti sono già stati foderati intorno alla metà degli anni '60 con doppie tele a trama aperta applicate a colla di pasta. La foderatura, la cui adesione sembrava buona, aveva irrigidito e appesantito in modo considerevole i dipinti, caratterizzati invece da supporti a trama e spessore leggero o medio. Ampie onde di deformazione, ormai irreversibili, percorrevano le superfici in modo irregolare. La fermatura perimetrale appariva per ampi tratti disordinata; sono state rinvenute le tracce di una chiodatura precedente, con andamento molto diverso, a testimonianza di almeno un altro intervento di sostituzione dei telai.

I telai esistenti sono stati da subito giudicati non più idonei: caratterizzati da dimensioni ampie (m 3 x 2,90 circa) e profili articolati, potenzialmente espandibili, erano bloccati da piastre lignee inchiodate e avvitate sugli incastri. La loro struttura appariva indebolita e si sono osservate zone interessate da erosione di anobidi. Un listello sagomato tinteggiato a tempera era applicato lungo la centina, a coprire lo spessore dei dipinti e parte del fronte; sullo spessore degli altri bordi era inchiodato un listello piano, a sola protezione della chiodatura.

Ma era il rapporto tra dipinti e struttura architettonica ad essere poco soddisfacente: i profili dei dipinti in parte si sovrapponevano, in parte si discostavano dalle cornici in pietra d'Istria, sia della centina della lunetta che dell'occhio, con un effetto fastidioso, particolarmente evidente nella parete di sinistra.

Da quanto si è potuto ricostruire dai documenti di archivio, si ipotizza un primo intervento di parziale sostituzione di cornici e marcapiano tra il 1669 e il 1670 (e forse a questo momento si possono datare le due lunette con *San Matteo* e *San Giovanni*), sotto la direzione dell'Arch. Giuseppe Scalzi. Un secondo intervento, datato 1865, è documentato anche da una serie di disegni tecnici, che segnalano gli elementi in pietra sostituiti e quelli originali rimontati. Difficile dire quanto questi interventi abbiano modificato l'andamento e le dimensioni delle cornici e dell'occhio; probabilmente a questi restauri risalgono i due gocciolatoi alla base delle finestre, che non poco disagio hanno causato alla forma dei dipinti.

Le condizioni dei telai esistenti la volontà di correggerne le curvature per meglio adeguarle ai profili architettonici della base della cupola, hanno portato alla decisione di costruire nuovi telai. A questo fine il CPT studio ha eseguito un rilievo sia delle opere che dello spazio architettonico che le accoglie. Sul campo sono state eseguite prese fotogrammetriche e laser ad alta risoluzione e un rilievo architettonico con laser scanner, restituendo: una base ortofotografica ad alta risoluzione delle quattro tele; una restituzione geometrica al tratto *cad* dei profili dei dipinti, che ha permesso lo studio delle dimensioni corrette dei nuovi telai rispetto allo spazio architettonico [5]. Nel frattempo la pulitura condotta sui dipinti

aveva rivelato nelle zone perimetrali ampie mancanze con brani di preparazione o della tela in vista, e questo ci confortava sulla possibilità di ridefinire con un certo agio i punti di piegatura sui telai nuovi, con il profilo corretto.

Nella prima fase i vari livelli del rilievo hanno consentito di studiare una posizione maggiormente coerente, a partire dalla dimensione e dalla forma data dei dipinti (Figure 12 e 13).



Figura 12.Le due tele nella posizione iniziale



Figura 13.Le stesse nella posizione che si è scelto di riproporre. Il profilo nero indica la posizione di partenza

Il passo successivo prevedeva l'elaborazione di un profilo modificato per i nuovi telai che tenesse conto: - del recupero, dove possibile, dei bordi dipinti o della riduzione di misura nelle punte centrali, sfruttando i margini privi di pittura o ricostruiti negli interventi precedenti; - degli spessori necessari all'inserimento dei listelli di cornice tra il telaio e il vano architettonico; - degli spessori delle tele (originali e di rifodero) e delle piegature agli angoli.

Sui nuovi profili così delineati e stampati in formato 1.1 sono stati costruiti i nuovi telai [6], studiando il dimensionamento dei montanti e la posizione delle traverse in relazione alla singolare conformazione dei dipinti. Un sistema di viti a scomparsa posizionate agli incastri tra i montanti, e tra i montanti e le traverse, ha consentito di regolare la tensione dei teli durante le fasi di rimontaggio dei dipinti foderati. Anche se la precisione del rilievo e delle elaborazioni successive del disegno erano di grande dettaglio, molto si è dovuto aggiustare manualmente, sia in fase di costruzione della struttura lignea che in fase di montaggio.



Figura 14. Le riprese dei dipinti prima dello smontaggio

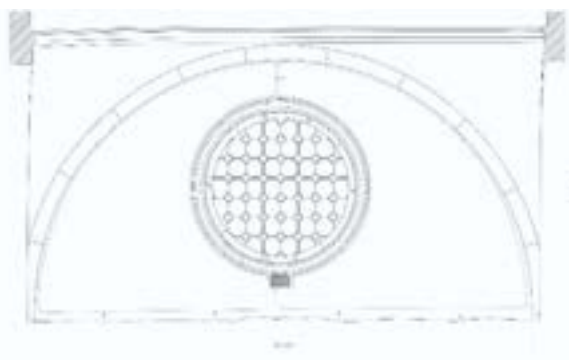


Figura 15. profilo definitivo concordato per la costruzione dei nuovi telai



Figura 16. Costruzione del telaio sul profilo in scala 1:1



Figura 17. Prove in opera, prima del rimontaggio dei dipinti



Figura 18. La lunetta con il San Marco e il San Giovanni dopo il rimontaggio

Dunque il rilievo tridimensionale, e la successiva simulazione virtuale del risultato finale, costituiscono un valido supporto nel procedimento per la ricollocazione corretta delle opere. I due casi sono assai diversi dato che il primo è un manufatto tridimensionale che deve essere inserito libero in uno spazio, mentre i dipinti veneziani si possono considerare oggetti bidimensionali, ma in entrambi i casi le tecnologie impiegate hanno consentito un'acquisizione rapida e priva di rischi per i manufatti e la generazione di modelli fotorealistici, perfettamente rispondenti allo stato dei luoghi, cosa più difficilmente ottenibile con sistemi di rappresentazione tradizionale.

Il sistema integrato di rilevamento tridimensionale impiegato permette da un lato di acquisire i modelli in modo rapido e preciso e dall'altro di ottenere una copia virtuale foto realistica dell'oggetto di intervento. In questo modo è possibile procedere con le simulazioni virtuali della collocazione finale, avendo un controllo visivo sull'intervento il più possibile vicino alla realtà, evitando o limitando il procedere direttamente nello spazio reale, cosa estremamente più complessa e meno facilmente gestibile.

NOTE

[1] Il restauro della scultura e dell'altare, finanziato dalla Galleria Borghese, è stato eseguito per la CBC da Maria Grazia Chilosì, Mark Gittins, Marco Santancini e Cinzia Silvestri, con l'alta sorveglianza di Roberta Porfiri della Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma. Gli esiti dello studio sono pubblicati nell'articolo *Barocco 'in nuce'. Il recupero critico della Santa Bibiana di Gian Lorenzo Bernini*: Roberta Porfiri, "Ars est celare artem". *Note critiche sulla fortuna e sul restauro della scultura*; Maria Grazia Chilosì, *Considerazioni a margine del restauro*; Maria Grazia Chilosì, *Appendice tecnica*; Francesca Bencetti, *Appendice documentaria*, in *Bollettino d'Arte*, 35-36, 2018, pp. 183-246.

[2] L'intervento di rotazione dell'opera, finanziato dal Vicariato di Roma e da *Piazza Vittorio Aps* (ENPAM) per interessamento dell'associazione *Esquilino vivo*, è stato diretto per la Soprintendenza da Alessandra Lanzoni ed eseguito nella Chiesa di Santa Bibiana dall'impresa Montenovi, con il coordinamento e il supporto dei restauratori della CBC; l'impresa Ediltubi ha fornito la struttura in tubi per tenere in sicurezza la statua e lo scultore Alessandro De Tomassi ha realizzato il cuneo in marmo.

[3] La strumentazione utilizzata è laser scanner Focus S 70 della Faro Europe; camera digitale reflex Canon EOS 5D Mark IV, con ottiche calibrate per rilievi fotogrammetrici tridimensionali.

[4] Il restauro delle tele, finanziato da Save Venice Inc. e diretto per la Soprintendenza da Amalia Basso, è stato eseguito nel 2017 dal RTI tra la CBC e Egidio Arlango. Qui si tratta delle due tele restaurate per la CBC da Sabina Vedovello, Angela Amendola, Maria Grazia Chilosì, Marinella Miano, Lucia Tito; Matteo Rossi Doria ha curato il restauro strutturale di tutti e quattro i dipinti.

[5] La strumentazione utilizzata è laser scanner Focus 3D 120 della Faro Europe; camera digitale reflex Canon EOS 5D Mark IV, con ottiche calibrate per rilievi fotogrammetrici tridimensionali.

[6] La stampa 1:1, gli adattamenti manuali e la costruzione dei telai sono stati eseguiti da Matteo Grazioli, Alporticotelai, Verona

METODI INNOVATIVI PER IL TRATTAMENTO SUPERFICIALE DI LEGHE E METALLI

Sylvie Cheney*, Marilena Anzani, Lorenzo Appolonia*, Sara Goidanich***, Alfiero Rabbolini****

* Laboratorio analisi scientifiche per la conservazione, Soprintendenza per i beni e le attività culturali, Regione Autonoma Valle d'Aosta, s.cheney@regione.vda.it

** Restauratori, ACONERRE Arte Conservazione Restauro snc., Via Paolo Sarpi 42, Milano, aconerre@tin.it

*** Ricercatrice presso il Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria chimica 'Giulio Natta', Politecnico di Milano, sara.goidanich@polimi.it

Abstract

L'introduzione di gel rigidi a base di agar nel campo della conservazione e del restauro risale agli inizi del 2000 con le prime applicazioni, per lo più, di gel preformati su superfici planari di tele o carte, oltre all'utilizzo sporadico per la rimozione di cloruri dal bronzo.

La conoscenza del materiale e la sua duttilità d'uso, ha favorito la sperimentazione da parte di restauratori interessati a valutare altre possibilità di impiego, sviluppando studi applicativi finalizzati alla pulitura di manufatti lapidei artificiali e naturali. I risultati ottenuti hanno creato interesse e curiosità al punto da essere portati a conoscenza del settore analitico, al fine di meglio comprendere il valore dei risultati stessi. L'interesse, quindi, si è concentrato anche sulla possibilità di rimuovere gli strati di corrosione e incrostazione dagli oggetti metallici archeologici. Nel 2011, la Soprintendenza di Aosta ha ritenuto interessante avviare un progetto di ricerca al fine di valutare, in primis, le proprietà chimico-fisiche del gel di agar e, di conseguenza, quali fossero le interazioni del sistema agar/acqua con dei metalli, sani e corrosi, al fine meglio comprendere i fenomeni di interazione che erano stati evidenziati dai restauratori. Il fine principale dello studio era quello di verificare l'applicazione dei gel sui metalli e sulle loro patine per proporre un eventuale nuovo processo di conservazione.

Il progetto ha cercato, inizialmente, di verificare la possibilità di caratterizzare le proprietà chimico-fisiche del gel, utilizzando per la misura le tecniche della risonanza magnetica nucleare (NMR). Sono quindi stati scelti tre materiali metallici, ferro, rame e bronzo, che sono stati corrosi per via elettrochimica e inglobati in gel di agar a diverse concentrazioni, mentre altri provini metallici non ossidati sono stati oggetto di prove di perdite di peso, al fine di comprendere l'interazione tra il gel e la superficie pulita metallica e valutare le velocità di corrosione dei metalli all'interno del sistema agar/acqua.

La sperimentazione ha permesso di porre le basi per la comprensione delle affinità e la reattività fra i metalli, sani e corrosi, e il gel di agar, in particolare per valutare la sua possibile applicazione nella conservazione di questi materiali. I primi dati ci permettono di avanzare delle ipotesi di ricerca e lavoro da condividere con il mondo accademico e la collettività dei restauratori.

Introduzione

L'interesse per i gel rigidi, in particolare per quelli a base di agar, nacque nel 2003 in seguito a un corso teorico/ pratico di aggiornamento professionale sui metodi di pulitura acquosi durante il quale il Prof. Richard Wolbers, della University of Delaware statunitense, presentò le potenzialità del materiale. Quest'ultime si manifestano nelle proprietà gelificanti dell'agar, ma soprattutto nella sua possibilità di impiego come mezzo di umidificazione controllata delle superfici. Negli studi successivi, dal 2007, i restauratori della ditta Aconerre hanno sviluppato diversi metodi di applicazione dei gel di agar che, usati inizialmente per la pulitura delle opere in gesso, si sono poi rivelati idonei per diverse tipologie di materiali.

L'agar è formato da due tipi di polisaccaridi, l'agarosio e l'agaropectina. Di questi, solo il primo costituisce la frazione gelificante grazie al suo alto peso molecolare, formando legami a idrogeno. Questo meccanismo di gelificazione conferisce all'agar la capacità di trattenere nel macroreticolo enormi quantità di acqua, che può essere poi rilasciata lentamente sul supporto. Le sperimentazioni hanno messo in luce la maggiore idoneità dei gel di agar rispetto a quelli di agarosio puro, i quali rilasciando una maggiore quantità di acqua, formano delle pellicole più rigide e di conseguenza più difficili da rimuovere.

Una delle caratteristiche principali dei gel è la reversibilità: si sciolgono con apporto di calore e gelificano durante il raffreddamento; questo processo può essere ripetuto infinitamente. La struttura del polisaccaride varia in base alla temperatura del gel: durante lo scioglimento nella fase fluida, il materiale si presenta sotto forma di gomitolo disordinato, mentre con il raffreddamento prevale una forma di reticolo a doppia elica che genera una struttura tridimensionale in grado di trattenere grandi quantità di acqua.

Utilizzabile come un metodo ad impacco, il gel di agar ha dimostrato uno specifico potere di azione superiore

ai metodi tradizionali fino ad allora utilizzati, per la capacità di attrarre e rimuovere lo sporco solubilizzato, che rimane inglobato nello strato a contatto con la superficie trattata. Applicato allo stato fluido, forma una pellicola compatta che si modella sulla superficie, senza lasciare vuoti d'aria e punti di mancata aderenza, evitando l'inconveniente di una pulitura disomogenea. La trasparenza del materiale, inoltre, fornisce un controllo puntuale della superficie su cui si sta operando. L'applicazione del gel destrutturato ridotto a consistenza neve, eventualmente addizionato di opportuni solventi, può essere invece utile nel caso di superfici sensibili. È possibile variare la concentrazione e la densità della soluzione, lo spessore della pellicola, le temperature di applicazione e i tempi ottimali di contatto in base agli esiti delle prove preliminari.

Il valore dello studio effettuato nasce dalla migliore combinazione possibile nel settore della conservazione, dove le osservazioni derivanti dalla pratica vengono verificate con supporti analitici. La curiosità dei restauratori circa le potenzialità dei nuovi materiali ha fatto sì che si provasse ad utilizzare questo tipo di supportante anche su materiali ferrosi. Evidentemente, le prime prove non sono state condotte su opere o oggetti da restaurare, bensì su alcuni metalli corrosi di facile reperibilità. La prova, condotta dai restauratori utilizzando una chiave di ferro arrugginita messa in agar e lasciata lì, senza altro fare che osservare cosa accadeva, grazie alla citata trasparenza dell'agar stesso, ha dato origine alla ricerca. In questo modo, si è potuto osservare, all'interno dell'agar, la formazione di diversi strati concentrici con colorazioni differenti attorno all'oggetto, il quale una volta estratto appariva pulito dalla parte di ruggine. Una successiva prova, più mirata, è stata condotta immergendo una vite di ferro arrugginito in gel di agar preparato con concentrazione al 3% ed estratta dopo 8 mesi. Le osservazioni in microscopia elettronica a scansione della vite, prima e dopo l'inglobamento in agar, mostrano chiaramente che il gel ha permesso di eliminare i prodotti di corrosione superficiale, trasformando la parte rossa di ruggine in una patina di colore nero [Figura 1]. Questa semplice osservazione, già supportata da una breve indagine diagnostica, ha fatto pensare che l'agar fosse adatto per essere utilizzato quale metodo di pulitura, dando degli sviluppi pratici e immediati per quanto concerne, per esempio, le monete rinvenute negli scavi archeologici, in quanto l'agar potrebbe permettere di eliminare lo strato di corrosione senza danneggiare i soggetti iconografici raffigurati, la cui comprensione è di fondamentale importanza per la datazione del contesto di recupero. La pulitura dei manufatti metallici rappresenta infatti una fase del restauro molto delicata, in quanto difficilmente si conosce lo spessore della patina di corrosione, la cui composizione dipende da diversi fattori, tra cui la lega del metallo e le caratteristiche del suolo. La possibilità di mantenere sotto controllo visivo l'andamento della rimozione degli ossidi è un fattore importante nella pratica del restauro. La conoscenza empirica, tuttavia, non è sufficiente per ritenere che il metodo sia applicabile su larga scala e su oggetti di particolare valore. Da questa corretta considerazione è nato il confronto fra chi ha avuto l'idea, il restauratore, e chi ha gli strumenti per poter dare una valutazione oggettiva di quanto accade e del rischio che l'impiego di tale tecnica può rappresentare per l'oggetto. Partendo dal presupposto che tutti i metodi di pulitura possono presentare rischi per le opere in restauro, è corretto quindi cercare di definire il valore di questo rischio, per poter sviluppare un atteggiamento critico adatto ad applicare il metodo nei casi dove si ritiene opportuno e che mostrino una compatibilità con le necessità conservative.

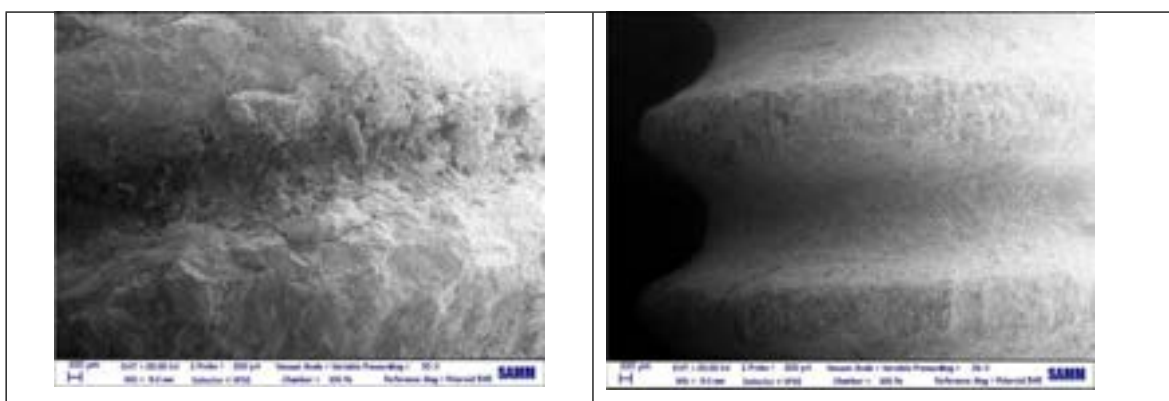


Figura 1. Visione di parte della vite al SEM, prima (a sinistra) e dopo (a destra) del trattamento con immersione in agar-agar: è evidente la riduzione della parte ossidata

Gli obiettivi del progetto hanno quindi riguardato inizialmente la comprensione del sistema agar/acqua, in particolare delle diverse possibilità di preparazione del gel per i quali sono state previste prove a cinque diverse concentrazioni (1%, 2%, 3%, 4% e 5%) e due differenti cotture (due e tre). Lo studio è stato condotto con l'impiego di strumentazione NMR-Profilier della Bruker. L'uso dell'NMR è sembrato quello più adatto, in considerazione del fatto che la tecnica dà una chiara lettura del grado di libertà che ha l'acqua di orientarsi

sotto il campo magnetico indotto e, inoltre, permette di comprendere con che velocità l'orientazione del dipolo idrogeno/ossigeno tende a ritrovare il suo grado di libertà di orientazione. Questo passaggio è fortemente legato alla libertà dell'acqua e al vincolo che la stessa ha nella struttura solida in cui si trova.

Per valutare il tipo di rapporto fra i metalli e il supportante con acqua per la loro pulitura, sono stati predisposti 24 provini di ferro, 9 provini di rame e 9 provini di bronzo. Questi sono stati corrosi per via elettrochimica con appropriate soluzioni e i prodotti di corrosione sono stati caratterizzati mediante microscopia Raman. I provini corrosi sono quindi stati inglobati in gel di agar preparato a 3 differenti concentrazioni: 1%, 3% e 5%. Le interazioni tra il gel e i provini metallici sono state indagate misurando la loro differenza di potenziale, mentre sulla superficie dei gel sono stati misurati il pH e il potenziale redox.

Infine, per valutare il rischio di aggressività del sistema supportato con il metallo, sono stati predisposti 36 provini di ferro, 36 provini di rame e 36 provini di bronzo, i quali sono stati lucidati, pesati e quindi inglobati in gel di agar preparati con le concentrazioni già citate (1%, 3% e 5%). Questi provini sono stati estratti dal gel dopo uno, due, tre e quattro mesi, pesati nuovamente ed è stata valutata la loro perdita di massa e quindi la velocità di corrosione del metallo all'interno del sistema agar/acqua.

La ricerca ha avuto necessità di supporto, disponibilità e collaborazione di varie competenze, che hanno visto coinvolgere: l'Università degli Studi di Torino, il Politecnico di Milano, la società di restauro Aconerre di Milano e il Centro Conservazione e Restauro la Venaria Reale.

Materiali e metodi

L'agar scelto per il lavoro di ricerca qui presentato è commercializzato dalla CTS sotto il nome di AgarArt, ed è caratterizzato da una temperatura di gelificazione compresa tra 38°C e 42°C e un punto di fusione compreso tra 85°C e 90°C.

Per quanto concerne le misure mediante risonanza magnetica nucleare, sono stati preparati dei gel con cinque diverse concentrazioni, dall'1% al 5%, cotti due e tre volte. Dall'esperienza dei restauratori, infatti, è stato osservato che aumentando il numero di cotture aumentano la trasparenza e l'omogeneità del gel. Sono state effettuate delle misure direttamente sulla superficie del gel tal quale (a 2 e 3 cotture) e in seguito a un suo congelamento e scongelamento (a 2 cotture). Lo strumento impiegato è un NMR Profiler E!2214 – Mouse® della Bruker, dotato di un magnete di circa 2 Kg sul quale viene adagiato il campione per la misura. Lo strumento effettua 1024 scansioni ogni secondo e ha un range di penetrazione all'interno del materiale da 0,5 mm a 3 mm. È stato misurato il tempo di rilassamento trasversale T_2 , che dipende dalla mobilità dell'acqua all'interno del campione: più è presente acqua mobile e maggiore è il tempo di rilassamento.

Al fine di comprendere l'interazione tra una superficie metallica corrosa e il gel di agar, sono stati preparati e lucidati 24 provini di ferro, 9 provini di bronzo e 9 di rame di dimensioni di circa 1,5 cm x 5 cm e spessore 0,5 cm. I provini sono stati forati in modo da poter consentire l'inserimento di una vite, attorno alla quale è stata avvolta l'estremità di un cavetto elettrico. La vite e il cavetto sono stati quindi isolati mediante l'impiego di silicone non corrosivo.

Con lo scopo di ottenere una patina di corrosione per via elettrochimica, è stato creato un circuito elettrico impiegando un controelettrodo in acciaio inossidabile, una resistenza di 10 Ω e un generatore di corrente. I provini di ferro sono stati immersi in una soluzione costituita da carbonato di sodio (Na_2CO_3) con concentrazione di 5 g/L, cloruro di sodio (NaCl) a 5 g/L e solfato di sodio (Na_2SO_4) con concentrazione di 1 g/L. Per ogni prova, della durata di circa 1 ora – 1 ora e mezza, sono stati corrosi simultaneamente 3 provini. I provini di rame e di bronzo sono stati corrosi mediante l'impiego del generatore di corrente utilizzando una soluzione acquosa di bicarbonato di sodio (NaHCO_3) e una resistenza di 10 Ω . Per il rame la prova è stata interrotta dopo circa un paio di ore, mentre per il bronzo dopo circa 8 ore [Figura 2].



Figura 2. Corrosione elettrochimica di un provino di bronzo in soluzione con il controelettrodo

Le patine risultanti dalle prove di corrosione elettrochimica sono state indagate mediante uno spettrometro Raman Renishaw "InVia" accoppiato con un microscopio ottico Leica DM2500 M e dotato di tre laser con

tre diverse lunghezze d'onda: 532 nm, 632,8 nm e 785 nm.

I provini metallici corrosi sono quindi stati inglobati in gel di agar preparati a tre diverse concentrazioni (1%, 3% e 5%) ed estratti dopo 1, 2, 3, 4 settimane quelli in ferro e dopo 1 settimana quelli in rame e in bronzo. Per ogni casistica, concentrazione del gel e tempo di estrazione, sono stati impiegati 2 provini per il ferro e 3 provini per il rame e per il bronzo. L'estremità libera del cavetto elettrico non è stata inglobata ma è stata invece protetta dal contatto con il gel mediante l'impiego di una pellicola di parafilm. Prima di ogni estrazione del provino dal gel, il cavetto elettrico del provino è stato avvolto a un puntale di un multimetro (tester), mentre il secondo puntale è stato prima adagiato sulla superficie del gel e poi immerso in modo da avvicinarlo al provino. In questo modo è stata misurata la differenza di potenziale tra il provino e il gel di agar, sia sulla superficie che nei pressi del provino ancora inglobato. Inoltre, sulla superficie del gel sono stati misurati il pH e il potenziale redox, quest'ultimo determinato in diversi punti della superficie del gel.

Al fine di valutare le interazioni che si instaurano tra il sistema agar/acqua e una superficie metallica lucidata, sono stati preparati 36 provini di ferro, 36 provini di rame e 36 provini di bronzo, di dimensioni di circa 1,5 cm x 5 cm e spessore 0,3 cm, inglobati in gel di agar preparati a tre diverse concentrazioni (1%, 3% e 5%) ed estratti dopo 1, 2, 3 e 4 mesi. Per ogni casistica, concentrazione del gel e tempo di estrazione, sono stati preparati 3 provini. La prova consiste nel pesare mediante una bilancia analitica, con una precisione al decimo di milligrammo, i provini prima e dopo l'inglobamento in agar e dopo ogni ciclo di decapaggio, ossia dopo l'eliminazione di eventuali prodotti di corrosione. Il procedimento di decapaggio per il bronzo e il rame consiste nell'immersione dei provini estratti dal gel in un beacker contenente una soluzione al 5% in peso di acido sulfammico ($\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$) e messo in bagno a ultrasuoni per 120 secondi. Quindi, i provini vengono immersi in acqua distillata impiegando un beacker delle stesse dimensioni del precedente e messo in bagno a ultrasuoni per 60 secondi. Infine, il provino viene asciugato e nuovamente pesato. La procedura viene ripetuta fino a quando il provino non presenta un peso stabile. I provini di ferro sono invece stati immersi in un becker contenente una soluzione composta da 500 ml di acido cloridrico (HCl), 500 ml di acqua distillata e 3,5 g di esametilentetrammina ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$) per 60 secondi. Quindi sono stati immersi in altri due beacker per 30 secondi, il primo contenente acqua distillata e il secondo etanolo. Infine, sono stati asciugati e pesati. I provini sono stati pesati subito dopo l'estrazione dal gel e dopo 2 e 3 cicli di decapaggio; per ogni passaggio i provini sono stati pesati 5 volte in modo da ottenere un peso medio.

La prova di perdita di peso ha permesso di calcolare la velocità di corrosione dei provini nei gel di agar grazie alla formula seguente:

$$\text{Velocità di corrosione} = (K \cdot W) / (A \cdot T \cdot D)$$

dove K è una costante ($8,76 \cdot 10^7$), T il tempo di inglobamento in ore, A l'area dei provini, W la massa persa in grammi e D la densità in g/cm^3 . I valori di perdita di peso e di velocità di corrosione ottenuti dai tre provini inglobati nel gel alla stessa concentrazione ed estratti alla medesima tempistica sono stati tra loro mediati.

Risultati

I dati ottenuti dall'NMR mostrano che all'aumentare della concentrazione di agar all'interno del gel, l'intensità e la pendenza della curva aumentano, in accordo con il dato teorico secondo cui aumentando la concentrazione diminuisce la quantità di acqua mobile all'interno del reticolo. In figura 3 sono proposte le curve di rilassamento dei gel alle 5 diverse concentrazioni cotte 2 volte.

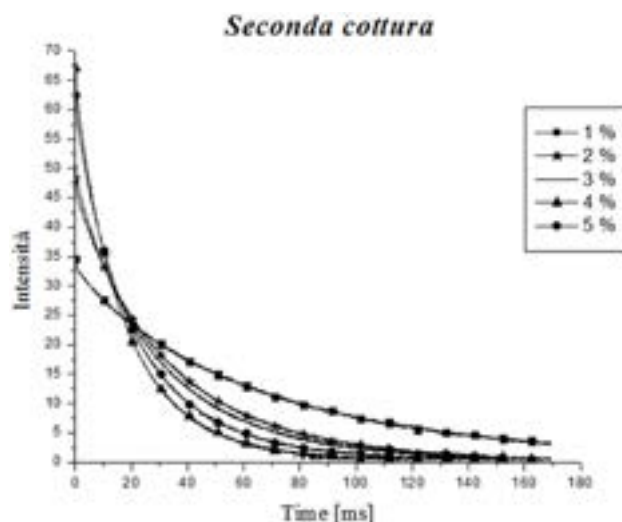


Figura 3. Curva di rilassamento trasversale per i gel con concentrazioni dall'1 al 5% cotti 2 volte

Il dato è stato successivamente confermato da studi più recenti, che hanno indagato il gel di agar mediante calorimetria differenziale a scansione, analisi termogravimetrica e risonanza magnetica nucleare, al fine di comprendere le proprietà dell'acqua all'interno del reticolo del gel.

Il numero di cotture non ha invece influenzato in modo significativo i risultati ottenuti: l'intensità del segnale e la pendenza della curva non variano in modo rilevante. Si è deciso quindi di considerare per ogni concentrazione la seconda cottura e mettere a confronto la curva di decadimento trasversale ottenuta mediante la misura del gel tal quale e quella del gel congelato e scongelato. Integrando le curve e ponendo uguale a 100 il valore ottenuto dalla misura sul gel tal quale, è stata ricavata la percentuale di acqua legata alla struttura impiegando il valore relativo alle curve dei gel scongelati. Lo scongelamento del gel, infatti, provoca la fuoriuscita dal reticolo dell'acqua mobile. Le percentuali di acqua di struttura aumentano con la concentrazione [Tabella 1], in accordo con il dato teorico. Il dato non è confrontabile con il lavoro citato per la diversa metodologia di calcolo.

Agar	Area sottesa alla curva	Percentuale H ₂ O legata
1%_tal quale	2019,65	100
1%_scongelato	680,45	33,69
2%_tal quale	1571,48	100
2%_scongelato	611,28	38,90
3%_tal quale	1477,43	100
3%_scongelato	649,95	43,99
4%_tal quale	1229,26	100
4%_scongelato	946,10	76,97
5%_tal quale	1371,45	100
5%_scongelato	1144,31	83,44

Tabella 1. Percentuali di acqua legata per i gel a concentrazioni dall'1% al 5% tal quali e scongelati

Le patine risultanti dalla corrosione elettrochimica sono state indagate mediante spettroscopia micro-Raman e sono risultate essere composte da goethite (FeO(OH)) per i provini di ferro e da malachite (Cu(CO₃)Cu(OH)₂) per quelli di rame e di bronzo.

Per quanto concerne i provini di ferro, si è potuto osservare una rapida diffusione della patina di goethite all'interno del gel e già dopo 1 settimana i provini estratti sono risultati essere più puliti. Aumentando la concentrazione del gel di agar è diminuito il potere di estrazione della goethite: a parità di tempistica di estrazione infatti, i provini inglobati nel gel all'1% sono risultati essere più puliti rispetto a quelli inglobati in agar al 5%. Inoltre, in particolar modo per i provini inglobati in agar all'1%, la patina arancione di goethite è stata in qualche modo sostituita da una patina nera, risultata essere costituita da ematite. Sfruttando il cavetto

elettrico collegato al provino e isolato con silicone non corrosivo, è stata valutata la differenza di potenziale tra il provino e il gel mediante l'impiego di un multimetro. I valori aumentano sempre avvicinandosi dalla superficie del gel al provino inglobato con un valore medio, vicino al provino, di circa 0,3 V. Il pH misurato sulla superficie del gel mostra invece una generale tendenza a diminuire con il passare delle settimane e con l'aumentare della concentrazione dell'agar; rimanendo in tutti i casi al di sotto della neutralità. Si sono inoltre misurati i valori del potenziale redox del gel, acquisiti in diversi punti della superficie, più lontano e in direzione del provino. Avvicinandosi al provino il potenziale redox diventa negativo per tutte le concentrazioni e le casistiche considerate, confermando l'ossidazione in atto e la trasformazione della patina di goethite in ematite.

Per quanto riguarda i provini di rame e bronzo, estratti solo dopo una settimana, non sono stati riscontrati fenomeni di diffusione della patina all'interno del gel. Come nel caso dei provini di ferro, i valori relativi alla differenza di potenziale tra il provino e il gel aumentano avvicinandosi dalla superficie al provino con un valore medio di circa 0,16 V. In questo caso, il pH non fornisce alcuna indicazione utile; il valore medio misurato è di circa 6,70. Tuttavia, al contrario di quanto osservato nel caso dei provini di ferro, non sono state riscontrare delle variazioni nei valori del potenziale redox, che si attestano in tutti i casi su cifre positive.

La prova di aggressività del sistema agar/acqua è stata condotta sui provini lucidati inglobati in agar ed estratti dopo 1, 2, 3 e 4 mesi. Dopo l'estrazione, i provini hanno subito tre cicli di decapaggio fino al raggiungimento del peso stabile. Le variazioni di peso, dell'ordine dei milligrammi, sono significative e aumentano con l'aumentare della concentrazione del gel e con la tempistica di inglobamento. Il bronzo è il metallo che presenta valori di perdita di peso minori, seguito dal rame e quindi dal ferro. Se per il bronzo e il rame non si riscontrano particolari differenze tra le varie concentrazioni e le tempistiche di estrazione, il comportamento del ferro è notevolmente influenzato dalla concentrazione dell'agar. Infatti, i provini inglobati in agar all'1%, per qualsiasi tempistica di estrazione, presentano una patina di ematite nera e una di idrossido gialla, mentre i provini inglobati in agar al 5% presentano solo una patina nera di ematite [Figure 4 e 5]. Le velocità di corrosione, calcolate in $\mu\text{m}/\text{anno}$, tendono a crescere con l'aumentare della concentrazione del gel e con il tempo di inglobamento, anche se in questo caso non si riscontra un incremento lineare poiché per alcune tempistiche (secondo e terzo mese) i valori diminuiscono per poi nuovamente aumentare.



Figure 4 e 5. Provini di ferro inglobati in agar all'1% (a sinistra) e al 5% (a destra) ed estratti dopo 2 mesi

Provino	Perdite di peso [mg]	Velocità di corrosione [$\mu\text{m}/\text{y}$]
Ferro_1%_1 mese	38,07	32,75
Ferro_3%_1 mese	45,81	39,42
Ferro_5%_1 mese	41,31	35,55
Ferro_1%_2 mesi	71,99	29,50
Ferro_3%_2 mesi	96,23	39,43
Ferro_5%_2 mesi	96,85	39,68
Ferro_1%_3 mesi	103,38	28,69
Ferro_3%_3 mesi	136,35	38,26
Ferro_5%_3 mesi	342,79	97,24
Ferro_1%_4 mesi	157,65	34,78
Ferro_3%_4 mesi	182,27	40,21
Ferro_5%_4 mesi	380,68	83,99

Tabella 2. Perdite di peso e velocità di corrosione dei provini in ferro

Provino	Perdite di peso [mg]	Velocità di corrosione [µm/y]
Rame_1%_1 mese	3,51	2,53
Rame_3%_1 mese	6,45	4,66
Rame_5%_1 mese	5,23	3,78
Rame_1%_2 mesi	3,61	1,28
Rame_3%_2 mesi	10,50	3,73
Rame_5%_2 mesi	15,77	5,60
Rame_1%_3 mesi	4,07	0,99
Rame_3%_3 mesi	15,28	3,71
Rame_5%_3 mesi	17,37	4,22
Rame_1%_4 mesi	7,76	1,48
Rame_3%_4 mesi	16,43	3,11
Rame_5%_4 mesi	23,58	4,47

Tabella 3. Perdite di peso e velocità di corrosione dei provini in rame

Provino	Perdite di peso [mg]	Velocità di corrosione [µm/y]
Bronzo_1%_1 mese	0,82	0,27
Bronzo_3%_1 mese	2,71	0,88
Bronzo_5%_1 mese	3,93	1,28
Bronzo_1%_2 mesi	6,55	1,05
Bronzo_3%_2 mesi	9,19	1,48
Bronzo_5%_2 mesi	3,83	0,61
Bronzo_1%_3 mesi	1,51	0,17
Bronzo_3%_3 mesi	4,51	0,49
Bronzo_5%_3 mesi	11,56	1,27
Bronzo_1%_4 mesi	4,45	0,39
Bronzo_3%_4 mesi	15,86	1,37
Bronzo_5%_4 mesi	23,20	2,01

Tabella 4. Perdite di peso e velocità di corrosione dei provini in bronzo

Conclusioni

La ricerca ha permesso di porre le basi per una maggiore comprensione delle interazioni che si instaurano tra il gel di agar e una superficie metallica, corrosa e non.

Per quanto concerne i valori percentuali di acqua di struttura ottenuti dalle misure in risonanza magnetica nucleare sui gel, bisogna tenere conto di alcune osservazioni empiriche effettuate dai restauratori che suggeriscono che l'agar, in fase di raffreddamento, tende a disporsi maggiormente all'interfaccia perimetrale gel/aria. È anche vero che i gel preparati per questo studio sono stati cotti almeno due volte: una seconda cottura, come già detto, permette di ottenere un gel maggiormente omogeneo. I dati scientifici ottenuti dalle misure in NMR hanno confermato il dato teorico: all'aumentare della concentrazione di agar diminuisce la quantità di acqua mobile disponibile all'interno del reticolo.

Durante l'inglobamento dei provini metallici corrosi è stato osservato che aumentando la concentrazione del gel diminuisce il potere di dissoluzione della patina di goethite. La malachite, al contrario, non è stata interessata da fenomeni di diffusione della patina all'interno del gel. Tuttavia, per questioni legate alla difficoltà di creare una patina di corrosione ottimale sui provini di rame e di bronzo, non è stato possibile prolungare l'inglobamento in agar per più di una settimana.

Le prove di perdita di peso hanno messo in luce un diverso comportamento tra il gel all'1% e quello al 5%. Per tutte le tempistiche di estrazione, infatti, i provini inglobati in gel all'1% presentano una patina nera di ematite e una gialla di idrossido di ferro, che non si forma mai per i provini inglobati in agar al 5%. Uno

sviluppo futuro dovrà valutare la ripetizione della prova con l'immersione dei provini in sola acqua distillata per verificare, mediante confronto dei dati, se vi è una diretta influenza del polisaccaride sui valori di perdita di peso e sulle velocità di corrosione dei provini.

I dati ottenuti da questa ricerca, oltre a dare informazioni sulla possibilità di impiego del sistema agar/acqua per la pulitura dei metalli corrosi, può suggerire alcune indicazioni pratiche per l'impiego dei gel rigidi di agar nell'ambito delle puliture di superfici policrome, che si sta attualmente diffondendo. Nel caso dei pigmenti ematite e ocre gialla, infatti, sarebbe maggiormente opportuno usare dei gel preparati a concentrazioni maggiori, che, come risulta da questo lavoro, non provocano una significativa dissoluzione della goethite, controllando in modo adeguato i tempi di contatto tra il gel e il pigmento. Ulteriori sviluppi futuri concernono l'inglobamento in agar di manufatti archeologici metallici, al fine di valutare le potenzialità di pulitura del gel su patine di corrosione derivanti dalle interazioni avvenute nei secoli tra il manufatto e l'ambiente di interrimento. Una valutazione andrà fatta, per i bronzi, con la possibilità di aggiungere delle soluzioni, ad esempio a base ammoniacale, per favorire la rimozione del carbonato, mentre è evidente che, in questi casi, il rischio di interazione e di aggressione da parte della sola acqua è da considerarsi nullo.

BIBLIOGRAFIA

1. Anzani M., Rabbolini A., *“Il restauro del materiale lapideo con i gel di agar agar: il gesso “La bella Pallanza” e il marmo “Busto di donna” di Paolo Troubetzkoy”*, in *“Lo Stato dell'Arte 7, Congresso Nazionale IGIIC Napoli”*, Nardini Editore, Firenze, 2009.
2. Anzani M., Berzioli M., Cagna M., Campani E., Casoli A., Cremonesi P., Fratelli M., Rabbolini A., Riggiardi D., *“Gel rigidi di Agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso”*, in *“Quaderno Cesmar n. 6”*, Il Prato, Saonara 2008.
3. Anzani M., Lorenzi P.F., Rabbolini A., L'uso dei gel rigidi di agar per la pulitura del materiale lapideo. Approccio metodologico sulla Porta Magna, in *Il restauro dei portali di San Petronio a Bologna*, a cura di Improta M.C., OPD, Edifir, Firenze 2016.
4. Bertasa M., Poli T., Riedo C., Di Tullio V., Capitani D., Proietti N., Canevali C., Sansonetti A., Sclarone D., A study of non-bounded/bounded water and water mobility in different agar gels, *Microchemical Journal* 139 (2018) 306-314.
5. Campani E., Casoli A., Cremonesi P., Sacconi I., Signorini E. *“L'uso di Agarosio e Agar per la preparazione di “Gel rigidi”*, in *“Quaderno Cesmar n. 4”*, Il Prato, Saonara 2007.
6. Fantazzini P., *“Magnetic Resonance for fluid in Porous Media: non-destructive diagnostic techniques for cultural heritage”*, *Epitome* (3), Rimini, Geoitalia, 2009, 260-261.
7. Neff D., Dillmann P., Descostes M., Beranger G., *“Corrosion of iron archeological artefacts in soil: estimation of the average corrosion rates involving analytical techniques and thermodynamic calculations”*, in *“Corrosion Science n.48”*, p. 2947-2970.
8. Norma ASTM G1 – 03, Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluation Corrosion Test Specimens.

SVILUPPO DI PROTOCOLLI MICRO-INVASIVI PER L'IDENTIFICAZIONE DEI LEGANTI PITTORICI MEDIANTE TECNICHE AVANZATE DI SPETTROMETRIA DI MASSA

Cosima D. Calvano*, Elena C.L. Rigante, Rosaria A. Picca***, Tommaso R.I. Cataldi****, Luigia Sabbatini*******

*Ricercatore, Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Farmacia-Scienze del Farmaco, via Orabona 4, 70126, Bari, 0805442018, cosimadamiana.calvano@uniba.it

**Studente, Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Chimica, via Orabona 4, 70126, Bari, e.rigante@studenti.uniba.it

***Ricercatore, Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Chimica, via Orabona 4, 70126, Bari, 0805442115, rosaria.picca@uniba.it

****Professore Ordinario, Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Chimica, via Orabona 4, 70126, Bari, 0805442015, tommaso.cataldi@uniba.it

*****Professore Ordinario, Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Chimica, via Orabona 4, 70126, Bari, 08054420145, luigia.sabbatini@uniba.it

Abstract

L'identificazione del medium o legante utilizzato per la stesura di strati pittorici fornisce indicazioni utili legate a: tecnica artistica, ambito artistico o particolare periodo storico. La conoscenza dei leganti utilizzati nelle opere d'arte dà contestualmente informazioni chiave e preziose per progettare interventi di restauro. I medium a base proteica come le colle animali, la caseina e il bianco d'uovo e a base lipidico/proteica quali il rosso d'uovo e il latte sono tra i leganti più antichi adoperati nella pittura. L'identificazione proteica nei leganti usati per le opere d'arte o su campioni archeologici è attualmente realizzata rimuovendo minute quantità di materiale e procedendo con metodi di proteomica bottom-up classici eseguendo una digestione enzimatica con tripsina, acquisendo gli spettri di massa e confrontando i valori di rapporto m/z sperimentali con quelli derivanti da digestioni *in-silico* (i.e., virtuali) della proteina mediante software bioinformatici dedicati. In questo lavoro descriviamo un nuovo protocollo di caratterizzazione dei leganti minimamente invasivo realizzato *in situ* senza necessità di prelievo e senza uso di solventi organici o procedure particolari di pretrattamento. Il nostro approccio utilizza un gel idrofilico di piccole dimensioni (3x3 mm) precedentemente caricato con una soluzione di tripsina e poi posato sullo strato pittorico per digerire le proteine presenti nella piccola area di contatto. Il gel viene allontanato e posto in una soluzione organica per la successiva estrazione dei peptidi; lo strato pittorico trattato non risulta alterato a seguito del contatto con il gel come dimostrato da indagini al microscopio ottico. I peptidi rilasciati sono analizzati utilizzando cromatografia liquida a fase inversa accoppiata mediante elettrospray alla spettrometria di massa (RPLC/ESI-MS). Nella prima fase sono stati variati diversi fattori sperimentali quali la concentrazione di caricamento della tripsina, le dimensioni del gel nonché i tempi di contatto. I risultati preliminari ottenuti in questa fase di sperimentazione del protocollo, sviluppato su standard pittorici a base di caseina, uovo e diverse colle animali e testato su un caso di studio, sono presentati e discussi in questo contributo esteso.

Introduzione

L'identificazione di proteine usate come medium in manufatti pittorici o altri oggetti del patrimonio culturale è importante per la caratterizzazione dei materiali utilizzati dagli artisti, per indagare il contesto dell'oggetto, per migliorare la conoscenza delle tecniche artistiche nel corso della storia, e per garantire un contributo utile ai fini della conservazione e restauro [1].

A causa della ridotta quantità e della complessità di questa tipologia di campioni, diversi metodi sono stati proposti in letteratura per l'identificazione delle proteine usate come leganti. La metodica di analisi più diffusa per la loro caratterizzazione è la gas-cromatografia accoppiata alla spettrometria di massa (GC/MS)[2][3]. Questa tecnica analitica, non essendo in grado di analizzare tali quali le macromolecole di origine naturale (proteine, lipidi, ecc.), richiede una complessa preparazione del campione, che consiste nella separazione delle varie frazioni (proteica, glucidica e lipidica), nella successiva idrolisi per scindere le macromolecole in piccoli composti analizzabili, ed infine nella derivatizzazione di questi ultimi. L'analisi GC/MS dei leganti comporta, quindi, un pretrattamento lungo e laborioso con notevole manipolazione del campione, causando spesso perdite e contaminazioni. L'utilizzo alternativo della pirolisi accoppiata alla GC/MS (Py-GC/MS) si è ampiamente diffuso negli ultimi anni in quanto permette una rapida identificazione di composti organici lavorando con quantità di campione molto ridotte [4][5][6] spesso con una derivatizzazione e/o idrolisi on-line usando reattivi siliantili. La Py-GC/MS opera una decomposizione termica in assenza di ossigeno delle molecole e consente un'analisi simultanea di differenti classi di composti, senza la necessità di una previa separazione con conseguente

riduzione nei tempi di analisi ed una semplificazione del pretrattamento del campione permettendo di ottenere informazioni qualitative e quantitative sui leganti. Tuttavia, la Py-GC/MS non consente di riconoscere le componenti di una miscela di leganti e rimane piuttosto difficile l'identificazione di proteine e carboidrati [7].

L'introduzione di tecniche di ionizzazione soft come l'elettrospray (ESI) [8] e il desorbimento laser assistito da matrice (MALDI) [9] assieme allo sviluppo di spettrometri di massa sempre più performanti in termini di sensibilità, selettività e robustezza hanno consentito notevoli progressi anche nel campo dei beni culturali. Entrambe le sorgenti di ionizzazione, sviluppate alla fine degli anni '80, sono attualmente ampiamente applicate per l'analisi di composti ad alto peso molecolare, quali appunto le proteine rivelate prevalentemente come ioni molecolari multicarica nell'ESI e monocarica nel MALDI, in quanto forniscono informazioni sulla struttura delle macromolecole intatte, permettendo di distinguere proteine dell'uovo, colle animali, prodotti a base di latte, largamente utilizzati nel campo dei beni culturali come leganti e adesivi.

L'approccio proteomico più comune è quello di tipo "bottom-up" dove le proteine sono enzimaticamente digerite in peptidi prima dell'analisi di spettrometria di massa (MS) usando enzimi proteolitici come la tripsina [10]. La proteomica bottom-up ha visto progressi significativi, consentendo la rilevazione di migliaia di peptidi in un'unica analisi [1], [11], [12]. Questo approccio è stato spesso impiegato per l'identificazione di leganti proteici nei dipinti e reperti ceramici. Sono stati effettuati studi MALDI- ed ESI-MS sulla frazione proteica permettendo di identificare la presenza dell'uovo in dipinti rinascimentali [13]–[18], del latte in affreschi [15], [19], di collagene di diverse origini [20] in frammenti di ceramica, pergamene, crocifissi e statue dorate [21]–[26].

Sebbene l'utilizzo di spettrometri di massa ad alte prestazioni consenta l'identificazione e la quantificazione di basse quantità di sostanze da minuscoli campioni, la maggior parte dei protocolli reali e le strategie sono invasive e di solito richiedono un micro-campionamento. Negli ultimi anni, però, la ricerca si sta dedicando alla messa a punto di approcci meno invasivi, cercando di sfruttare le potenzialità della MS. Inizialmente sono stati sviluppati metodi di estrazione proteica più soft, a partire dallo sviluppo e miglioramento dei protocolli di digestione in fase eterogenea [27], [28], [29]. Questi metodi possono essere considerati minimamente invasivi poiché la proteasi, in soluzione acquosa, a pH neutro, può essere depositata sulla superficie del campione (i.e., frammento prelevato, sezione stratigrafica) e quindi delicatamente rimossa senza influenzare sostanzialmente il campione stesso. Recentemente sono stati proposti anche protocolli di estrazione delle proteine tal quali dalla superficie pittorica; per esempio, è stato utilizzato un film di etilvinil-acetato funzionalizzato con resine C8 a scambio cationico/anionico forte per l'estrazione di proteine e piccole molecole dalla superficie di diversi tipi di materiali [30]. Un altro recente lavoro sfrutta la capacità di adesione di alcune proteine fungine, denominate idrofobine, per formare uno strato stabile e omogeneo su una pellicola trasparente su cui viene immobilizzata la tripsina. In particolare, uno strato di idrofobina di classe I Vmh2, estratta dal fungo basidiomicete *Pleurotus ostreatus*, è stato fatto aderire su fogli di acetato di cellulosa per immobilizzare la tripsina. Un film bioattivo relativamente esteso (i.e. 5x5 cm²) è stato utilizzato per ottenere, direttamente sui manufatti, un numero di peptidi sufficiente a identificare il legante proteico mediante analisi proteomica [31].

Il presente lavoro si inquadra in questo contesto, proponendo un campionamento minimamente invasivo di peptidi, riducendo notevolmente l'area campionata. I tempi di preparazione e la semplicità del protocollo lo rendono facilmente utilizzabile anche da parte di personale non specializzato. Il metodo sfrutta l'uso di un piccolissimo pezzo di gel idrofilico 3x3 mm², precedentemente caricato di tripsina a seguito di immersione in una soluzione dello stesso enzima proteolitico. Il gel viene lasciato a contatto con la superficie da trattare per circa 30 min e poi ripreso e lasciato in una soluzione organica per altri 30 min per il rilascio dei peptidi generati. Questi peptidi vengono analizzati usando uno spettrometro di massa ESI accoppiato con una colonna cromatografica a fase inversa (RPLC) e analizzatore di massa a trappola lineare (LIT).

Il metodo è stato messo a punto su provini di pittura a base di diversi leganti (colle, uovo, caseina) mescolati con vari pigmenti. Le immagini acquisite al microscopio ottico hanno confermato che nessun danno o cambiamento estetico ha interessato le superfici trattate e nessun residuo è stato lasciato dall'applicazione del gel. Infine, il protocollo è stato applicato per la caratterizzazione dei leganti in diversi punti di stesure pittoriche invecchiate di trenta anni.

Materiali e Metodi

REAGENTI

Per il presente lavoro sono stati utilizzati i seguenti reagenti, acquistati da Sigma-Aldrich (Milano, Italy): acqua, acetonitrile entrambi di grado LC-MS, acido formico (FA), bicarbonato d'ammonio, tripsina porcina di grado proteomico. Il gel utilizzato è Nanorestore Gel® Medium Water Retention - ("Extra Dry") basato su idrogel poli-(2-idrossietilmetacrilato) / (vinilpirrolidone) (pHEMA/PVP) (Consorzio CSGI-Università degli Studi di Firenze). Le uova fresche di gallina e il latte vaccino sono stati acquistati nei supermercati locali. Gli standard di

colla animale sono stati ottenuti da Kremer Pigmente GmbH & Co (Aichstetten, Germania). I pigmenti sono stati acquistati da Carenza (Bari, Italia) o da Kremer Pigmente GmbH & Co. La soluzione standard per la calibrazione strumentale contenente caffeina, peptide metionina-arginina-fenilalanina-alanina e Ultramark, una miscela di fosfazine fluorurate è stata acquistata da Thermo Scientific (Waltham, Massachusetts, Stati Uniti).

PREPARAZIONE DEI CAMPIONI

I provini di pittura sono stati realizzati su lastre di vetro 76×26 mm² applicando miscele di tuorlo d'uovo, tempera grassa, caseine estratte dal latte, colla bovina o di coniglio con vari pigmenti e lasciati ad essiccare una settimana a temperatura ambiente. La Tabella 1 riassume tutti i 16 provini esaminati. L'idrogel trasparente a base di polimeri pHEMA/PVP viene venduto caricato con acqua e viene utilizzato per la pulitura di manufatti sensibili all'acqua, riuscendo a rimuovere delicatamente lo sporco senza alterarne la superficie [32]. La stessa tipologia di gel caricato con enzimi è stato anche utilizzato per la pulitura di manufatti cartacei [33]. Il gel è stato tagliato in piccoli pezzi da 3x3 mm² che sono stati essiccati all'aria a temperatura ambiente fino a quando hanno perso almeno il 20% in peso. Successivamente, sono stati immersi in 50 µL di una soluzione di tripsina (20 pmol/µL in bicarbonato di ammonio a pH 7) per 30 min per consentire alla proteasi di penetrare nel gel. Il pezzettino di gel così caricato è stato lasciato sulla superficie del materiale in esame per 30 min per permettere il contatto intimo tra la tripsina presente nel gel ed il campione proteico. Il gel è stato poi rimosso e immerso in 100 µL di una soluzione al 70% di ACN: 0.1% FA, lasciato 15 min in un bagno ad ultrasuoni per estrarre i peptidi rilasciati nel gel dopo la digestione *in situ* e quindi analizzati mediante LC-ESI-MS/MS.

Tabella 1. Elenco dei provini pittorici preparati ed esaminati.

n.	Provini pittorici (legante+pigmento)
#1	Caseine + carbonato di calcio neve 1010 (Carenza)
#2	Caseine + bianco di zinco 46300 (Kremer Pigmente)
#3	Caseine + blu oltremare lazurite PB29
#4	Caseine Latte + blu oltremare 45000 (Kremer Pigmente)
#5	Rosso d'uovo + bianco perla giapponese 46400 (Kremer Pigmente)
#6	Rosso d'uovo + blu phtalo PB 15:6 23070 (Kremer Pigmente)
#7	Tempera grassa + bianco perla giapponese 46400 (Kremer Pigmente)
#8	Tempera grassa + blu phtalo 23070 (Kremer Pigmente)
#9	Colla di pelle di bovino (63010) + bianco di zinco 46300 (Kremer Pigmente)
#10	Colla di pelle di bovino (63010) + blu oltremare 45000 (Kremer Pigmente)
#11	Colla di pelle di coniglio (63028) + bianco perla giapponese 46400 (Kremer Pigmente)
#12	Colla di pelle di coniglio (63028) + blu phtalo PB15:6 23070 (Kremer Pigmente)
#13	Colla di pelle di bovino (63020) + bianco perla giapponese 46400 (Kremer Pigmente)
#14	Colla di pelle di bovino (63020) + blu phtalo PB 15:6 23070 (Kremer Pigmente)
#15	Colla di pelle di bovino (63020) + carbonato di calcio neve 1010 (Carenza)
#16	Colla di pelle di bovino (63020) + blu oltremare lazurite PB29

ANALISI LC-MS E CONDIZIONI OPERATIVE

Per l'analisi è stato utilizzato uno spettrometro di massa a trappola lineare VelosPro (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) equipaggiato con un cromatografo Ultimate 3000 della Dionex (Thermo Scientific), mediante interfaccia ESI. La sezione cromatografica è costituita da una colonna Supelco, Ascentis Express C18, 150 x 2.1mm, 2.7 µm con precolonna, 10 x 2.1 mm ID (Sigma-Aldrich, Milano) operante ad un flusso di 0.2 mL/min e temperatura 40 °C. La composizione della fase mobile è H₂O (solvente A) e acetonitrile (solvente B), entrambi con acido formico 0.1 % v/v, variabile durante la corsa con un progressivo aumento della percentuale di solvente meno polare come segue: tempo 0 fase B 5%, 2 min isocratica fase B 5%, 12 min gradiente fase B 35%, 17 min isocratica fase B 35%, 35 min fase B 100%, 37 min isocratica fase B 100%, 39 min gradiente fase B 5%, 44 min isocratica fase B 5%. I parametri adottati per lo spettrometro sono: sheath gas flow rate, 30 (unità arbitrarie); spray voltage, 2.5 kV; capillary temperature, 275 °C; S-Lens RF Level, 60 (unità arbitrarie, u.a.). Sono state acquisite scansioni in modalità tandem MS/MS su ioni precursori con regime di frammentazione tipo CID (collision induced dissociation con energia 35% a.u.).

ANALISI DEI DATI MS

Le estrazioni degli spettri di massa dai cromatogrammi sono state eseguite utilizzando il software Xcalibur 4.1 (Thermo Scientific). I set di dati MS/MS acquisiti sono stati inviati alle ricerche del database da parte di mMassTM 5.5.0 utilizzando il motore di ricerca MASCOT (Matrix Science, Londra, Regno Unito) e PROTEIN PROSPECTOR. Nei database Swiss-Prot e NCB Inr è stata utilizzata come tassonomia *Bos Taurus* per i campioni di latte e di collagene o *Oryctolagus cuniculus* per il solo collagene o *Gallus Gallus* per i campioni di

uovo rispettivamente. È stata impostata una tolleranza di 0.5 Da per lo ione precursore e per gli ioni MS/MS e il software in output identifica una sequenza amminoacidica per ogni rapporto m/z frammentato.

RISULTATI

Analisi dei provini pittorici

Il protocollo è stato messo a punto su alcuni provini pittorici preparati in laboratorio (vedi Tabella 1). Sono state esaminate diverse condizioni sperimentali variando la quantità di tripsina caricata nel gel, le dimensioni del gel, il tempo di contatto e la soluzione di estrazione. In questo contributo sono riportati i risultati relativi alle condizioni migliori descritte nella parte sperimentale. La Figura 1 mostra il cromatogramma di corrente ionica estratta (XIC) ottenuto mediante RPLC-ESI (+)MS dopo aver selezionato gli ioni a doppia carica con i seguenti valori di m/z : 390.8 (picco 1), 639.7 (picco 2), 598.3 (picco 3), 692.9 (picco 4) ottenuti con il provino pittorico #2 costituito da caseine e bianco di zinco.

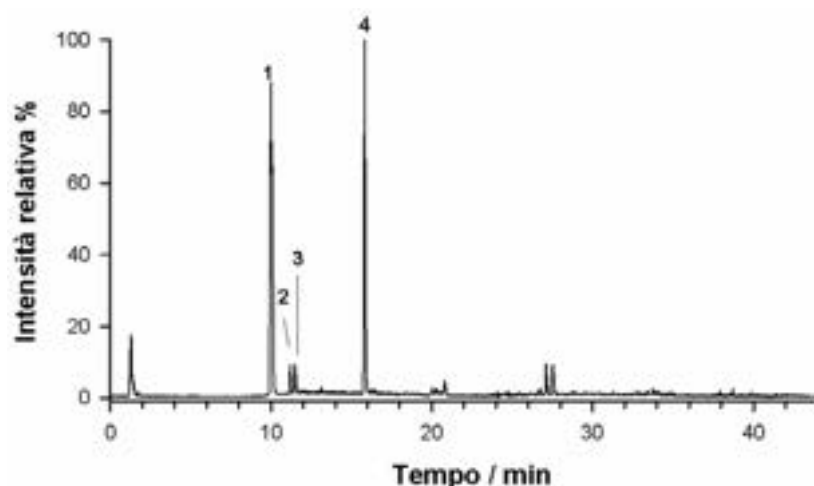


Figura 1. Cromatogramma in RPLC-ESI (+) MS della corrente ionica estratta (XIC) per gli ioni bicarica ai seguenti valori di m/z : 390.8 (picco 1), 639.7 (picco 2), 598.3 (picco 3), 692.9 (picco 4) ottenuto eseguendo il protocollo sul provino pittorico #2 di caseine con bianco di zinco.

Per la determinazione strutturale di questi ioni si è resa necessaria l'acquisizione di spettri di massa tandem (MS/MS) isolando ciascuno di essi e sottoponendolo a frammentazione in cella con regime del tipo CID (collision induced dissociation). Lo spettro di massa ottenuto è composto essenzialmente da sequenze parziali N-terminali contenenti l'estremità amminica (ioni "b") e C-terminali contenenti l'estremità carbossilica (ioni "y"). La frammentazione in fase gassosa può portare inoltre alla perdita di molecole d'acqua o di ammoniaca dai peptidi parziali, originando ioni prodotto con una massa inferiore di 18 uma ($b-H_2O$, $y-H_2O$) e 17 uma ($b-NH_3$, $y-NH_3$) rispettivamente, o perdite combinate di entrambe le molecole (per esempio $b-H_2O-NH_3$, $y-H_2O-NH_3$). Lo spettro MS/MS acquisito viene confrontato con un elevato numero di spettri teorici generati permutando tutte le diverse sequenze di amminoacidi di varia lunghezza presenti in banche dati dedicate, con l'obiettivo di trovare una sequenza con il miglior accordo tra gli spettri sperimentali e gli spettri teorici. Il vantaggio di ricercare i dati tandem MS piuttosto che i dati di m/z dello ione precursore è che, essendo basati sulla sequenza del peptide, saranno maggiormente "sicuri" in un'analisi di correlazione, rispetto al "semplice" m/z del peptide precursore. I dati di MS/MS permettono di analizzare miscele di proteine in quanto ogni proteina può essere individuata anche da un solo peptide.

A titolo di esempio in Figura 2 è riportato lo spettro CID-MS/MS acquisito sullo ione 3 osservato come ione a doppia carica a m/z 598.3 eluito al tempo di 11.30 minuti del provino pittorico #2. Lo spettro è stato inserito nella banca dati *Protein Prospector* MS Tag, selezionando la specie *B. taurus*, inserendo la massa dello ione precursore con una tolleranza di 0.5 uma e specificando "ione bicarico". La ricerca ha permesso di attribuire lo ione considerato, con uno score molto alto (copertura dei frammenti del 100%), al peptide con sequenza NAVPITPTLNR appartenente alla proteina α -S2-caseina, confermando che il protocollo ha consentito di individuare, con buona probabilità, la presenza di caseina nel provino pittorico.

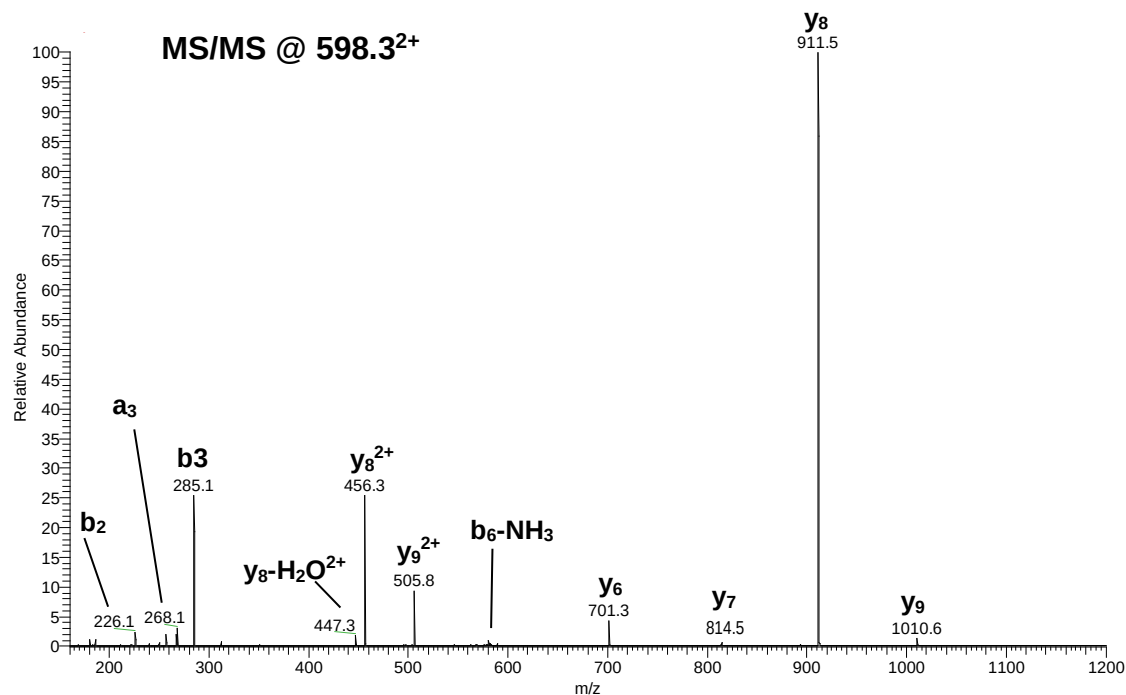


Figura 2. Spettro CID-MS/MS relativo allo ione a m/z 598.3 bicarico (picco 3, Figura 1). I principali ioni prodotto, interpretati dalla banca dati, sono stati etichettati. Il peptide riconosciuto NAVPITPTLNR corrisponde al frammento 130-140 della proteina α -S2-caseina (*B. taurus*).

Con la stessa modalità sono stati isolati e frammentati gli altri ioni della Figura 1 e ciascuno di questi ioni è stato assegnato ad una caseina di latte bovino; in particolare lo ione **1** corrisponde al frammento **VLPVPQK** della β -caseina, lo ione **2** corrisponde al peptide **NM_(ox)AINPSKENLCSTFCK** della α -S2-caseina con una metionina ossidata, mentre il picco **4** è stato attribuito al peptide **FFVAPFPEVFGK** della α -S1-caseina. Pertanto, le analisi di massa tandem hanno permesso di riconoscere i singoli peptidi della digestione triptica anche in presenza di una miscela di proteine, avendo identificato, nella stessa analisi, peptidi derivanti da α -S1-caseina, α -S2-caseina e β -caseina.

Come prova preliminare per valutare l'impatto di questo protocollo su possibili modifiche della superficie, i provini pittorici standard sono stati analizzati mediante microscopia ottica. Inizialmente, ad occhio nudo, si era notato un piccolo alone subito dopo l'applicazione del gel; usando un gel senza tripsina si osservava lo stesso alone, dimostrando che era semplicemente dovuto ad un inumidimento della superficie causato dalla soluzione acquosa; dopo qualche ora dal contatto l'alone scompariva confermando l'assenza di qualsiasi traccia dell'applicazione eseguita. Come esempio, la Figura 3 mostra le immagini ingrandite della superficie del provino precedentemente discusso #2, prima (sinistra) e dopo (destra) l'applicazione del gel funzionalizzato con tripsina, quando il provino è secco. Le immagini mostrano che a livello microscopico la superficie non è alterata a seguito dell'applicazione del gel contenente tripsina e nessun residuo rimane sulla superficie.

Il protocollo è stato realizzato anche sugli altri provini pittorici e con lo stesso approccio sono stati identificati sia peptidi delle colle animali, in particolare appartenenti alle proteine collagene alfa-1(I), collagene alfa-2(I), collagene alfa-1(II), che i peptidi principali del rosso d'uovo, quali vitellogenina-1, -2 e -3. Bisogna puntualizzare che, per quanto riguarda il collagene, si è notato una notevole carenza delle banche dati in termini di sequenziamento completo di proteine di altre specie, come per esempio del coniglio (*Oryctolagus cuniculus*), rendendo impossibile la speciazione dello stesso. Potrebbero essere impiegati dei materiali di riferimento o confronti con dati di letteratura che però riportano generalmente dati di MS con peptide mass fingerprinting. Il nostro obiettivo futuro sarà trovare anche dati del tipo MS/MS che possano distinguere le colle animali.

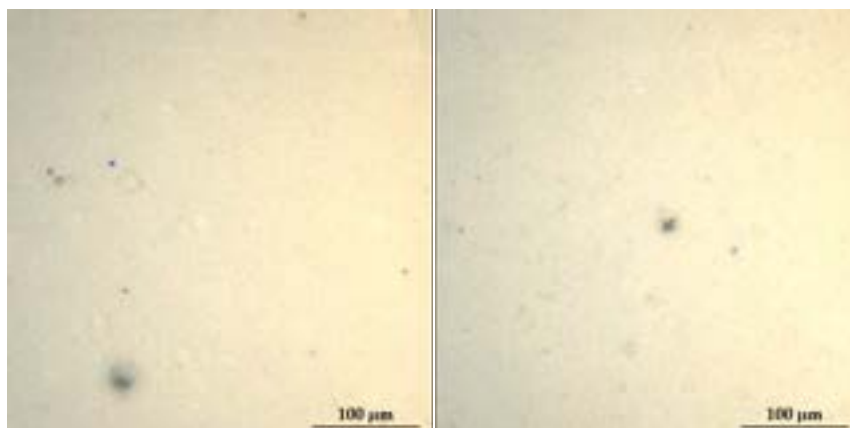


Figura 3. Analisi al microscopio ottico del provino pittorico costituito da caseine mescolato con bianco di zinco prima (sinistra) e dopo (destra) l'applicazione del gel.

Analisi di un caso studio

Dopo aver replicato il protocollo sui provini pittorici riportati in Tabella 1 si è proceduto all'applicazione su un caso studio rappresentato da una tavoletta risalente al 1988 dove, su una preparazione a base di gesso di Bologna e colla di coniglio, sono state utilizzate varie tecniche di doratura (mordente e missione) in combinazione con due tipologie di tempera: a base di uovo e di colla animale, i.e. colla di coniglio (Figura 4). I pezzi di gel sono stati applicati su tre punti indicati con quadrati rossi in Figura 4, prendendo in esame tre diverse aree del manufatto. In particolare, si tratta di 1) una tempera di colore nero a base di colla di coniglio e nero carbone; 2) una tempera viola a base di uovo ed ematite; 3) ed una preparazione a base di gesso di Bologna e colla di coniglio.

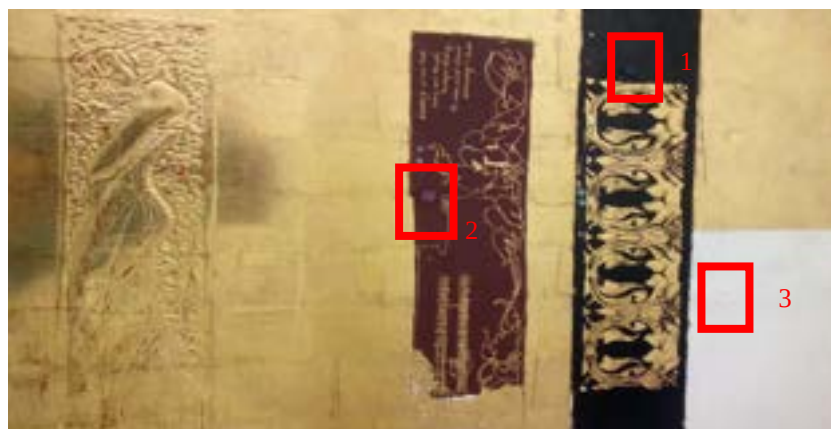


Figura 4. Tavoletta risalente al 1988 con varie tecniche di doratura e tempera. Sono indicate le tre aree di applicazione del gel con tripsina.

In Figura 5 è riportato lo spettro CID-MS/MS acquisito sullo ione tricarico a m/z 659.3 isolato nel cromatogramma relativo al digerito *in situ* ottenuto dal gel posto sull'area 1 (tempera nera). Lo spettro è stato inserito nella banca dati *Protein Prospector* MS Tag, selezionando la specie *Bos taurus* o alternativamente *Gallus gallus* per non escludere alcun possibile legante (latte, uovo o colla animale). La ricerca ha permesso di attribuire, con score molto alto (copertura dei frammenti del 95%), lo ione considerato al peptide con sequenza GSAGPPGATGFPGAAGR appartenente alla proteina *collagen alpha-1(I)*, permettendo di identificare la colla animale come legante proteico usato nella tempera nera. Inoltre, sono stati identificati sia nella zona 1 (tempera nera) che nella preparazione bianca (zona 3) altri peptidi stabili ed intensi appartenenti a diverse catene del collagene, come il peptide GLPGKDGETGAAGPP(Ox)GPAGPAGER (ione bicarico a m/z 1066.6) attribuito al *collagen alpha-1(II)*, il peptide GAIGQP(Ox)GIGFPGPPGPK assegnato al *collagen alpha-1(IV)* (ione bicarico a m/z 781.9), il peptide GSAGPPGATGFPGAAGR assegnato al *collagen alpha-1(I)* (ione bicarico a m/z 714.4). Nella zona 2 in corrispondenza della tempera viola, invece, assieme a qualche peptide della colla, sono stati osservati peptidi attribuibili a proteine dell'uovo come il peptide LRSKM(Ox)SLSMAK (ione bicarico a m/z 634.3) riconosciuto come sequenza della vitellogenina-1, proteina abbondante nel rosso d'uovo, il peptide AIFSASIDTRDKVGTHTR (ione tricarico a m/z 659.5) attribuito alla very low-density lipoprotein receptor, i

peptidi LSSKLEISGLPENAYLLK ed LEISGLPENAYLLK appartenenti alla vitellogenin-2, ed infine il peptide ILNDQSGFIEDELK identificato come sequenza della *Parvalbumin*.

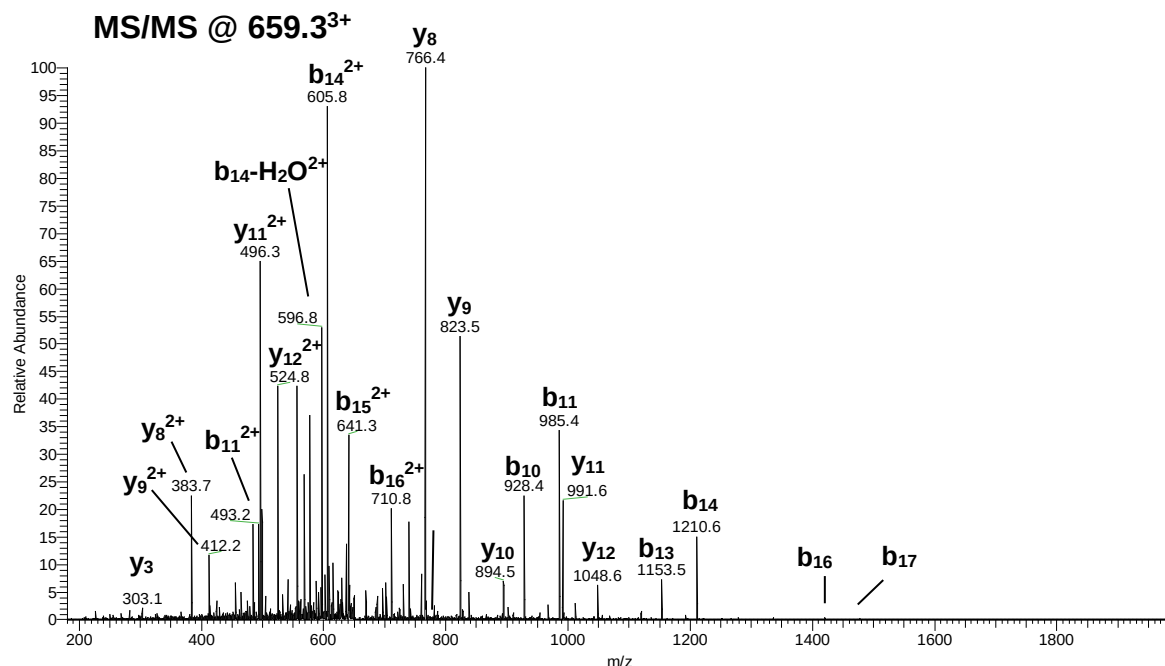


Figura 5. Spettro CID-MS/MS relativo allo ione tricarico a m/z 659.3. I frammenti principali interpretati dalla banca dati sono riportati nello spettro. Il peptide riconosciuto SGDRGETGPAGPAGPIGVGAR corrisponde al frammento 1062-1083 della proteina *collagen alpha-1(I)* chain (*Bos taurus*).

In conclusione, il protocollo sviluppato sembra essere molto promettente per riconoscere leganti proteici in manufatti pittorici seguendo un approccio micro-invasivo testimoniato da un'area di campionamento di 3x3 mm². È stato dimostrato che l'applicazione del gel a base di tripsina consente l'identificazione di diverse proteine da stesure pittoriche contenenti vari tipi di legante e di pigmento, anche se invecchiate da più di trenta anni. Prove successive saranno effettuate applicando il gel su manufatti storici di varia tipologia e datazione.

BIBLIOGRAFIA

1. S. Dallongeville, N. Garnier, C. Rolando, and C. Tokarski, "Proteins in Art, Archaeology, and Paleontology: From Detection to Identification," in *Chemical Reviews*, 2016, American Chemical Society, pp. 2–79.
2. M. P. Colombini and F. Modugno, *Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology*, in *Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology*, 2009, John Wiley and Sons.
3. M. P. Colombini, F. Modugno, M. Giacomelli, and S. Francesconi, "Characterisation of proteinaceous binders and drying oils in wall painting samples by gas chromatography-mass spectrometry," in *Journal of Chromatography A*, 1999, pp. 113–124.
4. G. Chiavari, G. Lanterna, C. Luca, M. Matteini, S. Prati, and I. C. A. Sandu, "Analysis of proteinaceous binders by in-situ pyrolysis and silylation," in *Chromatographia*, 2003, Friedr. Vieweg und Sohn Verlags GmbH, pp. 645–648.
5. D. Nardiello, C. Palermo, A. Natale, M. Quinto, and D. Centonze, "Strategies in protein sequencing and characterization: Multi-enzyme digestion coupled with alternate CID/ETD tandem mass spectrometry," in *Analytica Chimica Acta*, 2015, Elsevier, pp. 106–117.
6. X. M. Ma, R. Lu, and T. Miyakoshi, "Application of pyrolysis gas chromatography/mass spectrometry in lacquer research: A review," in *Polymers*, 2014, pp. 132–144.
7. J. Liang *et al.*, "OliveNetTM: a comprehensive library of compounds from *Olea europaea*," in *Database*, 2018, pp. 1–9.
8. J. B. Fenn, M. Mann, C. K. Meng, S. F. Wong, and C. M. Whitehouse, "Electrospray ionization for mass spectrometry of large biomolecules," in *Science (New York, N.Y.)*, 1989, pp. 64–71.
9. M. Karas, U. Bahr, A. Ingendoh, and F. Hillenkamp, "Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry of Proteins of Mass 100 000 to 250 000 Dalton," in *Angewandte Chemie International Edition in English*, 1989.
10. Y. Zhang, B. R. Fonslow, B. Shan, M.-C. Baek, and J. R. Yates, "Protein Analysis by Shotgun/Bottom-up Proteomics," in *Chemical Reviews*, 2013, American Chemical Society, pp. 2343–2394.

11. R. Vinciguerra, A. De Chiaro, P. Pucci, G. Marino, and L. Birolo, "Proteomic strategies for cultural heritage: From bones to paintings," in *"Microchemical Journal"*, 2016, pp. 341–348.
12. C. D. Calvano, I. D. van der Werf, F. Palmisano, and L. Sabbatini, "Revealing the composition of organic materials in polychrome works of art: the role of mass spectrometry-based techniques," in *"Analytical and Bioanalytical Chemistry"*, 2016, Springer Berlin Heidelberg, pp. 6957–6981.
13. C. Tokarski, E. Martin, C. Rolando, and C. Cren-Olivé, "Identification of proteins in Renaissance paintings by proteomics," in *"Analytical Chemistry"*, 2006, pp. 1494–1502.
14. S. Kuckova, R. Hynek, and M. Kodicek, "Identification of proteinaceous binders used in artworks by MALDI-TOF mass spectrometry," in *"Analytical and Bioanalytical Chemistry"*, 2007, pp. 201–206.
15. W. Fremout *et al.*, "Tryptic peptide analysis of protein binders in works of art by liquid chromatography-tandem mass spectrometry," in *"Analytica Chimica Acta"*, 2010, pp. 156–162.
16. I. D. Van Der Werf, C. D. Calvano, F. Palmisano, and L. Sabbatini, "A simple protocol for Matrix Assisted Laser Desorption Ionization- time of flight-mass spectrometry (MALDI-TOF-MS) analysis of lipids and proteins in single microsamples of paintings," in *"Analytica Chimica Acta"*, 2012, pp. 1–10.
17. M. Gambino *et al.*, "A simple and reliable methodology to detect egg white in art samples," in *"Journal of biosciences"*, 2013, pp. 397–408.
18. T. Tripković *et al.*, "Identification of protein binders in artworks by MALDI-TOF/TOF tandem mass spectrometry," in *"Talanta"*, 2013, pp. 49–61.
19. A. Chambery *et al.*, "Improved procedure for protein binder analysis in mural painting by LC-ESI/Q-q-TOF mass spectrometry: Detection of different milk species by casein proteotypic peptides," in *"Analytical and Bioanalytical Chemistry"*, 2009, pp. 2281–2291.
20. Y. Kumazawa, Y. Taga, M. Takashima, and S. Hattori, "A novel LC-MS method using collagen marker peptides for species identification of glue applicable to samples with multiple animal origins," in *"Heritage Science"*, 2018, SpringerOpen, p. 43.
21. D. P. Kirby, M. Buckley, E. Promise, S. A. Trauger, and T. R. Holdcraft, "Identification of collagen-based materials in cultural heritage," in *"The Analyst"*, 2013, The Royal Society of Chemistry, p. 4849.
22. I. D. van der Werf, C. D. Calvano, R. Laviano, A. Simonetti, and L. Sabbatini, "Multi-technique chemical characterisation of a 12–13th-century painted Crucifix," in *"Microchemical Journal"*, 2013, Elsevier, pp. 87–94.
23. S. Dallongeville *et al.*, "Proteomics applied to the authentication of fish glue: application to a 17th century artwork sample," in *"The Analyst"*, 2013, p. 5357.
24. S. Dallongeville, M. Koperska, N. Garnier, G. Reille-Taillefert, C. Rolando, and C. Tokarski, "Identification of Animal Glue Species in Artworks Using Proteomics: Application to a 18th Century Gilt Sample," in *"Analytical Chemistry"*, 2011, pp. 9431–9437.
25. C. Solazzo, W. W. Fitzhugh, C. Rolando, and C. Tokarski, "Identification of protein remains in archaeological potsherds by proteomics," in *"Analytical Chemistry"*, 2008, pp. 4590–4597.
26. I. D. van der Werf, C. D. Calvano, G. Germinario, T. R. I. Cataldi, and L. Sabbatini, "Chemical characterization of medieval illuminated parchment scrolls," in *"Microchemical Journal"*, 2017, Elsevier Inc., pp. 146–153.
27. C. D. Calvano, I. D. van der Werf, L. Sabbatini, and F. Palmisano, "On plate graphite supported sample processing for simultaneous lipid and protein identification by matrix assisted laser desorption ionization mass spectrometry," in *"Talanta"*, 2015, pp. 161–166.
28. C. D. Calvano, I. D. van der Werf, F. Palmisano, and L. Sabbatini, "Identification of lipid- and protein-based binders in paintings by direct on-plate wet chemistry and matrix-assisted laser desorption ionization mass spectrometry," in *"Analytical and Bioanalytical Chemistry"*, 2015, Springer Berlin Heidelberg, pp. 1015–1022.
29. S. Kuckova, I. C. A. Sandu, M. Crhova, R. Hynek, I. Fogas, and S. Schafer, "Protein identification and localization using mass spectrometry and staining tests in cross-sections of polychrome samples," in *"Journal of Cultural Heritage"*, 2013, Elsevier Masson, pp. 31–37.
30. M. Manfredi *et al.*, "Method for Noninvasive Analysis of Proteins and Small Molecules from Ancient Objects," in *"Analytical Chemistry"*, 2017, American Chemical Society, pp. 3310–3317.
31. P. Cicatiello, G. Ntasi, M. Rossi, G. Marino, P. Giardina, and L. Birolo, "Minimally Invasive and Portable Method for the Identification of Proteins in Ancient Paintings," in *"Analytical Chemistry"*, 2018, American Chemical Society, pp. 10128–10133.
32. J. A. L. Domingues, N. Bonelli, R. Giorgi, E. Fratini, F. Gorel, and P. Baglioni, "Innovative Hydrogels Based on Semi-Interpenetrating p(HEMA)/PVP Networks for the Cleaning of Water-Sensitive Cultural Heritage Artifacts," in *"Langmuir"*, 2013, pp. 2746–2755.
33. C. Mazzuca, G. Poggi, N. Bonelli, L. Micheli, P. Baglioni, and A. Palleschi, "Innovative chemical gels meet enzymes: A smart combination for cleaning paper artworks," in *"Journal of Colloid and Interface Science"*, 2017, pp. 153–164.

DANNI DA INCENDIO SU SUPERFICI DECORATE IN STUCCO: IL CASO DELLA SALA BIANCA DEL MUSEO NAZIONALE D'ARTE ORIENTALE “GIUSEPPE TUCCI” A PALAZZO BRANCACCIO. ANALISI DEI FENOMENI DI DEGRADO E SPERIMENTAZIONE DI TRATTAMENTI CONSOLIDANTI

Crina Cerasella Lisacoschi *, Carla Giovannone, Lucia Conti*****

*Restauratrice, libero professionista, via Militello 38, 00132, Roma, tel. 06 70613412,
crina_lisacoschi@yahoo.it

** Funzionario Restauratore, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, via di San Michele 23,
00153, Roma, tel. 06 67236333, carla.giovannone@beniculturali.it

*** Funzionario Geologo, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, via di San Michele 23, 00153,
Roma, tel. 06 67236355, lucia.conti@beniculturali.it

Abstract

Il presente lavoro affronta la complessa tematica dei danni da incendio sui beni culturali attraverso l'analisi degli effetti dell'evento pirico avvenuto nella Sala Bianca di Palazzo Brancaccio in Roma sugli apparati decorativi in stucco.

I danni di maggior impatto visivo, ma minore gravità dal punto di vista conservativo, risultavano i cospicui depositi superficiali di nerofumo e fuliggine, mentre i danni di maggiore gravità dal punto di vista conservativo, anche se meno visibili, erano prodotti dalla profonda alterazione chimico-fisica dei materiali degli stucchi. Quindi, la morfologia di degrado più rilevante prodotta dalla combustione degli infissi lignei della Sala museale, era la decoesione del gesso degli stucchi limitrofi alle finestre, che ha indirizzato la ricerca sperimentale al fine di individuare un sistema di consolidamento dei materiali gessosi che hanno subito alterazioni da esposizione ad alte temperature.

Parallelamente al consolidamento tradizionale è stato sperimentato un metodo innovativo di reidratazione del gesso che avesse un effetto consolidante. Nelle valutazioni dei test si è tenuto conto di molteplici fattori, tra i quali spiccano: diverse condizioni ambientali di esecuzione degli stessi; umidità relativa degli ambienti; modalità di applicazione dell'acqua sul campione; prodotti consolidanti tradizionali utilizzati.

Materiali costitutivi e manutentivi degli stucchi

La “Sala Bianca”, oggetto di studio, fa parte del Museo Nazionale d'Arte Orientale “Giuseppe Tucci” al piano ammezzato del palazzo Brancaccio in via Merulana, n. 248 a Roma [1].

In questa sede il 4 agosto 2016, verso le ore 19.00, si sviluppò un incendio generato dal guasto di un condizionatore, forse per sovraccarico di tensione o per surriscaldamento dei cavi (fig.1).

L'apparato decorativo della Sala è stato realizzato tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, periodo storico in cui la tecnica dello stucco si connota con la riproduzione seriale di calchi in gesso, prima di lasciare il campo all'impiego estensivo dei cementi. Tuttavia, prima del tramonto definitivo di questa tecnica, lo stucco continuò ad assecondare la sensibilità estetica del tempo all'interno dei vari revivals che costellarono ecletticamente il XIX secolo. Al suo tramonto le applicazioni plastiche divennero sempre più ristrette mentre in ambito privato, lo stucco appagava la volontà di abbellire l'esterno dei condomini con elementi standardizzati [2].

Sulla decorazione plastica della sala sono state condotte dalla scrivente dei saggi stratigrafici a bisturi per studiarne i materiali costitutivi partendo dagli strati più interni. Nell'indagine effettuata su una delle paraste si è osservata, sotto lo stato di finitura, una malta grigia con inerti di piccole dimensioni, sopra la quale è stratificata una malta contenente pozzolana rossa.

Le indagini scientifiche [3] hanno permesso di determinare i materiali costitutivi degli stucchi della Sala: questi sono risultati formati prevalentemente da gesso con limitata presenza di calcite; invece, il campione prelevato da una rosetta dell'intradosso e analizzato mediante analisi termogravimetrica (TGA) è risultato composto da solo gesso. Dalle indagini all'FTIR non risulta evidente la presenza di additivi organici (es.: colle); considerazione che sostiene l'ipotesi che si tratti di impiego di elementi decorativi in puro gesso e realizzati fuori opera, forse realizzati in serie. Tali considerazioni sono confortate dallo studio delle fonti.

La maggior parte della decorazione plastica della Sala è verosimilmente realizzata con elementi seriali fuori opera, come appreso dall'osservazione diretta; inoltre, tale ipotesi è sostenuta dall'indagine endoscopica [4].

Nella Sala museale gli unici rilievi con un grande sbalzo sono i capitelli e i modiglioni i quali, per migliorarne l'ancoraggio e l'adesione, richiedono un'apposita sede.

Dal distacco dell'arco in corrispondenza dell'intradosso, sede dell'innescò dell'incendio, è possibile dedurre che i restanti elementi decorativi, dallo spessore ridotto, sono stati applicati con uno strato di gesso, mentre altri, come le paraste, sono adese con una malta grigia evidenziata durante l'indagine endoscopica.

Probabilmente, in opera, sono state realizzate le modanature, come anche i fiori baroccheggianti posti a coronamento dei rilievi figurativi, previo ancoraggio dei rilievi con le cornici.

Grazie ad alcune fotografie storiche dei restauri dei bassorilievi in gesso (nell'ex ingresso del Museo Nazionale d'Arte Orientale) facenti parte della stessa serie di quelli nella Sala Bianca, è stato possibile approfondire lo studio della tecnica esecutiva. Da tale documentazione fotografica, infatti, si apprende che i retri sono costruiti con un' intelaiatura perimetrale lignea e due assi diagonali inglobati in un successivo strato di gesso. Questi elementi sono stati poi bloccati nelle rispettive cornici lignee con delle zeppette di legno, in modo da risultare perfettamente inquadrati. Plausibilmente la stessa situazione si potrebbe riscontrare sul retro dei calchi della Sala. Con il metal detector sono stati rilevati elementi metallici in corrispondenza degli angoli e nella parte superiore, che fungono da elementi di ancoraggio dei rilievi alla parete. Dalla documentazione fotografica rinvenuta risulta di particolare interesse lo studio degli strati aggiunti nel tempo sui rilievi, tra i quali si riscontra una doratura, tipo di finitura decorativa rinvenuta nei saggi stratigrafici effettuati sui calchi indagati in sala. Su uno dei rilievi si è notata una variazione della doratura: per lo sfondo è stato utilizzato un tono più caldo mentre per la figura un tono leggermente più freddo, verdognolo [5].

Lo studio delle finiture e degli strati ad esse sovrapposti, condotto mediante stratigrafie manuali a bisturi, ha permesso di ricostruire la *facies* cromatica originaria della Sala, che non era bianca ma connotata da strati pittorici ben precisi: non solo le scene figurate avevano un aspetto cromatico differente, ma l'intero spazio non fu pensato totalmente bianco, tipico del neoclassico, ma caldamente colorato con pigmenti ocrei per i fondi e bruni per i rilievi. Tale aspetto cromatico infatti è riproposto nei dipinti murali a secco del corridoio voltato di collegamento fra la sala e il museo.

Antonio Turco descrive come si preparano i gessi decorativi per la finitura con pitture a tempera del tipo classico [6]; quando la superficie del gesso è sufficientemente secca: «si inizia col carteggiarla e pomiciarla con cura eliminando macchie e discontinuità accentuate. Si spolvera e si applica uno strato di tempera sul quale, dopo essiccazione, si effettua la stuccatura e lisciatura con prodotti di natura identica a quella della pittura impiegata. Si carteggia ancora, si spolvera e si applica lo strato di tempera di finitura» [7].

Anche nel caso della Sala, lo strato pittorico è steso in due applicazioni differenti evidenziate nel degrado causato dall'incendio: i due strati, infatti, si vengono a separare poiché quello più esterno è inglobato nello strato a calce sovrapposto.

La risposta all'irraggiamento con la luce ultravioletta, in corrispondenza delle mancanze degli stucchi, potrebbe corrispondere a un trattamento superficiale o più probabilmente al collante della pellicola pittorica degli stessi, penetrato nella matrice gessosa.

Danni da incendio

Le alte temperature raggiunte durante l'incendio hanno cagionato molteplici danni all'apparato decorativo della Sala Bianca, la cui distribuzione è direttamente connessa alla distanza con le fiamme.

La parte destra dell'intradosso della finestra, dove era presente il condizionatore da cui si è innescato l'incendio, è stata maggiormente compromessa, mentre la parte sinistra dello stesso intradosso, a pochissima distanza dalla fonte di calore, ha subito danni più lievi.

All'atto dello spegnimento dell'incendio l'intera sala aveva assunto un aspetto tetro e surreale per la deposizione della fuliggine "a fiocchi" che generava un annerimento delle superfici. Sono state riscontrate numerose mancanze che, con tutta probabilità, sono state causate dall'impatto con il getto di acqua e soprattutto dallo sbalzo termico. Infatti, le parti surriscaldate dalle fiamme sono state bruscamente raffreddate dagli idranti ad acqua.

L'incendio ha prodotto fessurazioni macroscopiche sulla porzione destra dell'intradosso (parete e volta) e sulla parete attigua, con la formazione di numerose mancanze (fig.2).

Di notevole importanza e gravità era il difetto di adesione dell'arco in gesso della portafinestra dalla struttura di supporto, che era distaccato in numerosi punti [8].

Sulla parete destra dell'intradosso le fessurazioni, unite ai difetti di adesione e coesione delle tinteggiature, hanno portato alla formazione di numerose lacune. Anche sulla volta vi sono numerose fessurazioni, tendenzialmente in corrispondenza dei punti di giunzione fra i vari elementi in gesso e la parete voltata [9].



Figura 1. Parete dalla quale si è innescato l'incendio.



Figura 2. Quadro fessurativo dell'intradosso in rosso e la mancanze di maggior entità in arancione sede dell'incendio.

L'evento catastrofico ha offerto la possibilità di poter indagare i diversi comportamenti degli strati sovrapposti e della stessa pellicola pittorica nel caso d'incendio.

Nella tabella sottostante sono sintetizzate le alterazioni cromatiche e le composizioni degli strati delle tinteggiature successive.

Colore dell'alterazione	Colore della tinteggiatura	Composizione dello strato
Rosa	Grigio	Bianco di titanio , carbonato di calcio e cariche silicatiche raro ossidi di ferro
Ocra chiara	Grigio più scuro	È presente meno bianco di titanio e più carbonato di calcio, inoltre sono presenti cariche silicatiche grossolane
Rosa	Grigio più chiaro	Bianco di titanio , carbonato di calcio, gesso grossolano, silicati alluminio e magnesio, rari ossidi di ferro .
Grigio-verde	Bianco	Silicati grossolani , composti di ferro, carbonato di calcio , gesso, ossido di zinco
Grigio-bruno	Bianco lattiginoso	Calcio e potassio , gesso, solfato di bario , ossido di titanio e ossido di zinco
Grigio-verde	Bianco	Carbonato di calcio , silicati molto grossolani , gesso, ossido di titanio, raro ossido di zinco

La situazione della volta era differente a causa della forte combustione sviluppatasi. I primi due strati sono quasi sempre carbonizzati o totalmente perduti a causa dei difetti di adesione e coesione.

Al disotto di tali strati ritroviamo quella che plausibilmente è la pellicola pittorica originale, anch'essa danneggiata dalle alte temperature.

I saggi statigrafici effettuati nell'intradosso, sui cassettoni opposti fra loro, hanno permesso di osservare la diversa alterazione cromatica della pellicola pittorica. Nella parte sinistra questa può ritenersi molto vicina al colore originale; al contrario, nella pellicola pittorica del cassettoni a sinistra (fig.3) la stessa è evidentemente alterata, come si può facilmente osservare nel punto di attacco della rosetta alla muratura: questa ha fatto da barriera all'alterazione come si evince da una zona meno alterata (fig. 4).

Le analisi al SEM riportano che la pellicola pittorica contiene gesso, silicati e alluminati di potassio, rari ossidi di ferro e di cromo. Dall'alterazione e dalla composizione si ritiene quindi che la pellicola pittorica fosse costituita in origine da una terra gialla per gli sfondi e una terra d'ombra naturale per i rilievi, trasformatasi poi nelle rispettive forme bruciate [10].

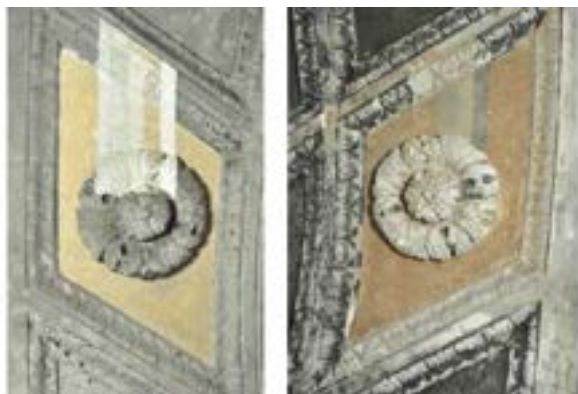


Figura 3. I due lacunari indagati messi a confronto fra colore originale e colore alterato dalle alte temperature



Figura 4. Si nota in basso una zona con un'alterazione dovuta alla barriera protettiva dal rilievo durante l'incendio

Il legante della pellicola pittorica è stato totalmente denaturato fino alla formazione di gravi difetti di adesione e coesione del colore, che si disgrega e distacca a piccole scaglie. Le colle animali, costituite da proteine, infatti appena oltre i 100 °C subiscono una disidratazione e denaturazione della proteina; intorno ai 250 °C invece, carbonizzano [11].

La situazione è ancora più rilevante per la struttura del corpo dei modellati; costituiti quasi esclusivamente da gesso, che ha subito una trasformazione da solfato di calcio biidrato in anidrite e bassanite, (cioè le forme anidra ed emiidrata) si presentano con difetti di coesione notevoli. Questa morfologia di degrado è stata studiata nella parte sperimentale del lavoro, in particolare nella parte che affronta il consolidamento dei gessi con danni da esposizione ad alte temperature.

Sperimentazione di prodotti consolidanti

L'obiettivo della sperimentazione è fornire proposte risolutive alla necessità di consolidamento dei manufatti gessosi che hanno subito danni da incendio.

Il materiale costitutivo, come già detto, si è trasformato da solfato di calcio biidrato a emiidrato e ad anidro, con conseguente perdita di coesione.

La sperimentazione è stata condotta su due serie di provini in gesso (acromi e con pellicola pittorica a tempera a colla), dalle misure standardizzate [12]. In entrambi i casi la ricerca desiderava individuare una metodologia capace di effettuare un consolidamento che restituisse ai manufatti, senza alterarne cromia o lucentezza, proprietà fisico-meccaniche simili a quelle possedute prima della combustione. Per i manufatti in gesso con finitura pittorica, si deve considerare l'irreversibile alterazione cromatica dell'ocra gialla in ocra rossa. In tal caso la sperimentazione non vuole suggerire trattamenti per riportare i manufatti al colore originario, ma individuare un prodotto per consolidare il gesso e la pellicola pittorica nel loro stato di fatto attuale. Al fine di riproporre il degrado riscontrato sugli stucchi della Sala, sono state effettuate diverse prove arrivando a 60 minuti di riscaldamento [13]. Per la valutazione dell'efficacia dei prodotti applicati si è ricorso a varie analisi e metodi di controllo effettuati prima e dopo la combustione e dopo l'applicazione del consolidante. Sono state documentate le condizioni iniziali del provino e messe in relazione al degrado e al consolidamento con l'obiettivo di avvicinarsi alle condizioni e ai parametri fisico-chimici iniziali dei provini. A tale scopo si è provveduto con metodi di controllo del trattamento, in seguito riportati in tabella. Inoltre, quando ritenuto utile, si è ricorso all'osservazione al microscopio. Nella prima parte della sperimentazione sono stati testati i prodotti in commercio per il consolidamento dei materiali lapidei; nella seconda fase è stata approfondita la metodologia dell'utilizzo con l'acqua per il ripristino della coesione e del materiale gessoso anidro.

Fra i prodotti testati l'ossalato di ammonio e l'idrossido di bario sono stati esclusi in quanto i campioni si idratavano troppo velocemente e tendevano a fratturarsi; anche le nanocalci, applicate per nebulizzazione, sono state escluse a causa dei pessimi risultati ottenuti: il prodotto, infatti è rimasto in superficie formando un velo bianco e non svolgendo l'azione consolidante.

Consapevoli che i risultati ottenuti in occasione della presente sperimentazione sono fortemente dipendenti non solo dalla scelta dei prodotti, ma soprattutto dai loro quantitativi, diluizioni e modalità applicative, vengono di seguito riportate le riflessioni finali.

Per sintetizzare la quantità di dati emersi, i risultati relativi ad ognuno dei singoli prodotti selezionati sono esposti nella tavole sinottiche di seguito allegate.

CLASSE CHIMICA	PRODOTTO	VALUTAZIONI SPERIMENTALI							
		Comparsa fratture	Variazioni cromatiche	Aumento coesione					media
				Scotch Tape Test	Test tessuto cotone	Peso	Durezza superficiale	Assorbimento acqua bassa pressione	
SILICATI	<i>Silcol 30</i>	+++	+++	+	+	- -	+	+	+
	<i>RC 80</i>	-	+	+++	++	+++	+++	- - -**	+++
	<i>VP 50-35</i>	+++	- -	+++	+++	+	++	+	+++
ACRILICI	<i>K 52</i>	+++	+++	-	-	- - -	- -	-	- - -
VINILICI	<i>Consolidante 8020</i>	+++	- - -	+++	- - -	++	+	- - -**	- -

* VP 50-35: recupero in peso superiore al 100%; da scheda tecnica il residuo secco è minimo al 40% (aggiunti ai provini 100g per ognuno, quindi sono rimasti circa 40 g di residuo secco)

**8020 e RC80: assorbimento d'acqua tra 0% e 0,01%

		VALUTAZIONI		SPERIMENTALI	
CLASSE CHIMICA	PRODOTTO	Compar sa fratture	Variazioni cromatiche	Aumento coesione	media
SILICATI	Silcol 30	+++	+++	+	++
	RC 80	-	+	+++	-
	VP 50-35	+++	- -	+++	-
ACRILICI	K 52	+++	+++	- - -	+
VINILICI	Consolidante 8020	+++	- - -	- -	-

Legenda

+ sufficiente	- scarso
++ buono	- - mediocre
+++ ottimo	- - - insufficiente

Legenda

Le due tavole rispecchiano il processo logico di sintesi che è stato necessario per dedurre dai dati sperimentali gli aspetti salienti dei prodotti scelti.

Nelle tavole confluiscono i dati relativi sia ai provini acromi sia a quelli dipinti a tempera.

Nella prima tabella sono visibili tra le varie valutazioni sperimentali che sono state utili per determinare l'aumento di coesione dei provini (Scotch Tape Test [14], test del tessuto di cotone [15], peso, durezza superficiale, test di assorbimento di acqua a bassa pressione), che si trovano riassunte sotto "aumento di coesione" nella seconda tabella. In merito a ciò sono state fatte alcune osservazioni:

Il VP 50-35 ha determinato un aumento del peso superiore del 3% alla condizione iniziale del campione (prima della combustione). Nonostante la percentuale non sia elevata, vista la difficoltà di prevedere l'entità di tale aumento percentuale su applicazioni reali (si pensi ad esempio a stucchi con oggetti più o meno pronunciati eventualmente posti a parete o su soffitti) questo dato è stato valutato negativamente. La spiegazione risiede probabilmente nell'elevato residuo secco pari al 40% minimo del peso del prodotto usato [16].

Il Rhodosil RC 80 ha drasticamente abbassato la permeabilità dei provini che non raggiunge l'0,0015 g/cm² di acqua con il test della spugna.

Facendo una stima media dei risultati ottenuti per i prodotti a base di silice, il Silcol 30 è il più efficace.

Il K52, nonostante gli ottimi risultati in termini di comparsa di fratture e variazione cromatica, non ha soddisfatto l'obiettivo fondamentale della ricerca, cioè il ripristino della coesione del gesso combusto, come emerso dallo Scotch Tape Test [17] e quello del tessuto di cotone che evidenzia la decoesione del retro dei provini. Analizzando i risultati ottenuti il prodotto è stato giudicato appena sufficiente.

Infine, per quanto riguarda il consolidante 8020, la coesione è stata ripristinata solo per pochi micron di profondità dal fronte di evaporazione: sono infatti stati ottenuti buoni risultati per i test dello scotch adesivo e della durezza superficiale, mentre il test del tessuto denuncia la decoesione del retro e della sezione dei provini. Inoltre, li rende estremamente impermeabili alterandone al contempo i valori cromatici. Per tanto, il consolidante 8020 è risultato, nel complesso, scarso.

Reidratazione dei provini

Si è ritenuto interessante sviluppare, di pari passo al consolidamento tradizionale, un approccio differente nei confronti di gessi anidri e cioè di ripristinare il prodotto originale introducendo nuovamente l'acqua perduta a causa delle alte temperature.

Per la realizzazione dei provini si è utilizzato il gesso alabastrino prodotto per riscaldamento del gesso naturale a partire da 128°C. A questa temperatura il solfato di calcio biidrato perde una molecola e mezzo di acqua di

crystallizzazione e si trasforma in gesso da presa [18]. Questa forma instabile può reidratarsi trasformandosi in quella stabile biidrato, tornando all'iniziale solfato di calcio biidrato, identico al gesso naturale [19].

Durante l'incendio la parte gessosa degli stucchi è stata nuovamente sottoposta al processo di disidratazione, confermato dalle indagini, che evidenziano la presenza di entrambe le forme instabili: anidrite e bassanite. Le temperature sviluppate dall'incendio hanno superato il range per la formazione del solo semiidrato (128°C-163°C), arrivando alla formazione dell'anidrite, che si ottiene a partire dai 163°C. Qui il solfato di calcio perde tutta l'acqua di cristallizzazione diventando solfato di calcio anidro solubile (CaSO_4). Si ottiene così l'anidrite solubile detta anidrite III o anidrite α , che rispetto alla basanite ha una presa più lenta.

Sono state testate diverse modalità di idratazione per individuare quella più idonea. Nell'effettuare tale operazione il rischio maggiore risiedeva nella possibilità che si formassero fratture a seguito dell'aumento di volume del gesso legato all'idratazione; questi inconvenienti potevano presentarsi nel caso in cui l'idratazione fosse avvenuta troppo velocemente o non avesse riguardato la totalità dell'oggetto.

Poiché l'anidrite α tende spontaneamente ad idratarsi per azione della stessa umidità ambientale, è stato valutato l'assorbimento di vapore acqueo nei provini per capire se, anche in assenza di un consolidamento, i gessi combustibili fossero in grado di riacquisire coesione. Per osservarne il comportamento in relazione all'umidità relativa alcuni provini sono stati messi in condizioni ambientali differenti per tre mesi:

- in laboratorio, [20] (per valutare se i parametri ambientali hanno avuto un impatto sui campioni su cui sono stati applicati i prodotti commerciali);
- in un ambiente con parametri stabili;
- in un ambiente semiconfinato con condizioni simili a quelle nella quale si trovava la Sala [21].

A seguito degli ottimi risultati ottenuti per il provino posto in ambiente semiconfinato, si è tentato di velocizzare il processo di reidratazione inducendo una UR del 100%; quindi sono stati posti altri tre provini entro una scatola di plastica insieme a un umidificatore [22].

Fra le modalità applicative sono state immediatamente escluse quella dell'immersione in acqua, poiché la repentina idratazione, totalmente incontrollata, ha fratturato alcuni campioni; lo stesso si è riscontrato anche per la stesura a pennello.

Di conseguenza sono state messe appunto le modalità applicative più significative:

- per assorbimento del vapore acqueo in un ambiente con UR del 100%;
- per nebulizzazione aggiungendo un quantitativo acqueo leggermente superiore a quello necessario all'idratazione [23];
- per lento assorbimento mediante gel lasciando che fossero i provini ad assorbire lentamente l'acqua per idratarsi [24].

I risultati sono stati sintetizzati nella seguente tabella sinottica.

Modalità di applicazione dell'acqua	VALUTAZIONI SPERIMENTALI					media
	Percentuale di acqua recuperata	Percentuale di durezza recuperata	Variazioni cromatiche	Aumento della coesione		
UR 100%	++	++	++	+		++
Nebulizzazione aperta	--	+++	+++	--		+
Nebulizzazione chiusa	+++	+++	---	+++		++
Lento assorbimento	+	++	++	+		++

Legenda

+	sufficiente	-	scarso
++	buono	--	mediocre
+++	ottimo	---	insufficiente

Dall'osservazione della tabella si evince il buon esito del "consolidamento" con l'acqua.

La nebulizzazione chiusa è il metodo con il quale si ripristinano maggiormente le proprietà fisicochimiche del materiale danneggiato, con il solo fattore negativo di una variazione cromatica che satura eccessivamente il campione [25].

La nebulizzazione aperta ha dato un risultato leggermente più scarso in confronto agli altri sistemi applicativi ma è l'applicazione più rispettosa della cromaticità; inoltre, porta a un buon recupero della durezza superficiale.

Conclusioni

La presente sperimentazione ha permesso di valutare l'effetto consolidante di prodotti tradizionali e quello dell'acqua su gessi combust. Dai risultati ottenuti, due sono i prodotti commerciali più promettenti: il Silcol 30 che ha dato buoni risultati per i provini con stesura pittorica a tempera e il Rhodosil RC80 che è risultato valido per quelli acromi.

Il consolidamento all'acqua è sembrato molto promettente, specialmente con l'applicazioni per nebulizzazione chiusa: vista l'efficacia del metodo, che agisce nel rispetto della materia originale ripristinandone - per quanto possibile - le caratteristiche iniziali, si ritiene auspicabile che gli studi in questo senso possano essere ulteriormente sviluppati.

In generale le variazioni cromatiche ottenute con la reidratazione risultano più contenute rispetto a quanto verificato per i prodotti tradizionali.

Il metodo risulta molto rispettoso della materia costitutiva che dopo il trattamento sembra riacquisire in buona parte le caratteristiche fisico-chimiche iniziali.

NOTE

[1] Centi, 1997 pp. 25-71.

[2] Indagini condotte dal Laboratorio di prove sui materiali dell'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro.

[3] Zamperini, 2012, p.330.

[4] L'indagine effettuata su una paraste della sala evidenza che le stesse sono state eseguite fuori opera; sono formate da quattro elementi, escluso il capitello, eseguito quest'ultimo in un'unica colata probabilmente fuori opera. Sebbene non sono stati individuati sulla parete elementi metallici per l'ancoraggio di paraste e capitelli (probabilmente per la scarsa sensibilità del metal detector), gli stessi sono perfettamente adesi.

[5] La presenza della doratura fa intendere un passato in comune dei rilievi con due possibilità: sono stati pensati direttamente dorati senza avere una destinazione prestabilita, oppure provengono da uno stesso ambiente in cui erano stati dorati.

[6] Per pittura a tempera classica il Turco intende alla colla, alla caseina, di alginati o di carbossimetilcellulosa.

[7] Turco, 2008, p.154.

[8] Tale difetto preesistente, vista la presenza della fuliggine all'interno della fessurazione che lo delimitava, si è ulteriormente accentuato in conseguenza dell'incendio.

[9] Questo ha facilitato la comprensione dei procedimenti esecutivi e la lettura della dimensione dello stampo degli elementi decorativi e il loro punto di giunzione.

[10] Per le alterazioni delle ocre e delle terre gli esempi sono numerosi, e i più celebri provengono dagli storici incendi di Pompei ed Ercolano, che seguirono l'eruzione del Vesuvio del 24-26 agosto del 79 d.C. Interessante è notare come in alcune insulae le pareti dipinte con ocre gialla abbiano subito alterazioni diverse in relazione alla distribuzione del calore e delle fiamme come anche nel caso della sala oggetto di studio.

[11] Baraldi, Bensì, 2006, pp.15-30.

[12] 10x10x2cm.

[13] Temperature portata fino a 200°C in un forno con grill per rendere unidirezionale la diffusione di calore; accorgimento che, vista la dinamica di propogazione del calore, simula il più possibile l'incendio che, nel caso in esame, si è sviluppato da un'unica area.

[14] Si è realizzato un test appositamente ideato con lo scotch Pattex biadesivo trasparente, creando delle strisce con una lunghezza di 45 mm e la larghezza dello scotch (15 mm).

[15] Sono stati ritagliati rettangoli di 25x15 cm di un tessuto di cotone: nero per i provini acromi e bianco per i provini colorati. I gessi sono stati posizionati sopra tessuto, posti all'estremità sinistra, quindi sono stati traslati manualmente a velocità costante verso l'estremità destra, per una distanza di 10 cm. In questo modo, maggiore è la decoesione del provino, maggiori saranno i residui di gesso visibili sui ritagli di cotone. Per ogni provino è stato effettuato il test sul fronte e il retro per verificare se il consolidante è riuscito a svolgere la sua funzione per l'intero spessore. La stessa prova è stata eseguita per valutare la penetrazione dei consolidanti nei provini i quali, allo scopo, sono stati tagliati nel senso dello spessore. Le facce di taglio ottenute sono quindi state sottoposte al test.

[16] Vedi scheda tecnica.

[17] Si è infatti verificato lo strappo del solo strato superficiale dei provini ad indicare che il prodotto non è penetrato in profondità.

[18] Dalla formula chimica $\text{CaSO}_4 \times \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (semiidrato).

[19] Si hanno le inverse reazioni chimiche del gesso cotto con una reazione esotermica.

[20] I provini sono stati accompagnati da un data-logger per la registrazione dei dati ambientali.

[21] L'incendio ha bruciato la finestra nell'intradosso dove era posizionato il condizionatore lasciando la sala priva dell'adeguata chiusura.

[22] Sono stati effettuati due cicli (di 10 ore) in quanto con la prima idratazione non si è arrivati al peso iniziale dei campioni. I quattro giorni fra i due cicli sono stati dettati dalla stabilità del peso dei provini.

[23] I campioni sono stati presati prima della combustione in modo da sapere esattamente il quantitativo acqueo perso con la combustione; si è calcolato quindi un eccesso in maniera da prevenire l'eventuale evaporazione dell'acqua. Quest'applicazione è da dividersi in due modalità: una ha previsto la chiusura dei campioni per trattenere l'acqua sul provino l'altra lasciando i campioni traspirare.

[24] Sono stati testati l'agar Art e il gellano selezionando come più idoneo per tale sperimentazione dopo vari test il gellano al 2% con uno spessore di 5 mm di altezza per un tempo di 60 minuti interponendo la carta giapponese per avviare all'effetto peeling.

[25] Per diminuire questo inconveniente si potrebbe aggiungere un quantitativo leggermente inferiore.

BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV., *Atti del vi congresso di studi sull'arte dell'alto medioevo, stucchi e mosaici alto medioevali*, Casa editrice Ceschina, Milano, 1962.
2. P. Baraldi, P. Bensì, *Alterazioni delle materie coloranti nelle pitture murali prodotte dalle alte temperature fonti storiche ed indagini scientifiche*, in *Salvati dalle fiamme: gli interventi su edifici e oggetti d'arte danneggiati dal fuoco*, SUPSI, Svizzera, 2006, pp.15-30.
3. N. Bevilacqua, L. Borgioli, I. Adrover Garcia, *I pigmenti nell'arte dalla preistoria alla rivoluzione industriale*, il prato, Saonara, 2010, pp. 30-31.
4. G. Carbonara, M. Palazzo, *La sala delle cariatidi nel palazzo Reale di Milano: ricerca e restauro*, Gangemi Editore, Roma, 2012.
5. G. Centi, *Di Palazzo Field Brancaccio, di Francesco Gai e d'altro*, in *Il museo Nazionale d'Arte Orientale in Palazzo Brancaccio*, a cura di Paola D'Amore, Sillabe, Roma, 1997 pp. 25-71.
6. E. Costa, *Studio di consolidanti nanometrici inorganici ed organici per la pellicola pittorica dei dipinti murali*, Roma: Istituto Centrale per il Restauro, [2007]. Tesi di diploma. 56° corso.
7. D' Alessandro-Persefati, *Il gesso nelle tecniche di riproduzione tridimensionale*, pp. 67-90 in *Scultura e calchi in gesso*, «L'erma» di Brestschneider, Roma, 1987.
8. D. Frazzoni, *L'imbianchino decoratore stuccatore*, Hoepli, Milano, 1911.
9. M. Ioele, U. Santamaria, P. Tiano, *Studio comparativo di silicati di elie commerciali e sperimentali a confronto con microemulsioni acriliche per il consolidamento di matrici carmonatiche fortemente decoese*, in *Silicati nella conservazione: indagini, esperienze e vantaci per il consolidamento dei manufatti storici*, dispense di corso, pp. 71-82.
10. M. Matteini, *Consolidanti protettivi di natura minerali in uso sui manufatti di interesse artistico ed archeologico costituita da materiali porosi*, in *Atti del convegno consolidanti e protettivi in uso sui materiali inorganici poroso di interesse artistico ed archeologico*, Trento, 1999, pp. 48-84.
11. D. Mazzeo, *La costruzione del Museo Nazionale d'Are Orientale*, in *Architetti, capomastri, artigiani l'organizzazione dei canterei e delle produzione artistica nell'Asia Ellenistica*, Roma Is.I.A.O, Roma, 2006 in serie orientale Roma volume C, pp. 115-120.
12. M. Palazzo, *La sala delle cariatidi nel palazzo Reale di Milano: il cantiere di studio*, atti del convegno, Milano, 8 marzo 2005.
13. E. Pedemonte, G. Fornari, *Chimica e restauro la scienza dei materiali per l'architettura*, Marsilio Editori, Venezia, 2003.
14. G. Rondelet, *Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare*, volume II, tomo II- parte seconda strutture murali, Editrice Librerie Dedalo, Mantova, 1938.
15. M. Tabasso Laurenzi, *Rassegna critica dei prodotti impiegati per il consolidamento dei materiali lapidei*, 2010.
16. T. Turco, *Il gesso lavorazione trasformazione impieghi*, Editore Ulrico Hoepli, Milano, seconda edizione 2008, prima edizione 1990.
17. A. Zamperini, *Stucchi capolavori sconosciuti nella storia dell'arte*, Sassi Editore Srl, Schio (VI), 2012.

IL RESTAURO DEI DIPINTI MURALI DELL’ORATORIO MARIANO DI SANTA PUDENZIANA (RM): PROPOSTA INNOVATIVA PER LA RIMOZIONE DEI SALI SOLUBILI

Cecilia Angelini*, Roberta Boscherini**, Carla Giovannone***

* Restauratrice, libero professionista, via B. Paciotti 4, 06131, Perugia, 393/5704867,
cecilia.angelini@yahoo.it

** Restauratrice, libero professionista, via F. A. Gualterio 70, 00139, Roma, 320/0836625,
robertaboscherini@libero.it

*** Funzionario Restauratore, ISCR, Via di San Michele, 00153, Roma, 06/67236333,
carla.giovannone@beniculturali.it

Abstract

Lo studio dei dipinti murali medievali conservati all’interno del cosiddetto “Oratorio Mariano” nella basilica di Santa Pudenziana (RM), ed il restauro della scena raffigurante la *Vergine in trono con Bambino tra le Sante Prassede e Pudenziana*, hanno fornito l’occasione per approfondire molteplici aspetti storici e conservativi di questa importante testimonianza della pittura romana dell’XI-XII sec. d.C. ed hanno offerto la possibilità di condurre una ricerca sperimentale finalizzata alla messa a punto di un metodo innovativo per la rimozione dei sali solubili, che si pone come valida alternativa alle procedure tradizionalmente impiegate nelle operazioni di desalinizzazione di supporti porosi dipinti. Si è scelto pertanto di testare le capacità estrattive di alcuni formulati in gel, su provini di laboratorio riproducenti caratteristiche materiche e conservative paragonabili a quelle del manufatto originale, al fine di selezionare il prodotto con le migliori caratteristiche prestazionali in termini di minimo apporto d’acqua, salvaguardia delle superfici ed efficacia del trattamento desalinizzante. La ricerca ha visto l’esecuzione di numerosi test finalizzati alla scelta delle concentrazioni e delle modalità di applicazione più idonee, alla comprensione del comportamento del sistema gel-substrato e alla valutazione delle proprietà estrattive e delle criticità di ogni materiale testato. I due gel che hanno dimostrato le migliori proprietà ai fini dell’estrazione dei sali solubili sono stati oggetto di una prova di applicazione *in situ* che ha permesso di individuare il prodotto più rispettoso nei confronti delle superfici originali, con il quale sono state svolte le operazioni di desalinizzazione durante la fase di restauro.



Figura 1. *Vergine in trono con Bambino tra le Sante Prassede e Pudenziana*, Oratorio Mariano di Santa Pudenziana (RM)

Introduzione

Il presente studio sperimentale è nato nell'ambito del progetto di tesi che ha avuto ad oggetto il restauro dei dipinti murali di XI-XII secolo conservati all'interno del cosiddetto "Oratorio Mariano" [1], un piccolo ambiente situato sul retro della calotta absidale della basilica di Santa Pudenziana (RM). L'intervento di restauro svolto ha fornito l'occasione per esaminare e rilevare numerosi aspetti tecnici e conservativi di questa importante testimonianza della pittura medievale di XI-XII secolo [2], sulla base dei quali è scaturita la necessità di mettere a punto un metodo di rimozione dei sali solubili alternativo alle metodologie tradizionalmente utilizzate, le quali vedono solitamente l'applicazione di impacchi in materiali assorbenti quali polpa di cellulosa e/o argille, imbevuti con acqua demineralizzata e lasciati in posa fino a completa asciugatura [3].

A carico della quasi totalità dei dipinti è stata rilevata la presenza di estese formazioni saline costituite principalmente da sali dell'acido etilendiammino-tetracetico (EDTA), derivanti presumibilmente dall'utilizzo dei sali sodici di tale agente chelante nelle operazioni di pulitura eseguite nel precedente intervento di restauro [4]. L'estrema fragilità del film pittorico, data dalla presenza di diffusi fenomeni di microlacuna, decoesione e deadesione, unita all'elevata solubilità dei sali di EDTA, ha determinato l'ineditezza delle tradizionali metodologie operative di desalinizzazione con impacchi assorbenti, in quanto i consistenti fenomeni di ritiro dimensionale a seguito dell'asciugatura avrebbero esposto la superficie pittorica a notevoli stress fisico-meccanici e le scarse proprietà ritentive dei materiali utilizzati avrebbero comportato l'immissione di un elevato quantitativo di acqua nel supporto poroso, con conseguente solubilizzazione dei sali contenuti nelle regioni più interne dell'intonaco ed il richiamo degli stessi verso la superficie dipinta [5]. Quest'ultima criticità risultava particolarmente importante soprattutto nel caso della scena dipinta raffigurante la *Vergine in trono con Bambino tra le Sante Prassede e Pudenziana* (Fig. 1), sulla quale è stato eseguito l'intervento di restauro completo [6]: l'ingente quantità di acqua rilasciata dagli impacchi in polpa di carta e/o sepiolite avrebbe potuto raggiungere il mosaico absidale interno alla chiesa, in quanto il dipinto è stato realizzato sul retro dell'abside, all'interno di una nicchia ottenuta dalla tamponatura di una preesistente finestra appartenente alla muratura curvilinea di II secolo, su cui, nel IV secolo, è stato ricavato il catino absidale. Per tali ragioni si è scelto di affrontare una sistematica ricerca sperimentale finalizzata all'individuazione di un materiale e di una metodologia operativa desalinizzante in grado di garantire l'immissione di un quantitativo limitato di acqua all'interno dell'intonaco, la salvaguardia della superficie pittorica, e la rimozione dei sali solubili presenti negli strati più superficiali, in modo da evitare di richiamare e movimentare i sali di EDTA presenti nelle regioni più interne del supporto.

Fasi preliminari: allestimento dei provini e selezione dei prodotti

Sulla base dei dati emersi durante un'approfondita fase di studio del manufatto, si è proceduto alla realizzazione di provini in intonaco dipinto, riproducenti caratteristiche materiche e conservative paragonabili a quelle del manufatto originale. Al fine di ricreare delle morfologie di degrado simili a quelle riscontrate *in situ* e permettere un parametro di confronto dei materiali testati quanto più oggettivo possibile, è stato introdotto un quantitativo costante di EDTA bisodico direttamente nell'impasto dell'intonaco pozzolanico dei provini. Una volta completato il processo di carbonatazione, allo scopo di favorire la formazione di efflorescenze saline, i provini sono stati sottoposti a cicli di imbibizione collocando per giorni il supporto in mattone all'interno di contenitori in vetro contenenti acqua deionizzata, al di sopra di un letto di cotone idrofilo completamente imbevuto, in modo da assicurare la costante presenza di acqua liquida [7] (Fig. 2). Per indurre l'evaporazione dell'acqua verso la superficie dipinta si è ricorsi ad una continua e moderata ventilazione, nel tentativo di riprodurre i fenomeni di assorbimento – evaporazione dell'acqua avvenuti nel corso degli anni a carico dei dipinti originali. A seguito di tale operazione è stato possibile quindi ottenere, in un lasso di tempo relativamente breve, lo sviluppo di efflorescenze e subflorescenze saline sulle superfici dipinte dei provini - nonché la formazione delle morfologie di degrado da esse derivanti - di natura simile a quelle riscontrate sul manufatto originale [8] (Figg. 3-5). Data la presenza di numerosi fenomeni di deadesione e decoesione della pellicola pittorica e dell'intonaco, causati dalla cristallizzazione dei sali di EDTA, al fine di evitare la perdita eccessiva di pellicola pittorica dai provini, limitare le differenze di porosità superficiale e sub-superficiale e ricreare delle condizioni applicative che si avvicinassero il più possibile a quelle del manufatto reale, è stato infine eseguito un preconsolidamento del film pittorico con le stesse modalità operative adottate *in situ*.

A seguito di un'approfondita ricerca bibliografica sui diversi addensanti e supportanti comunemente utilizzati nel restauro e sulla base delle pregresse esperienze operative e dei dati forniti dalle schede tecniche, sono stati quindi selezionati i seguenti prodotti da testare ai fini della ricerca: Agar Art, Nevek®, Gellano Kelcogel®, Nanorestore Gel® Dry, Nanorestore Gel® ExtraDry [9]. Date le considerevoli differenze di natura fisica e chimica, per ogni formulato selezionato è stata inoltre verificata l'effettiva capacità estrattiva nei confronti dei sali solubili, attraverso applicazione su provino, successivo inserimento del formulato all'interno di un volume noto di acqua demineralizzata a conducibilità nota (in modo da permettere la fuoriuscita dei sali estratti dalla matrice del gel) e misura della conducibilità elettrica della soluzione acquosa così ottenuta [10].

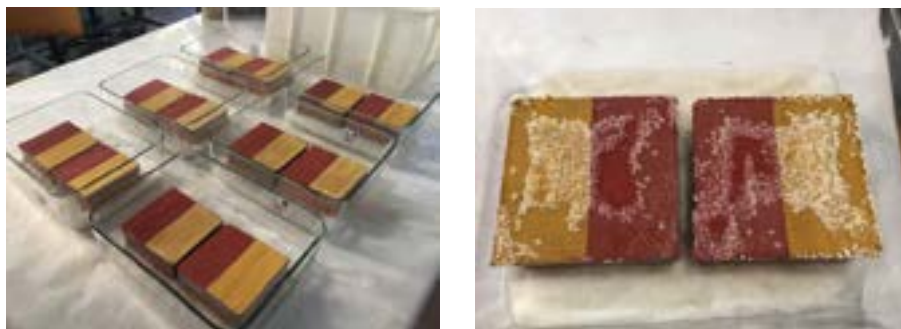


Figure 2 e 3. Provini in intonaco dipinto durante la fase di imbibizione in acqua e a seguito della fuoriuscita delle efflorescenze saline

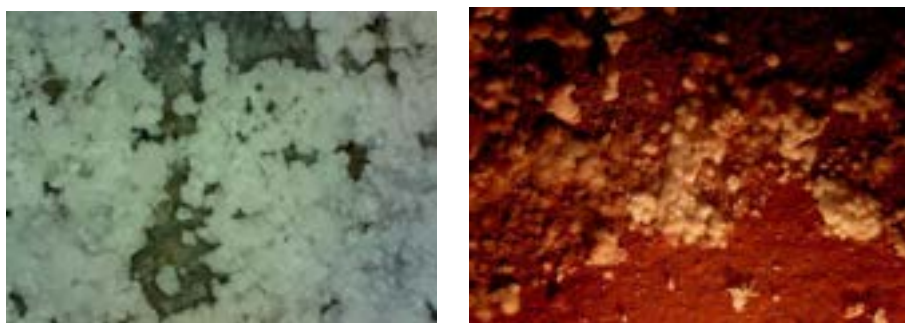


Figure 4 e 5. Corrispondenza tra le formazioni saline granulari osservate *in situ* e quelle rintracciate sui provini

Test di laboratorio

A questo punto è stato possibile eseguire dei test comparativi tra i prodotti selezionati e osservarne il comportamento durante le fasi operative. Per avere un termine di confronto con le metodologie di desalinizzazione tradizionali, diversi test sono stati eseguiti anche per Arbocel® BC 200 (polpa di carta con fibre di lunghezza media di circa 300 µm). Al fine di definire le concentrazioni e gli spessori ottimali per gli scopi da perseguire, nel caso di Gellano Kelcogel® ed Agar Art si è proceduto all'esecuzione di un test su carta assorbente neutra, che ha visto l'applicazione di tavolette di gel di spessore e concentrazione diversa ma misura costante, e successiva valutazione visiva delle gore d'umidità formatesi sul foglio. Un test simile è stato eseguito anche per Nevek® allo scopo di stabilire la percentuale p/p di acqua da aggiungere al formulato per conferire le proprietà ritentive più adeguate [11]. Inoltre, per Nevek®, in previsione dell'applicazione del prodotto *in situ*, si è ritenuto necessario, ai fini della determinazione della concentrazione da impiegare, valutare anche la facilità di stesura del prodotto in parete, in modo da poter considerare anche la possibilità di fenomeni di percolamento dell'acqua. Una volta stabilite concentrazioni, spessori e modalità applicative di ogni prodotto la valutazione del rilascio d'acqua su carta assorbente è stata eseguita per tutti i prodotti selezionati, in modo da poterli comparare sia tra di loro che a confronto con Arbocel BC® 200.

Si è proceduto poi con l'esecuzione di test applicativi su provino finalizzati alla valutazione e comparazione delle proprietà dei gel su intonaco dipinto.

Al fine di comprendere il comportamento del sistema gel-substrato e stabilire i tempi di applicazione ottimali in grado di garantire il giusto apporto d'acqua ed evitare di esporre la superficie pittorica ad eccessivi stress meccanici, sono state eseguite le seguenti prove:

- **Determinazione della velocità di rilascio dell'acqua.** Ogni prodotto è stato applicato per tempi di contatto crescenti; per ogni tempo di contatto è stata misurata la differenza di peso del gel e del provino prima e dopo l'applicazione, ricavando così dati sperimentali sulla quantità d'acqua rilasciata dai prodotti nel tempo, riassunti successivamente in appositi grafici (Grafico 1).
- **Monitoraggio fotografico del ritiro dimensionale.** Per valutare l'entità e velocità del ritiro dei gel, derivante dal progressivo rilascio d'acqua al substrato, e le conseguenti tensioni meccaniche prodotte a carico della pellicola pittorica, sono stati eseguiti, ad intervalli di tempo regolari e con la macchina in posizione fissa e perpendicolare alle superfici, diversi scatti fotografici di ogni prodotto applicato su provino. Una volta inserite tutte le riprese nel software AutoCAD, è stato possibile misurare il ritiro dimensionale di ciascun gel in funzione del tempo e comparare i formulati testati in base ai dati così ottenuti [12].

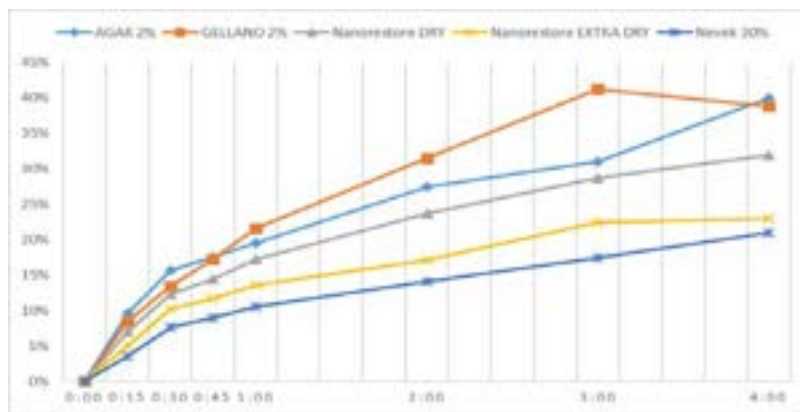


Grafico 1. Comparazione della quantità di acqua rilasciata sul provino dai gel testati

Sulla base delle informazioni ricavate con i test eseguiti e della conoscenza acquisita sui materiali selezionati, sia in termini di ritenzione d'acqua e ritiro che dal punto di vista applicativo e degli effetti sul substrato, è stato possibile giungere alla scelta di escludere, dalle successive prove su provino, Gellano Kelcogel® ed entrambi i Nanorestore Gel®, in quanto hanno dimostrato di possedere caratteristiche inadeguate agli scopi da perseguire. Tale scelta è avvenuta a seguito della constatazione che Gellano Kelcogel® possiede capacità ritentive inferiori rispetto agli altri gel in quanto, nelle prime ore di applicazione, apporta alla matrice porosa del provino il quantitativo maggiore di acqua; subisce significativi fenomeni di ritiro e può comportare il rilascio sulla superficie pittorica di residui particolarmente suscettibili al degrado biologico. L'esclusione dei Nanorestore Gel®, invece, è dovuta principalmente all'eccessivo ritiro dimensionale ed all'estrema adesività al substrato, a cui si aggiungono alcune criticità dal punto di vista applicativo. Pertanto, la successiva prova finalizzata alla verifica, valutazione e confronto delle proprietà estrattive tramite misura della conducibilità dell'acqua di decantazione è stata condotta solo per Agar Art e Nevek®, con relativa prova comparativa con Arbocel® BC 200: per ogni materiale sono stati selezionati due provini sui quali effettuare applicazioni della durata, rispettivamente, di 30 minuti ed 1 ora, in modo da poter valutare anche l'efficacia dell'estrazione in relazione al tempo di contatto con il substrato. Come abitualmente previsto per le operazioni di desalinizzazione di superfici decorate, il trattamento e la misura di conducibilità elettrica sono stati ripetuti più volte, fino al raggiungimento di valori di conducibilità elettrica pressoché costanti. Grazie a tale test è stato possibile verificare che i tempi di contatto scelti sono sufficienti per permettere l'estrazione di sali solubili dal supporto: è emerso infatti che la cattura dei sali solubili da parte del gel avviene prevalentemente durante i primi trenta minuti di applicazione. Ciò è presumibilmente dovuto ad un gradiente di concentrazione tra l'acqua che raggiunge il substrato e quella ancora presente nel gel: verosimilmente si instaurano fenomeni di diffusione ionica in cui gli ioni si spostano dalla regione più concentrata della soluzione (acqua nel substrato) verso quella a minore concentrazione (acqua nella matrice del gel), fino al raggiungimento dell'equilibrio.

In ultimo si è deciso di indagare quanto in profondità si spingesse l'azione desalinizzante di Agar Art, Nevek® ed Arbocel® BC200: per ogni prodotto, a seguito di applicazioni con tempi di contatto di 30 e 60 minuti, l'intonaco dei provini è stato spezzato al centro e fotografato, in modo da poter visionare, valutare e comparare il fronte di penetrazione dell'acqua all'interno del substrato (Figg. 6-8).

In base ai dati ottenuti dalle ultime prove effettuate è stato possibile constatare che Nevek® ed Agar Art, rispetto ad Arbocel® BC200, possiedono sia proprietà ritentive che capacità estrattive considerevolmente migliori, poiché estraggono un maggiore quantitativo di sali solubili, nonostante agiscano più superficialmente.

Dal confronto dei dati emersi con i test di laboratorio eseguiti si rileva inoltre che, sebbene Agar Art abbia dimostrato di possedere delle buone caratteristiche ai fini estrattivi, Nevek® rappresenta il prodotto migliore tra quelli testati, in quanto esibisce un fronte di penetrazione omogeneo, un rilascio d'acqua contenuto, uno scarso ritiro dimensionale e ottime capacità desalinizzanti, a cui si aggiunge la quasi totale assenza di residui lasciati sulla superficie dipinta e di danni a carico della pellicola pittorica.



Figure 6-8. Test di penetrazione dell'acqua nell'intonaco dopo 1 h di applicazione: Fig. 6 Nevek®; Fig. 7 Agar Art, Fig. 8 Arbocel® BC 200

Esecuzione del trattamento desalinizzante *in situ*

Una volta conclusasi la fase di studio sperimentale in laboratorio, che ha portato alla selezione di Agar Art e Nevek® come prodotti con le migliori proprietà ai fini estrattivi, la scelta definitiva del prodotto da impiegare per le operazioni di desalinizzazione del manufatto è stata raggiunta solo a seguito di prove di applicazione *in situ* dei due addensanti, in modo da valutare la risposta del manufatto in considerazione dei numerosi fattori che influenzano l'efficacia del trattamento nella pratica di restauro (condizioni microclimatiche dell'ambiente, particolarità della tecnica esecutiva, eterogeneità dei materiali costitutivi e della porosità superficiale, residui e alterazioni di materiali di restauro impiegati in precedenti interventi, presenza di differenti specie saline e morfologie di degrado) [13]. Sono state quindi eseguite due applicazioni della durata di 30 minuti, sulla scorta delle prove di estrazione e di penetrazione dell'acqua su provino effettuate in laboratorio. Fin dalla prima applicazione Agar Art ha provocato un vistoso sbiancamento delle superfici che ricalcava esattamente l'estensione della tavoletta applicata, presumibilmente provocato dalla cattura parziale dei sali disciolti dall'acqua all'interno della matrice del gel. Nevek®, invece, ha dimostrato di agire con delicatezza sulle superfici, preservando la zona trattata sia dal punto di vista materico che cromatico. Si è osservato, tuttavia, che l'area di rilascio dell'acqua si è estesa anche oltre il perimetro della compressa. Da ciò è derivata la scelta di perfezionarne la metodologia di applicazione, aggiungendo un ulteriore strato di velina inglese da interporre all'impacco, allo scopo di limitare l'estensione della gora d'umidità oltre la zona da trattare, facilitare ulteriormente la rimozione del gel e minimizzare il rilascio di residui sulle superfici. La successiva verifica della capacità estrattiva *in situ*, attraverso la misura conduttimetrica dell'acqua di decantazione dei gel, ha inoltre confermato l'avvenuta estrazione di sali dalla matrice dell'intonaco ed ha permesso il confronto delle proprietà estrattive degli stessi sia tra loro che nell'ambito delle due applicazioni. Alla luce dei risultati ottenuti attraverso i test di laboratorio e la prova *in situ*, si è scelto pertanto di impiegare Nevek® per le operazioni di desalinizzazione del dipinto oggetto di restauro, in quanto ha dimostrato di possedere buone capacità estrattive e ritenitive, ma soprattutto garantisce un maggiore rispetto delle superfici dell'opera.

Prima di procedere con il trattamento desalinizzante si è scelto di pianificare la sequenza e le modalità di esecuzione delle operazioni, in modo da standardizzare la metodologia di verifica della quantità di sali estratti e decidere preventivamente la suddivisione degli impacchi. Con l'ausilio del software AutoCAD, la superficie del dipinto oggetto d'intervento è stata suddivisa in 34 aree d'impacco, delimitate secondo le linee della figurazione. Sulla base di tale suddivisione sono stati indicati 9 riquadri delle dimensioni di 10 x 10 cm², ricadenti all'interno di un'unica area d'impacco e distribuiti, in modo ragionato, su tutta la superficie del dipinto (Fig. 9). Ogni riquadro individuato corrisponde ad un'area di prelievo del gel per la verifica ed il controllo della quantità di sali estratti, mediante la misura della conducibilità elettrica [14].

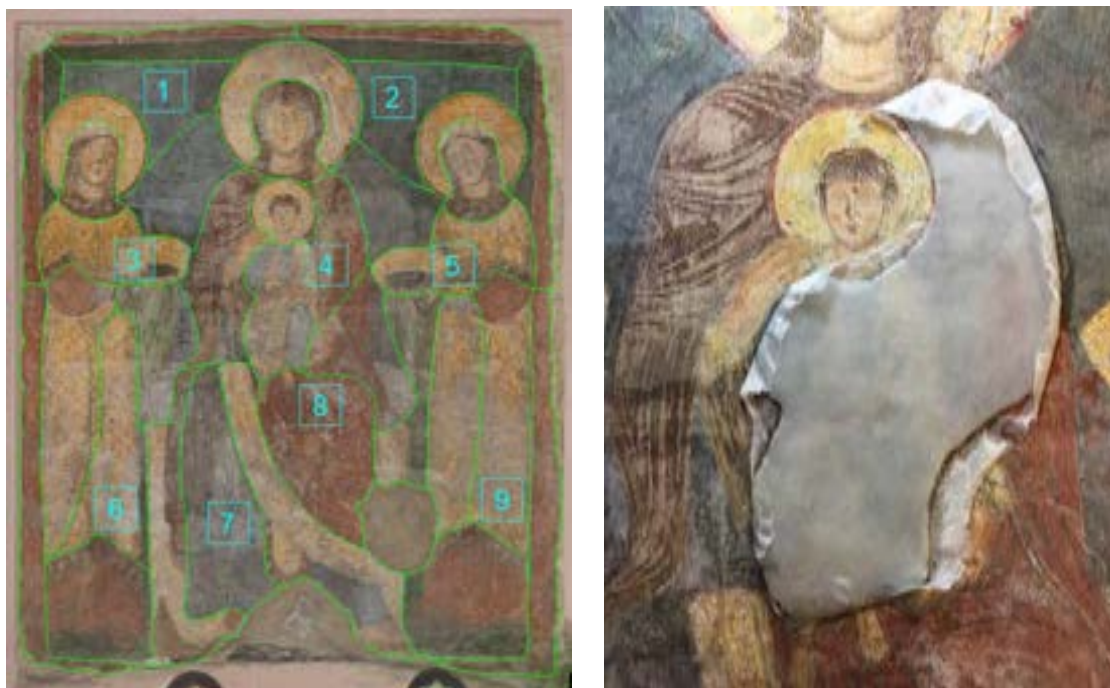


Figure 9 e 10. Localizzazione del perimetro degli impacchi di Nevek e dei tasselli di controllo delle estrazioni saline



Figure 11 e 12. Rimozione tramite mascherina in polietilene della compressa di Nevek® per la misura di conducibilità elettrica

Il trattamento desalinizzante ha visto quindi l'applicazione degli impacchi di Nevek® secondo la suddivisione stabilita, con le modalità operative definite attraverso i test precedentemente eseguiti: dopo aver aggiunto il 30 % (p/p) di acqua deionizzata, il prodotto è stato steso sulla superficie per mezzo di spatole, interponendo due fogli di velina inglese preventivamente tagliati a misura [15] (Fig. 10). Trascorsi 30 minuti di contatto, la rimozione dell'impacco è stata eseguita arrotolando il gel all'interno dei fogli di velina inglese sottostante. La presenza di un doppio strato di velina ha rappresentato una valida soluzione operativa in quanto facilita la rimozione del gel e, soprattutto, il controllo dello stato conservativo della superficie dipinta sottostante: il foglio a contatto con il gel ha permesso l'asportazione del prodotto in modo veloce, pulito e sicuro, mentre la velina di interfaccia con la superficie ha consentito la verifica della presenza di eventuali deadesioni della pellicola pittorica e la loro riadesione mediante infiltrazione localizzata di dispersione nanoacrilica K52 al 5% in acqua deionizzata ed alcool isopropilico (1:1).

Per le aree in cui ricadevano i riquadri 10 x 10 cm² destinati al controllo dell'efficacia del trattamento, prima della rimozione dell'impacco si è proceduto al prelievo del prodotto servendosi di una mascherina in polietilene, opportunamente sagomata: la mascherina è stata fatta aderire alla superficie del gel, collocandola esattamente nella zona individuata sul foglio Autocad (Fig. 11) e, aiutandosi con una spatola, è stato delimitato il perimetro del riquadro; il tassello così individuato è stato quindi asportato dalla superficie (Fig. 12) ed inserito direttamente all'interno di un becher contenente 200 ml di acqua deionizzata a conducibilità nota [16]. Per ognuno dei tasselli prelevati, trascorse le 12 ore necessarie alla fuoriuscita dei sali dalla matrice del gel, è stata misurata la conducibilità elettrica dell'acqua surnatante, annotando i valori ottenuti in tabelle appositamente realizzate.

Il trattamento di estrazione dei sali solubili ha visto poi una seconda applicazione degli impacchi di Nevek®, allo scopo di ridurre ulteriormente il quantitativo salino all'interno dell'intonaco e monitorare la variazione dei valori di conducibilità dei tasselli prelevati.

Il dato più evidente che emerge dall'esame dei valori conduttimetrici ottenuti, è l'aumento del quantitativo di sali rimossi con il secondo ciclo di estrazione, contrariamente a quanto rilevato con i test di desalinizzazione su provino. Tale fenomeno può presumibilmente derivare dalla migrazione dei sali solubili più interni verso la superficie dipinta: con il primo trattamento desalinizzante le specie saline presenti a profondità maggiori sono state solubilizzate e trasportate dall'acqua verso la superficie; il secondo trattamento le ha poi nuovamente disciolte e catturate all'interno dell'impacco (Tabella 1). Pertanto è stato deciso di non eseguire ulteriori applicazioni ai fini estrattivi, allo scopo di limitare il processo di risalita dei sali verso la superficie dipinta ed evitare di arrecare ulteriori stress alle superfici, in modo da raggiungere un buon compromesso tra l'estrazione ottimale dei sali solubili e la salvaguardia delle superfici.

N° tassello di prelievo	N° estrazione	Conducibilità tassello di prelievo (μS/cm)	Δ I-II estrazione (μS/cm)
1	I estrazione	562	+ 41
	II estrazione	605	
2	I estrazione	359	

	II estrazione	475	+114
3	I estrazione	390	
	II estrazione	520	+128
4	I estrazione	243	
	II estrazione	377	+132
5	I estrazione	257	
	II estrazione	356	+97
6	I estrazione	257	
	II estrazione	283	+24
7	I estrazione	294	
	II estrazione	328	+32
8	I estrazione	340	
	II estrazione	361	+19
9	I estrazione	305	
	II estrazione	366	+59

Tabella 1. Valori di conducibilità dei tasselli prelevati (conducibilità del bianco di riferimento 53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ca)

Conclusioni

Il presente studio sperimentale ha portato alla definizione di una procedura di rimozione dei sali solubili che rappresenta una valida alternativa ai metodi tradizionalmente impiegati nelle operazioni di desalinizzazione di supporti porosi dipinti. Il metodo messo a punto, infatti, non solo è risultato efficace in termini di estrazione salina ma soprattutto ha dimostrato di offrire numerosi vantaggi sia sotto il profilo applicativo, che conservativo. Dal punto di vista operativo l'impiego di Nevek® offre una buona versatilità nell'utilizzo in cantiere, in quanto, essendo pronto all'uso, non richiede particolari procedure di preparazione; inoltre la sua formulazione a scaglie permette la calibrazione del contenuto d'acqua e dello spessore dell'impacco in base alle esigenze, assicura un'adesione uniforme anche su superfici particolarmente irregolari, e semplifica la stesura del gel secondo le linee della figurazione. Sotto il profilo conservativo invece il trattamento desalinizzante proposto garantisce l'apporto di un moderato quantitativo d'acqua al substrato ed una limitata profondità di penetrazione del fronte d'umidità, assicurando, allo stesso tempo, un'efficace rimozione dei sali solubili presenti nei primi strati del manufatto ed un'elevata salvaguardia delle superfici dipinte. L'interposizione di due fogli di velina inglese assicura poi un'azione più delicata sulle superfici in quanto, oltre a facilitare la rimozione del prodotto, permette il controllo degli eventuali difetti di adesione della pellicola pittorica e la loro successiva riadesione. Per tali ragioni il metodo risulta particolarmente adatto nei casi in cui il manufatto da trattare presenti superfici molto delicate e sensibili all'azione dell'acqua. Il prelievo ragionato di porzioni regolari di impacchi e la conseguente misura della conducibilità elettrica, rappresenta infine un utile strumento di controllo dell'efficacia desalinizzante del trattamento e fornisce la possibilità di conoscere e quantificare la distribuzione dei sali solubili nell'area trattata.

NOTE

[1] C. Angelini, R. Boscherini, tesi di diploma di laurea, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, A.A. 2016-2017.

[2] Il ciclo pittorico non possiede una datazione certa e le ipotesi a tal riguardo sono essenzialmente due: la prima li daterebbe sul finire dell'XI sec., durante il pontificato di Gregorio VII (1073-1085); la seconda sposterebbe la realizzazione delle pitture nel primo ventennio del XII sec., sotto il papato di Pasquale II (1099-1118). C. Angelelli, 2010.

[3] Spesso è preferito il solo utilizzo della polpa di cellulosa ma in alcuni casi si fa uso di impacchi a base di argille le quali vengono impiegate per le loro note proprietà estrattive nonostante subiscano fenomeni di ritiro e di contrazione superficiale in fase di asciugatura e richiedano un accurato risciacquo delle superfici a causa della consistente presenza di residui. Per tale motivo l'utilizzo della sepiolite è spesso associato a quello della polpa di carta, in miscele con proporzioni variabili.

[4] La parziale rimozione dei residui di EDTA dalle superfici dipinte del manufatto, ha portato nel tempo alla formazione di sottoprodotti dannosi di natura salina, notevolmente solubili in acqua, accresciutisi sotto forma di efflorescenze e subflorescenze. L'identificazione delle specie saline presenti è avvenuta tramite l'analisi in spettroscopia Infrarossa con Trasformata di Fourier (FT-IR) di campioni di efflorescenze saline: Relazione del Laboratorio di Chimica e di Prove sui materiali – ISCR n. 1285 del 2 marzo 2018, Archivio delle relazioni del Laboratorio di Chimica e Prove sui materiali-ISCR.

[5] Un impacco di Arbocel, dello spessore di 1 mm e contenente 1:4.5 di materiale secco/acqua in peso, può potenzialmente rilasciare al substrato 10 litri di acqua per m², in un lasso di tempo fortemente legato alla distribuzione e alla grandezza dei pori del substrato su cui viene applicata. V. Vergès-Belmin, A. Heritage, A. Bourguès, 2011.

[6] Mentre sull'intero ciclo pittorico è stato eseguito solo un intervento di messa in sicurezza delle superfici dipinte, su tale scena sono state svolte tutte le fasi di restauro.

[7] Le facce laterali dei provini sono state preventivamente rivestite da uno strato di Paraloid B72 al 20% in acetone, al fine di creare una barriera impermeabile e convogliare la migrazione dei sali verso la superficie.

[8] L'effettiva corrispondenza tra manufatto e provini in termini di morfologie di degrado e natura delle formazioni saline, è stata confermata attraverso l'ispezione delle superfici con stereomicroscopio e l'analisi FT-IR di campioni delle efflorescenze ottenute, eseguita dal Laboratorio di Chimica e di Prove sui materiali dell'ISCR.

[9] Agar Art e Nevek® sono composti da un polisaccaride complesso ad alto peso molecolare ricavato da alghe rosse della specie *Gelidium* e *Gracilaria*. Mentre Agar Art è costituito da una polvere che, disciolta in acqua in percentuali tra lo 0,5% e il 5% e portata ad una temperatura di 85-90°, forma gel termoreversibili, Nevek® si presenta già pronto all'uso in scaglie di gel di Agar ottenute a seguito di una doppia cottura e conservate in contenitori sigillati con il 5% circa di alcol etilico con funzione batteriostatica. Gellano Kelcogel® è una polvere costituita da un polisaccaride extracellulare prodotto dal batterio *Pseudomonas elodea*, che, se disperso in acqua in percentuali tra l'1 ed il 4% si idrata e forma gel termoreversibili una volta raggiunta la temperatura di circa 90-100°. I Nanorestore® Gel, sono degli idrogel chimici trasparenti, composti da un network semi-interpenetrato di pHEMA/PVP altamente ritentivo, appositamente formulati per essere utilizzati su manufatti molto sensibili all'acqua e venduti in tavolette preformate immerse in una soluzione acquosa. Unica differenza tra i due materiali selezionati è la maggiore ritenzione di Nanorestore Gel® Extra Dry nei confronti dei liquidi in esso caricati rispetto alla versione Dry che presenta un potere bagnante leggermente più elevato.

[10] Come termine di paragone conduttimetrico per ogni prodotto è stato definito un bianco di riferimento. Oltre a confermare le effettive capacità estrattive di ogni prodotto selezionato, tale test di estrazione ha permesso di verificare che per la fuoriuscita dei sali estratti dalla matrice dei gel sono necessarie almeno 12 ore di decantazione in acqua.

[11] Sul foglio di carta assorbente sono state applicate diverse compresse di dimensione costante e contenuto d'acqua crescente, per poi valutare visivamente gli aloni d'umidità formati.

[12] Sebbene soggette all'interpretazione dell'operatore, si è ritenuto che le misure ottenute potessero essere sufficientemente precise ed utili per indicare il comportamento dei prodotti esaminati, soprattutto in virtù della scelta dei tempi di applicazione e per valutare eventuali fattori di rischio a carico della pellicola pittorica. Chiaramente tali misure si riferiscono al ritiro dimensionale dei prodotti sugli assi x e y ma non allo spessore (asse z).

[13] L'analisi mediante diffrazione dei raggi X (XRD) delle efflorescenze saline prelevate dal manufatto ha infatti rilevato anche la presenza di gesso (solfato di calcio, CaSO₄) e thenardite (solfato di sodio, Na₂SO₄).

[14] La messa a punto di tale procedura costituisce un riadattamento della metodologia di estrazione dei sali solubili, standardizzata durante l'intervento di restauro del ciclo giottesco della Cappella degli Scrovegni (PD). E. Borrelli, 1994.

[15] La stesura di ogni impacco è stata eseguita cercando di ottenere spessori costanti di circa 0.5 cm, allo scopo di riprodurre le condizioni applicative testate in laboratorio.

[16] Al fine di mantenere una perfetta rispondenza con la metodologia definita durante le prove di laboratorio, dopo l'asportazione dell'impacco dalla superficie, la porzione di velina inglese - di entrambi i fogli applicati - corrispondente all'area di prelievo, è stata ritagliata ed inserita all'interno del becher.

BIBLIOGRAFIA

1. C. Angelini, R. Boscherini, "I dipinti murali dell'Oratorio Mariano di Santa Pudenziana: intervento conservativo, studio della tecnica esecutiva, proposta innovativa per la rimozione dei sali solubili", Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, tesi di diploma di laurea in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, LRM-02, A.A. 2016-2017, PFP1.
2. C. Angelelli, *La Basilica titolare di S. Pudenziana: nuove ricerche*, Città del Vaticano: Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana, 2010
3. V. Vergès-Belmin, A. Heritage, A. Bourguès, "Powdered Cellulose Poultices in Stone and Wall Painting Conservation: Myths and Realities", in «Studies in Conservation», 2011, Vol. 56, n.4, pp. 281-297.
4. E. Borrelli, *Standardizzazione di un metodo di estrazione di sali da supporti porosi e suo utilizzo a scopo diagnostico*, in «La conservazione dei monumenti nel bacino del Mediterraneo: atti del 3° simposio internazionale», Venezia, 22-25 giugno 1994, p. 163-167.

UTILIZZO DI BIOTECNOLOGIE PER LA CONSERVAZIONE DI DIPINTI MURALI E STUCCHI. IL BIOCONSOLIDAMENTO DELLE SUPERFICI DECORATE DELLA CAPPELLA DI S. PIETRO IN S. PUDENZIANA A ROMA

Marco Bartolini *, Carla Giovannone**, Eleonora Panella***

* Funzionario Biologo, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Via di San Michele 23, 00153, Roma, tel. 06 67236610, e-mail: marco.bartolini@beniculturali.it

** Funzionario Restauratore, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Via di San Michele 23, 00153, Roma, tel. 06 67236333, e-mail: carla.giovannone@beniculturali.it

***Restauratrice libero professionista, via Gregorio VII 350, 00165, Roma, tel. 3393796590, e-mail: eleonorapanella@yahoo.it

Abstract

La cappella di S. Pietro, situata nella basilica paleocristiana di S. Pudenziana a Roma, presenta un apparato decorativo della fine del XVI sec. in precario stato di conservazione, con diffuse lacune, mancanze, efflorescenze saline, decoesione e deadesione degli strati di finitura e preparatori degli stucchi e degli affreschi, a causa delle infiltrazioni di umidità. Recentemente per il consolidamento dei materiali lapidei porosi è stato proposto l'utilizzo di sistemi biologici, che ha aperto nuove prospettive per la conservazione dei Beni Culturali. Il presente lavoro riguarda la sperimentazione di un sistema di bioconsolidamento basato sull'applicazione di un nuovo prodotto, Myxostone M3-P della KBYO-Biological, per il ristabilimento della coesione dei materiali lapidei artificiali, attraverso la biomineralizzazione indotta da batteri calcinogenici. La sperimentazione è stata effettuata *in situ* su aree campione sia di stucchi che di affreschi in collaborazione con l'Università di Granada, la società Nova Conservação, la KBYO-Biological, che hanno fornito il prodotto e la consulenza durante le varie fasi del trattamento. La ricerca ha avuto la finalità di valutare l'efficacia di questo nuovo sistema e di individuare delle metodologie applicative idonee per il consolidamento di dipinti murali e stucchi. La sperimentazione ha evidenziato che le modalità applicative mutate dal trattamento su calcareniti ed arenarie di monumenti esposti all'aperto non sono direttamente utilizzabili su materiali lapidei artificiali in ambienti semipogei e che si ritiene necessario mettere a punto delle metodologie di applicazione del prodotto specifiche per ogni tipologia di manufatto da trattare.



Figura 1. La volta della cappella prima dell'intervento di restauro in corso (foto autori)

Introduzione

Uno dei problemi conservativi più rilevanti che possono interessare i dipinti murali e gli stucchi collocati in ambienti ipogei e semipogei è rappresentato dai fenomeni di decoesione e deadesione dei materiali costitutivi. Tali tipologie di degrado sono causate dalla presenza di elevati valori di umidità, che possono derivare da infiltrazioni di acqua e/o da fenomeni di risalita capillare e/o di condensazione superficiale e dai conseguenti cicli di dissoluzione, trasporto e ricristallizzazione dei sali solubili sulle superfici. Nell'ambito degli interventi di restauro, questi processi di degrado sono affrontati con operazioni di consolidamento effettuate mediante l'uso di prodotti organici e inorganici, che non sempre si sono dimostrati efficaci e/o idonei. Negli ultimi decenni sono stati proposti dei metodi alternativi, basati sull'applicazione di biotecnologie, che garantiscono una maggiore compatibilità chimica ed un minore impatto ambientale rispetto ai metodi tradizionali. Questi metodi biologici si basano sul fenomeno della "biocarbonatogenesi", un processo naturale prodotto da diversi microrganismi, per questo detti calcinogenici, in grado di indurre la precipitazione del carbonato di calcio all'interno della pietra [1]. Tale fenomeno può essere utilizzato per ripristinare la resistenza meccanica e la coesione interna nei materiali lapidei naturali e artificiali che presentano difetti di coesione. Gli studi sull'applicazione dei sistemi di bioconsolidamento, nel campo dei beni culturali, hanno preso in considerazione soprattutto il trattamento di materiali lapidei naturali porosi [2,3,4]. Scarse sono state, finora, le sperimentazioni finalizzate al consolidamento di malte di dipinti murali e stucchi [5]. Il presente lavoro, pertanto, ha avuto lo scopo di valutare l'efficacia di un sistema di bioconsolidamento basato sull'applicazione del formulato Myxostone M3-P della KBYO-Biological per il trattamento di queste diverse tipologie di materiali. I protocolli applicativi già adottati per il consolidamento dei materiali lapidei naturali quali arenaria, calcarenite ecc, [6] sono stati testati al fine di verificare la loro idoneità per il trattamento di dipinti murali e stucchi in ambienti semipogei e di sviluppare una procedura specifica di applicazione. La sperimentazione è stata condotta sugli apparati decorativi della cappella di S. Pietro in S. Pudenziana a Roma nell'ambito di un cantiere didattico della Scuola di Alta Formazione e Studio dell'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro.

Vicende conservative delle superfici decorate della cappella

La cappella di San Pietro, ubicata nella navata ovest della basilica paleocristiana di Santa Pudenziana a Roma, presenta una ricca decorazione tardomanierista, commissionata dal protonotario francese Desiderio Collin nel 1595 [7] che si dispiega sulla volta e sulle lunette con pitture murali ad affresco di Giovanni Baglione raffiguranti "Storie di San Pietro" [8] ora quasi totalmente perdute, in cornici rette da putti con festoni e stemmi in stucco romano di calce e polvere di marmo, in parte dorato e dipinto con sottolineature cerulee; le pareti presentano rivestimenti in marmi policromi e l'altare centrale il gruppo scultoreo della "Consegna delle chiavi", opere di Giovan Battista della Porta e della sua bottega.

L'ISCR sin dal 2015 ha posto il suo interesse sul precario stato conservativo degli apparati decorativi della cappella iniziando dallo studio e dall'intervento conservativo di una tesi di laurea [9] e proseguendo nel 2017 con due cantieri didattici con gli allievi della Scuola di Alta Formazione e Studio dell'ISCR [10]. Le attività hanno riguardato la messa in sicurezza delle decorazioni plastiche e pittoriche in pericolo di crollo e l'esecuzione di interventi conservativi in aree campione per la redazione del progetto e del capitolato speciale d'appalto. Il grave stato di degrado delle superfici è stato causato da reiterate infiltrazioni d'acqua di cui soffre la cappella, divenuta semipogea a causa di modificazioni urbanistiche e strutturali del complesso architettonico, legate alla creazione di via Balbo ed all'interramento parziale delle strutture murarie addossate all'abside, avvenute tra la fine dell'800 e nei primi decenni del '900. Nello specifico la separazione del monastero dalla basilica, la realizzazione di un nuovo asse viario sopraelevato rispetto alle quote di calpestio originali e la parziale demolizione del portico dell'Oratorio Mariano, hanno trasformato la cappella in un ambiente semipogeo, che si trova in parte sotto il marciapiede ed il manto stradale della soprastante via.

Le infiltrazioni di umidità e i cicli di evaporazione dell'acqua e cristallizzazione di sali solubili hanno prodotto diffusi fenomeni di deadesione e decoesione dei materiali costitutivi degli strati preparatori e di finitura, lacune e mancanze degli affreschi e degli stucchi (Fig. 1). Alcune immagini della fototeca Hertziana e dell'ICCD databili alla metà del secolo scorso mostrano i dipinti murali del Baglione e l'apparato decorativo in stucco ancora in buono stato di conservazione (Fig. 2). A questo complesso quadro conservativo dobbiamo aggiungere numerosi interventi di restauro, che hanno cercato di nascondere gli esiti di questi processi di degrado senza poterne rimuovere la causa, cioè l'infiltrazione di umidità. Tale problema risulta di complessa risoluzione a causa della compresenza di differenti enti proprietari e preposti alla tutela competenti alcuni sull'edificio ed altri sulla strada. La situazione prima del nostro intervento era molto critica, con cadute quotidiane di frammenti di stucco e di intonaco dalla volta. Oltre al richiamo deontologico ad intervenire, per evitare la completa perdita delle decorazioni, anche l'interesse sperimentale e didattico ci ha spinto a studiare un caso limite in cui applicare delle metodologie di consolidamento compatibili con i materiali costitutivi e adottabili in presenza di fenomeni di umidità purtroppo ancora attivi. L'intervento conservativo è stato mosso anche dall'esigenza di rimuovere

fissativi e consolidanti organici alterati e numerose stuccature ed integrazioni, che, realizzate con materiali non compatibili per composizione e porosità con quelli costitutivi, impedivano il normale passaggio dell'acqua, il quale avveniva così a carico del materiale originale anziché sulle integrazioni di restauro. In questo quadro conservativo si inserisce lo sforzo progettuale ed applicativo di adottare, per il ristabilimento della coesione, materiali inorganici nanometrici come nanocalci e nanosilici, compatibili ed affini con i materiali costitutivi originali, evitando l'uso di consolidanti organici che in tali condizioni subiscono un rapido degrado e modificano sensibilmente la porosità delle malte degli affreschi e degli stucchi. Oltre all'utilizzo di nanotecnologie è stato aperto un altro fronte di studio e di ricerca nel quale è stata inserita la sperimentazione sul bioconsolidamento.



Figura 2. Gli affreschi e gli stucchi della volta intorno alla metà del secolo scorso (foto ICCD E056766)

Il sistema di bioconsolidamento con Myxostone M-3P

Il sistema di bioconsolidamento oggetto della sperimentazione, sviluppato dall'Università di Granada [11] e commercializzato dalla KBYO-Biological detentrica del brevetto, non richiede l'applicazione di microrganismi, ma si basa sull'utilizzo del formulato Myxostone M-3P, il quale è in grado di stimolare l'attività calcinogenica degli ecosistemi microbici che spontaneamente s'instaurano nei substrati dei materiali lapidei naturali ed artificiali [12]. Tale metodo di bioconsolidamento è potenzialmente più agevole nell'uso rispetto a quelli che richiedono l'applicazione di batteri e interpreta al massimo il criterio ecologico del biorestauro, in quanto permette di ottenere il ristabilimento della coesione dei manufatti sfruttando il potenziale metabolico intrinseco nei materiali. Il formulato Myxostone M-3P è un terreno nutritivo caratterizzato da una peculiare composizione in grado di attivare preferenzialmente lo sviluppo di batteri capaci di indurre la precipitazione extracellulare del carbonato di calcio e di prevenire la produzione metabolica di acidi, da parte dei batteri attivati, che arresterebbe la formazione della calcite. Il terreno, di natura proteica, favorisce la crescita di batteri che utilizzano amminoacidi. La deaminazione ossidativa degli amminoacidi, producendo ammoniaca, rende alcalino il substrato e permette la formazione del carbonato di calcio. Il pH alcalino è mantenuto anche dalla presenza nel formulato di acetato di calcio, che ha sia la funzione di fonte di ioni calcio che quella di stabilizzare il pH. La sperimentazione è stata condotta su due materiali lapidei artificiali: dipinti murali ad affresco e stucchi di calce e polvere di marmo. In particolare per i dipinti murali è stata selezionata un'area di 2016 cm² con pellicola pittorica monocroma rossa, nella lunetta di fondo sopra l'altare e uno strato preparatorio pozzolanico del dipinto murale del sottarco che aveva perduto completamente il colore, della dimensione di 720 cm². Per gli stucchi è stata selezionata un'area della cornice del sottarco stesso con una superficie di 930 cm² (Figg.3,4). Precedentemente all'esecuzione dei test, un campione relativo alle zone da consolidare è stato inviato ai laboratori del Dipartimento di Microbiologia dell'Università di Granada per verificare la presenza nel materiale stesso di microflora con capacità calcinogenica. La carica batterica totale è stata valutata mediante analisi microbiologiche quantitative su terreno Tryptic Soy Agar (TBA) mentre la componente calcinogenica è stata valutata mediante inoculo su terreno M3-P solidificato con agar. I risultati hanno evidenziato la presenza di una quantità bassa, ma significativa di batteri coltivabili, dell'ordine di 1,5 x 10 CFU/g, che nella soluzione M-3P si è dimostrata costituita al 100% da popolazione batterica con capacità carbonatogenica.



Figure 3 e 4. La lunetta sud ed il sottarco nord con le aree campione per la sperimentazione del bioconsolidamento (foto autori)

Metodologia applicativa

L'applicazione del formulato M-3P è stata eseguita in collaborazione con Nuno Proenca della società Nova Conservação adottando, inizialmente, il sistema già impiegato con buoni risultati nel consolidamento di calcari ed arenarie [13]. Tale metodologia prevede l'applicazione del prodotto a spruzzo, con microvaporizzatore, fino ad un totale di 1-1,5 ml/cm². Il trattamento è eseguito attraverso ripetute applicazioni (*wet on wet*) per 7 giorni consecutivi. Terminata la fase applicativa le superfici devono essere oscurate per i successivi 30 giorni garantendo se possibile una temperatura dell'ambiente consigliata intorno ai 20° con un'umidità tra il 50 e l'80%. Già dal primo giorno, tuttavia, non è stato possibile rispettare il suddetto protocollo poiché lo strato di finitura dello stucco consentiva un assorbimento di solo 1/3 della quantità di prodotto prevista. Inoltre, pur essendo la tecnica del dipinto murale ad affresco e quella dello stucco romano compatibili con le soluzioni acquose, il grave stato conservativo degli apparati decorativi e l'ambiente semipogeo nel quale erano collocate le opere, ci hanno imposto un significativo aggiustamento del protocollo, intervenendo sia sulle quantità che sulla frequenza delle applicazioni, al fine di evitare il rischio di movimentazione di sali solubili, dispersione del prodotto nelle discontinuità e nelle fessurazioni interne della struttura muraria e crescita di microrganismi eterotrofi indesiderati (funghi). Le modifiche apportate sono state le seguenti:

- Sullo strato pozzolanico preparatorio del dipinto murale è stato applicato il 20% della quantità di prodotto assorbita il 1° giorno, diviso in due applicazioni somministrate una al mattino e una nel tardo pomeriggio;
- Sulla pellicola pittorica è stato applicato solo il 10% della quantità di prodotto assorbita il 1° giorno, diviso in due applicazioni somministrate una al mattino e una nel tardo pomeriggio;
- Sullo stucco è stato applicato il 10% della quantità di prodotto assorbita il 1° giorno, diviso in due applicazioni somministrate al mattino e nel tardo pomeriggio.

La procedura richiedeva l'assenza di luce sulle aree trattate. A questo scopo sono state realizzate due celle provvisorie, tali da poter essere spostate agevolmente, costituite da due strutture mobili: una formata da un tessuto oscurante applicato su un telaio ligneo, che consentiva un passaggio di aria naturale, utilizzata per oscurare le aree relative agli stucchi e allo strato preparatorio; l'altra costituita da un box rigido in materiale plastico, maggiormente sigillante rispetto alla prima, applicata in corrispondenza dell'affresco.

La procedura indicata richiedeva, inoltre, l'ausilio di un sistema di ventilazione forzata che nel caso specifico non si è potuto realizzare, per non amplificare i fenomeni di disgregazione innescando nuovi cicli di cristallizzazione di sali solubili.

La valutazione dell'efficacia del bioconsolidamento è stata effettuata applicando le seguenti metodologie:

- Metodo della spugna di contatto (assorbimento d'acqua) in accordo con la norma UNI 11432:2011 Cultural Heritage – Natural And Artificial Stone – determination of the water absorption by contact sponge;
- Metodo del tubo di Karsten (assorbimento d'acqua a bassa pressione) in accordo con lo Standard di riferimento DRAFT prEN 16302 – 2011, Conservation of cultural property – Test methods - Measurement of water absorption under low pressure;
- Peeling scotch Test, in accordo con lo Standard ASTM 903-98 - test method for peel or stripping strength of adhesive bonds.

Il metodo della spugna di contatto e del tubo di Karsten rappresentano due sistemi indiretti per valutare l'effetto consolidante, in quanto viene misurata la riduzione dell'assorbimento di acqua che si presuppone legata ad una riduzione delle lacune interne al materiale. Il peeling test permette, invece, una valutazione diretta dello stato di coesione della superficie. Tale misura è stata applicata solo per lo strato preparatorio pozzolanico del dipinto murale in quanto già lacunoso dello strato di intonachino e della pellicola pittorica e pertanto considerabile come una superficie di sacrificio. Trattandosi di prove sull'opera d'arte si è deciso di non eseguire il test sugli strati di finitura originali. Le misure sono state eseguite prima del trattamento e dopo 30 e 90 giorni dal termine del trattamento facendo attenzione nel ripetere le letture sugli stessi punti in modo da ridurre le variabili legate alle eventuali disomogeneità del materiale.

Risultati

Nelle figure 5 e 6 sono riportati i punti in cui sono state effettuate le misure con la spugna di contatto. I punti di misura 1 e 2 riguardano gli stucchi, i punti 3,4,5 sono relativi allo strato preparatorio, i punti 6,7,8 sono in corrispondenza dell'affresco nella lunetta. Come si può osservare nel grafico in figura 7 sono stati registrati risultati diversi in funzione dei differenti materiali: in corrispondenza dello stucco (punti 1,2) è stata registrata una netta riduzione dell'assorbimento di acqua già dopo 30 giorni dall'applicazione; sullo strato preparatorio, nel punto 5, è stata osservata una riduzione dell'assorbimento di acqua, mentre nei punti 3 e 4 è stato rilevato un valore negativo, dovuto presumibilmente al distacco di qualche particella del substrato pozzolanico; sul dipinto murale (punti 6,7,8) è stato possibile effettuare la misura dopo 30 giorni solo in corrispondenza del punto 6 poiché sulle altre aree si è verificato uno sviluppo di funghi.

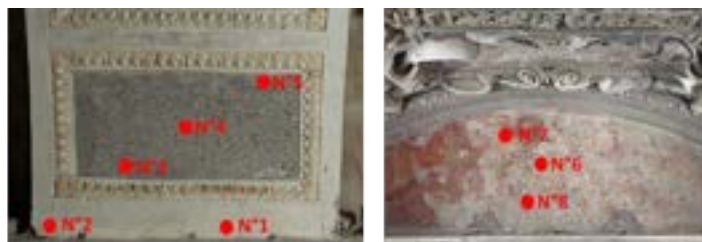


Figure 5 e 6. Punti di misura del test della spugna di contatto (foto autori)

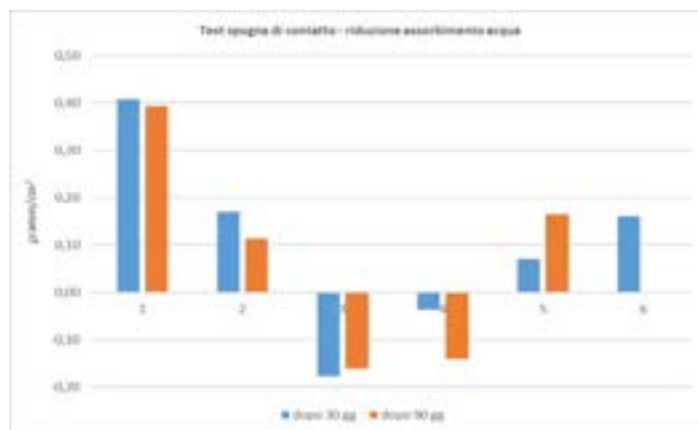


Figura7. Grafico degli esiti del test spugna di contatto: i dati sono espressi come riduzione della quantità di acqua assorbita (g/cm^2) dopo il trattamento (W_a iniziale – W_a finale)

Le figure 8 e 9 mostrano i punti di misura del tubo Karsten: i punti 1,2,3 in corrispondenza degli stucchi, i punti 4 e 5 sull'affresco. Sullo strato preparatorio in pozzolana non è stato possibile eseguire il test con il tubo di Karsten a causa dei gravi difetti di coesione presenti.

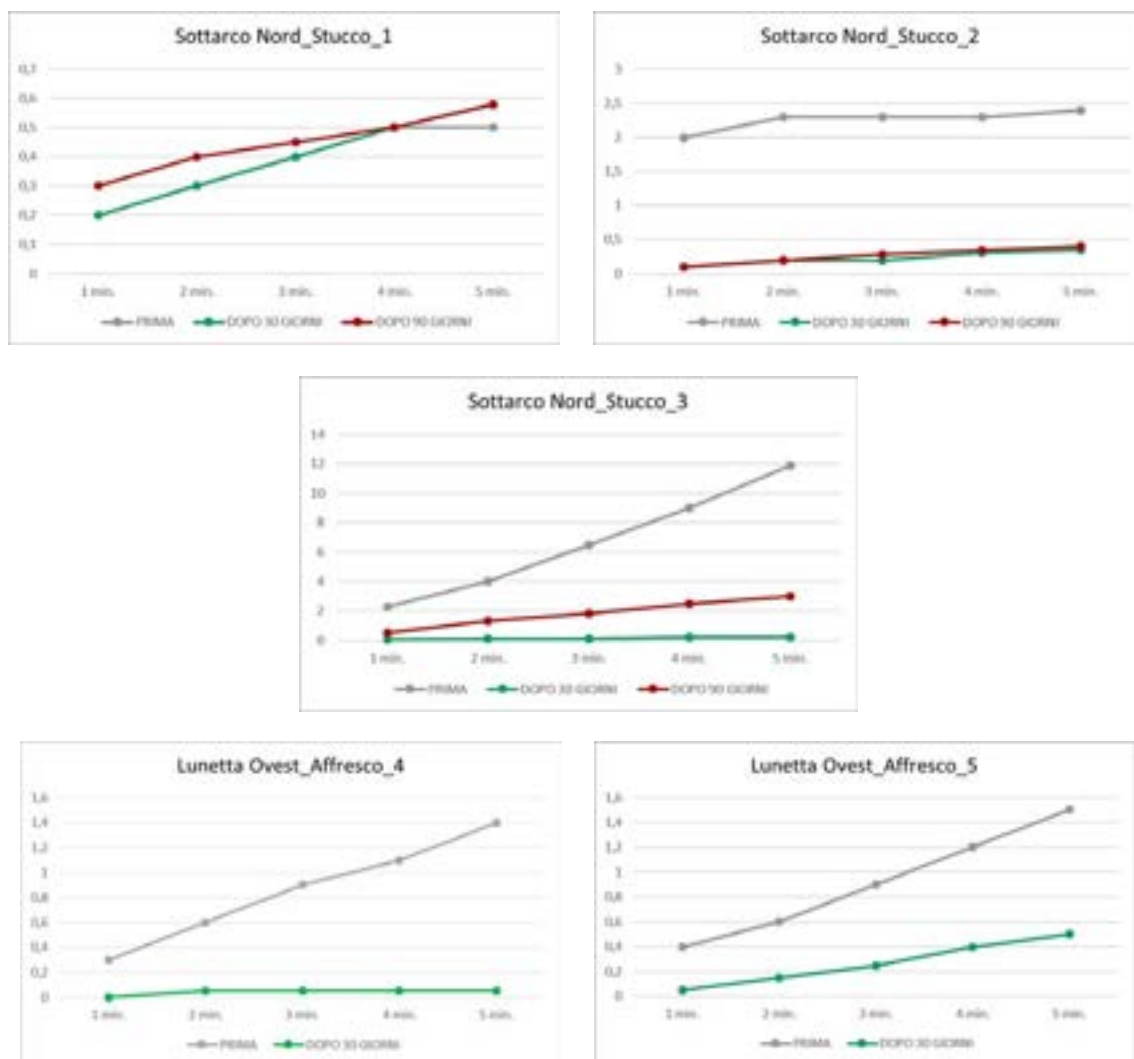


Figure 8 e 9. Punti di misura del test del tubo Karsten (foto autori)

PUNTO DI MISURA N°	PRIMA					DOPO 30 GIORNI					DOPO 90 GIORNI				
	1 min. / ml	2 min. / ml	3 min. / ml	4 min. / ml	5 min. / ml	1 min. / ml	2 min. / ml	3 min. / ml	4 min. / ml	5 min. / ml	1 min. / ml	2 min. / ml	3 min. / ml	4 min. / ml	5 min. / ml
1-stucco		0,3	0,4	0,5	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,58	0,3	0,4	0,45	0,5	0,58
2-stucco	2	2,3	2,3	2,3	2,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,35	0,1	0,2	0,28	0,35	0,4
3-stucco	2,3	4	6,5	9	11,9	0,05	0,1	0,1	0,18	0,2	0,5	1,3	1,8	2,5	3
4-affresco	0,3	0,6	0,9	1,1	1,4	0	0,05	0,05	0,05	0,05					
5-affresco	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	0,05	0,15	0,25	0,4	0,5					

Figura 10. Tabella assorbimento di acqua a bassa pressione

I grafici nelle figure 11-15 evidenziano che sull'affresco dopo 30 giorni dal trattamento l'applicazione del formulato ha prodotto una significativa riduzione dell'assorbimento a bassa pressione (punti 4 e 5); dopo 90 giorni non si è potuto ripetere le letture a causa della crescita di funghi sulla superficie del dipinto. Le misure relative agli stucchi hanno mostrato risultati discordanti: nei punti 2 e 3 l'assorbimento è risultato nettamente ridotto mentre nel punto 1, dove l'assorbimento d'acqua era molto scarso anche prima del trattamento non è stata rilevata nessuna variazione.

**Figure 11-15.** Grafici dell'assorbimento di acqua a bassa pressione (i dati sono espressi come volume (ml) di acqua assorbita nel tempo)

Il peeling tape test eseguito solo sullo strato preparatorio pozzolanico mostra che il trattamento determina una lieve riduzione della quantità di materiale asportato. La riduzione maggiore, tuttavia, è stata registrata a 30

giorni. Questo fenomeno potrebbe essere attribuibile al contributo dell'effetto adesivo dell'acqua residuale all'applicazione del prodotto la cui evaporazione è stata, probabilmente, rallentata dall'alto tenore di U.R. della cappella.

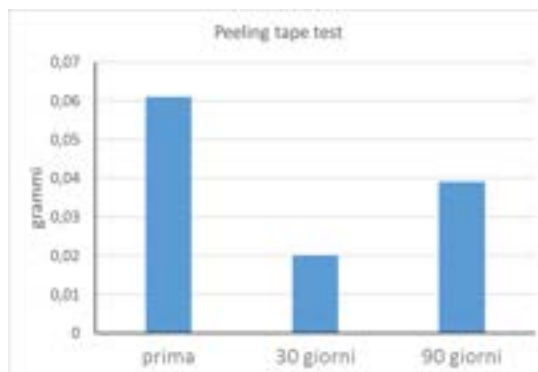


Figura 16. Grafico del Peeling Tape Test: i dati sono espressi come quantità di materiale asportato (pf – pi)

Conclusioni

I dati relativi alla sperimentazione mostrano che l'applicazione del formulato Myxostone M-3P è in grado di ridurre l'assorbimento di acqua da parte dei materiali lapidei artificiali oggetto dello studio e questo può essere correlato ad un effetto di consolidamento prodotto dall'attività calcinogenica dei batteri. Inoltre, i processi di biomineralizzazione sembrano verificarsi anche utilizzando quantità di formulato inferiori rispetto a quelle inizialmente consigliate. Tale effetto consolidante, tuttavia, non è stato riscontrato su tutte le tipologie di materiale e su tutti i punti analizzati. Sugli stucchi l'applicazione ha dato i risultati migliori in termini di riduzione di assorbimento di acqua, con entrambe le metodiche di controllo utilizzate. Sugli affreschi l'effetto è stato meno intenso a causa di una estesa crescita di funghi sulla superficie delle zone interessate dall'applicazione del formulato. Lo sviluppo dei funghi sui dipinti murali e sugli stucchi è da evitare perché può produrre in breve tempo alterazioni cromatiche sulla superficie pittorica di difficile se non impossibile rimozione, in particolare se la colonizzazione è causata da funghi del gruppo delle Dematiaceae, caratterizzati dalla presenza nel micelio di pigmenti cromogeni scuri e molto stabili. Inoltre essa è estremamente dannosa per il processo di bioconsolidamento poiché tali microrganismi, caratterizzati dal rilascio di acidi deboli come conseguenza della loro attività metabolica, producono un'acidificazione del substrato che inibisce la biomineralizzazione del carbonato di calcio, la quale richiede un ambiente alcalino. Nel nostro studio, la crescita dei funghi si è verificata solo sulle superfici dell'affresco che erano state oscurate con una struttura rigida che, probabilmente, non ha consentito un ricambio d'aria sufficiente ad evitare il ristagno di umidità sulla superficie. Infatti nel caso degli stucchi e della malta pozzolanica, oscurata con tessuto di cotone, non si è verificato nessuno sviluppo di funghi. Questi risultati, pur nella limitata dimensione della sperimentazione, evidenziano che, anche se il sistema di bioconsolidamento con Myxostone M-3P sembra in grado di promuovere i processi di biomineralizzazione, la procedura di applicazione adottata presenta ancora alcune criticità quando il trattamento è condotto su materiali diversi dalla pietra ed in ambienti caratterizzati da condizioni di umidità elevata. In primo luogo il sistema richiede l'applicazione di quantità troppo elevate di soluzioni acquose che possono causare conseguenze dannose quali movimenti di sali solubili. Per tale motivo è stato necessario ridurre notevolmente la quantità di formulato applicato. Inoltre, si è visto che il terreno nutritivo promuove lo sviluppo di funghi sui manufatti, in particolare se non è possibile assicurare una sufficiente asciugatura delle superfici. Garantire l'asciugatura delle superfici, tuttavia, può risultare problematico quando i trattamenti vengono eseguiti su dipinti murali e stucchi collocati in ambienti ipogei e semipogei, a causa degli elevati livelli di umidità relativa presenti. Un'ulteriore difficoltà è stata riscontrata a seguito della necessità, indicata nella procedura, di oscurare completamente le superfici dopo il trattamento, a causa dell'insufficiente areazione conseguente e per la pericolosità nell'eventuale utilizzo di sistemi di ventilazione forzata. Per cercare di superare tali limiti sarebbe opportuno continuare gli studi per riuscire ad applicare il sistema su differenti tipologie di manufatti e in diversi contesti ambientali arrivando, quando possibile, alla definizione di protocolli specifici. Infatti, una metodologia non sufficientemente flessibile può portare a scarsi risultati e ad effetti indesiderati che potrebbero offuscare le potenzialità del metodo. In questa ottica risulta particolarmente importante creare occasioni di confronto tra le varie figure professionali, ricercatori, formulatori e restauratori, e avviare ulteriori approfondimenti e sperimentazioni, in laboratorio ed in situ, per rendere accessibile e sicuro l'utilizzo del prodotto, sviluppando le potenzialità del metodo al fine di renderlo definitivamente una valida alternativa ai sistemi tradizionali.

NOTE

- [1] De Muynck, De Belie, Verstraete 2010.
- [2] Jroundi, Fernández-Vivas, Rodriguez-Navarro, Bedmar, González-Muñoz 2010.
- [3] Rodriguez-Navarro C., Jroundi F., Schiro M., Ruiz-Agudo E. and Gonzalez-Muñoz M.T. 2102
- [4] Delgado Rodrigues, Ferreira Pinto, 2019
- [5] Jroundi F., Gonzalez-Muñoz M.T., Garcia-Bueno A., Rodriguez-Navarro C. 2014
- [6] Jimenez-Lopez, Jroundi, Pascolini, Rodriguez-Navarro, Pinar-Larrubia, Rodriguez-Gallego, Gonzales Munoz 2008.
- [7] Braconi 2013
- [8] Baglione 1642
- [9] Panella 2015
- [10] Oltre agli scriventi hanno partecipato al gruppo di lavoro interdisciplinare ISCR: C.Cacace, D.Catalano, D.Cavezzali, L.Conti, R.D’Urso, A.Pierangeli, A.R. Rubino, G.Sidoti, con gli studenti del 65° e 66° corso della SAF di Roma.
- [11] Gonzales Munoz, Rodriguez Navarro, Jimenez-lopez, Rodriguez-Gallego 2008.
- [12] Jimenez-Lopez, Rodriguez-Navarro, Piñar, Carrillo-Rosúa, Rodriguez-Gallego, Gonzalez-Muñoz 2007.
- [13] Jroundi, Gonzalez-Muñoz, Rodriguez-Navarro, Martin-Peinado, Martin-Peinado 2013.

BIBLIOGRAFIA

1. De Muynck. W., De Belie N., Verstraete W., “*Microbial carbonate precipitation in construction materials: A review*” in “*Ecological Engineering*”, Elsevier Ltd., 2010, 36: 118-136
2. Jroundi F., Fernandez-Vivas A., Rodriguez-Navarro C., Bedmar E.J., Gonzalez-Muñoz M.T., “*Bioconservation of Deteriorated Monumental Calcarenite Stone and Identification of Bacteria with Carbonatogenic Activity*”, in “*Environmental Microbiology*”, 60, 2010, pp. 39-54
3. Rodriguez-Navarro C., Jroundi F., Schiro M., Ruiz-Agudo E. and Gonzalez-Muñoz M.T., “*Influence of Substrate Mineralogy on Bacterial Mineralization of Calcium Carbonate: Implications for Stone conservation*”, in “*Applied and Environmental Microbiology*”, 78 (11), 2012, pp. 4017-4029
4. Delgado Rodrigues, J, Ferreira Pinto, A.P. “*Stone consolidation by biomineralisation. Contribution for a new conceptual and practical approach to consolidate soft decayed limestones*”, in “*Journal of Cultural Heritage*”, Elsevier, in press. 2019
5. Jroundi F., Gonzalez-Muñoz M.T., Garcia-Bueno A., Rodriguez-Navarro C., “*Consolidation of archeological gypsum plaster by bacterial biomineralization of calcium carbonate*”, in “*Acta Biomaterialia*”, Elsevier, , 2014, pp. 1-11
6. Jimenez-Lopez C., Jroundi F., Pascolini C., Rodriguez-Navarro C., Pinar-Larrubia G., Rodriguez-Gallego M. Gonzales Munoz M.T, “*Consolidation of quarry calcarenite by calcium carbonate precipitation induced by bacteria activated among microbiota inhabiting the stone*”, in “*International Biodeterioration & biodegradation*”, 62, Elsevier, Amsterdam, 2008, pp. 352-363
7. Braconi Matteo, “*Enrico Caetani e il restauro della basilica di Santa Pudenziana a Roma. Fatti e misfatti di un cantiere del tardo cinquecento*” in “*Rivista dell’Istituto Nazionale di Archeologia e Storia dell’Arte*” n°68, 2013, pp. 61-99
8. Baglione Giovanni, “*Le vite de’ pittori scultori et architetti dal pontificato di Gregorio XIII del 1572 in fino a’ tempi di papa Urbano VIII nel 1642 – scritte da Giovanni Baglione*”; a cura di Valerio Mariani, Facsimile dell’ed. di Roma del 1642, 1935
9. Panella Eleonora “*Il restauro conservativo delle superfici decorate della Cappella di S. Pietro in S. Pudenziana a Roma. Utilizzo di biotecnologie per la conservazione di dipinti murali e stucchi: consolidamento con batteri calcinogenici e rimozione di solfati con batteri desolfatanti*”, Tesi di diploma di laurea in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, LRM-02. ISCR, A.A. 2015
10. Gonzales Munoz M.T., Rodriguez Navarro C., Jimenez-lopez C., Rodriguez-Gallego M., “*Methods and product for protecting and reinforcing construction and ornamental materials*”, International patent number W02008009771: [Http://www.wipo.int/pctdb/en](http://www.wipo.int/pctdb/en), 2008
11. Jimenez-Lopez C., Rodriguez-Navarro C., Piñar G., Carrillo-Rosúa F.J., Rodriguez-Gallego M., Gonzalez-Muñoz M.T., “*Consolidation of degraded ornamental porous limestone stone by calcium carbonate precipitation induced by the microbiota inhabiting the stone*”, in “*Chemosphere*”, 68, 2007, pp. 1929-1936
12. Jroundi F., Gonzalez-Muñoz M.T., Rodriguez-Navarro C., Martin-Peinado B., Martin-Peinado J., “*Conservation of carbonate stone by means of bacterial carbonatogenesis: evaluation of in situ treatments*”, in “*Proceedings of the 8th international symposium on the conservation of monuments in the Mediterranean basin*”, Patras, 2013, 3, pp. 159-171

CONSERVAZIONE PREVENTIVA

LA CONSERVAZIONE DI SUPPORTI NON CONVENZIONALI: I NASTRI MAGNETICI E I DISCHI OTTICI. LA QUESTIONE DEGLI AUDIOVISIVI COME BENI STORICI E CULTURALI

Isabella Otto*

*Collaboratrice Restauratrice/Diagnosta dei Beni Culturali, ISC Perretta, via Brambilla 39, 22100, Como, 3407946967, isabella.otto@hotmail.it

Abstract

I nastri magnetici e i dischi ottici sono stati i supporti più utilizzati tra gli anni '60 e i primi anni 2000 per la registrazione e l'archiviazione di documenti audio e video, tra cui interviste, registrazioni di immagini in movimento, opere di videoarte e multimediali. È infatti possibile ritrovarli all'interno degli archivi di musei d'arte, musei tecnico-scientifici, studi d'artista e istituzioni dedicate alla storia contemporanea.

Pur essendo inclusi all'interno del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio e nelle linee guida Unesco, queste tipologie di supporti non convenzionali devono ancora ottenere, nell'ambiente archivistico e museale e nella coscienza degli operatori del settore, lo *status* di bene culturale da conservare e salvaguardare, *status* che viene invece attribuito a supporti più tradizionali, come la carta, le fotografie e le pellicole cinematografiche. Questo fattore, unito alla grande varietà di supporti che si sono succeduti nel corso di pochi decenni, e alla scarsità di fonti bibliografiche, comporta una grande incertezza nelle strategie di gestione e conservazione dei documenti audiovisivi.

Costituiti principalmente da materiali polimerici come il polivinilcloruro (PVC), il polietilentereftalato (PET) e il policarbonato (PC), i nastri magnetici e i dischi ottici possono andare incontro ai diversi processi di degrado che interessano i materiali plastici, con la conseguente perdita delle informazioni registrate. Questi processi di degrado vengono innescati dagli sbalzi di temperatura e umidità relativa all'interno dell'ambiente di conservazione. In particolare, si può assistere a cambiamenti della natura chimica dei materiali e all'insorgere di specifiche tipologie di degrado – come la cosiddetta Sindrome del nastro appiccicoso – oltre alla modificazione della forma e delle dimensioni del supporto e alla proliferazione di muffe e funghi.

In collaborazione con il Museo Nazionale Scienza e Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano e l'Istituto di Storia Contemporanea P. A. Perretta di Como è stato possibile svolgere una ricerca sul campo riguardo le problematiche di gestione e conservazione dei supporti audiovisivi. Un confronto tra alcune istituzioni italiane e internazionali ha inoltre permesso di indagare le maggiori tipologie di degrado che colpiscono i nastri magnetici e i dischi ottici, le strategie di conservazione preventiva che possono essere messe in atto per la salvaguardia dei supporti e delle informazioni, e le tecniche che vengono applicate per far fronte al fenomeno dell'obsolescenza dei sistemi di riproduzione.

Questo lavoro, tuttora in corso, prevede in modo particolare la realizzazione di una strategia di controllo climatico in modo da individuare l'ambiente di conservazione più idoneo per la salvaguardia di questi supporti non convenzionali, e l'elaborazione di un *vademecum* contenente le norme comportamentali che il personale dovrà seguire per garantire la conservazione a lungo termine del patrimonio audiovisivo custodito presso musei, archivi storici e studi di videoarte.

Introduzione

Tra novembre 2017 e giugno 2018, all'interno della mia tesi di laurea magistrale in Scienze per la Conservazione e la Diagnostica dei Beni Culturali, svolta presso l'Università degli Studi di Milano, è stato condotto un tirocinio presso la sede del Museo Nazionale Scienza e Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano (d'ora in poi MNST). Oggetto del tirocinio, proposto da Simona Casonato, figura di riferimento delle produzioni audiovisive del MNST, è stata una breve indagine sulle problematiche di gestione e conservazione degli archivi audiovisivi, in particolare all'interno di musei tecnico-scientifici. La ricerca, ad oggi ancora in corso, è stata poi ampliata e portata avanti presso l'Istituto di Storia Contemporanea Pier Amato Perretta di Como (d'ora in poi ISC), su richiesta della direttrice dello stesso ISC, Patrizia Di Giuseppe. L'obiettivo finale di questo lavoro è quello di fornire, attraverso lo studio delle linee guida internazionali e il confronto con archivi, musei e cineteche europei e internazionali, suggerimenti utili ad ipotizzare delle buone pratiche per la gestione e l'archiviazione dei documenti audiovisivi, in modo da permetterne la fruizione da parte del pubblico e garantirne la corretta conservazione nel tempo.

Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio afferma che “sono beni culturali le fotografie, con relativi negativi e matrici, le pellicole cinematografiche ed i supporti audiovisivi in genere, aventi carattere di rarità e di pregio” [1]. Anche l'Unesco ha stabilito, nelle sue linee guida, l'importanza di questi supporti non convenzionali come parte del nostro patrimonio culturale, di cui deve essere garantita la tutela nel tempo [2]. Nonostante ciò, è

interessante notare come ancora oggi i supporti audiovisivi, in particolare i nastri magnetici e i dischi ottici, non abbiano raggiunto nella mentalità collettiva lo *status* di beni archivistici e culturali, al pari dei documenti cartacei o delle pellicole cinematografiche. Inoltre, la nascita e lo sviluppo, in pochi decenni, di una grande varietà di supporti audiovisivi e di strumenti di registrazione ha portato a una situazione di grande incertezza e di difficoltà nella gestione di un così vasto numero di materiali. A questa difficoltà si aggiungono la scarsa conoscenza delle tecnologie che si sono succedute nel corso del tempo da parte di archivisti e restauratori.

Il Museo Nazionale Scienza e Tecnologia Leonardo Da Vinci e l’Istituto di Storia Contemporanea Pier Amato Perretta

Il Museo della Scienza e della Tecnica Leonardo da Vinci nasce nel 1953 su spinta di un gruppo di industriali milanesi guidati dall’ingegnere Guido Ucelli, il quale voleva dotare l’Italia di un museo che raccontasse “il divenire del mondo”, creando un luogo di dialogo tra la cultura umanistica e la cultura tecnico-scientifica. Principale missione del MNST è quella di trasmettere alle generazioni presenti e future le conoscenze sul progresso scientifico e tecnologico, compiendo ricerche, conservando e rendendo accessibili al pubblico le testimonianze dell’evoluzione della scienza e della tecnologia. Nel 2000 il MNST passa da Ente pubblico a Fondazione di diritto privato, adottando il termine “Tecnologia” in sostituzione di “Tecnica”, e ponendosi come punto d’incontro tra i cittadini e il mondo della ricerca. Oggi il MNST conserva oltre 18 mila beni storici, tra cui strumenti tecnico-scientifici e macchine di grandi dimensioni, a cui si affiancano 2.500 beni artistici, un archivio cartaceo, 50 mila volumi e riviste conservati nella biblioteca e circa 200 mila beni fotografici e audiovisivi [3]. Ad oggi non esiste, all’interno dell’istituzione, un archivio audiovisivo propriamente detto, quanto piuttosto una collezione di supporti che si sono accumulati nel corso del tempo come naturale derivazione del lavoro dei vari dipartimenti del MNST. Come altre istituzioni nazionali e internazionali, anche il MNST sta iniziando a trovarsi davanti al problema dell’identificazione, archiviazione e conservazione delle informazioni presenti su questa tipologia di supporti non convenzionali.

Costituito alla fine del 1977 su iniziativa di Giusto Perretta, l’allora Istituto Comasco per la Storia del Movimento di Liberazione aderisce da subito alla rete dell’Insmli (Istituto nazionale per la storia del movimento di liberazione), fondato da Ferruccio Parri nel 1949. Missione dell’odierno Istituto di Storia Contemporanea Pier Amato Perretta, dedicato alla memoria del magistrato antifascista ucciso durante la Resistenza, è quella di assicurare la più completa e ordinata documentazione sulla storia comasca a partire dall’Unità d’Italia per ricercare, raccogliere, conservare e mettere a disposizione degli studiosi e del pubblico, ogni genere di documentazione riguardo la storia contemporanea, oltre a diffondere la conoscenza dei problemi attuali di particolare rilevanza sociale [4]. Lavoro principale dell’ISC è quello di ricerca e conservazione dei fondi archivistici, a partire dal primo nucleo sulla storia del movimento di liberazione raccolto da Giusto Perretta. Oltre all’archivio cartaceo, che conserva circa 80 mila documenti, sono presenti una biblioteca, con circa 30 mila volumi, e un archivio audiovisivo, che comprende alcune pellicole, più di 300 audiocassette e 1100 VHS contenenti testimonianze e video interviste raccolte nel corso degli anni. Nel 2001 è stata avviata la digitalizzazione a fini conservativi del patrimonio audiovisivo dell’ISC, proseguita nel 2003, 2007 e 2008. A inizio 2019 è partito un nuovo progetto di ri-organizzazione e conservazione del patrimonio audio e video.

Archivi e documenti audiovisivi: materiali e tipologie di degrado

Un archivio audiovisivo può essere definito come una struttura più o meno organizzata che conserva documenti audiovisivi, ossia registrazioni di immagini in movimento, suoni, interviste e fonti orali, opere di videoarte, programmi televisivi e radiofonici, su diverse tipologie di supporti, analogici e digitali, presenti in diversi formati [5]. Il documento audiovisivo si compone di due “parti”: il supporto, ovvero l’oggetto fisico, e le informazioni contenute all’interno del supporto stesso, sia in formato analogico sia digitale. Per questo motivo, quando si parla di conservazione dei documenti audiovisivi si devono considerare due aspetti: la conservazione delle informazioni e la conservazione del supporto. Data la potenziale vastità dell’argomento, nell’ambito di questo lavoro di ricerca si è scelto di concentrarsi maggiormente sul secondo aspetto.

Il termine supporto, in inglese *carrier*, definisce l’oggetto fisico: dischi, nastri, *floppy disk*, chiavette USB e così via. Il materiale utilizzato per la fabbricazione del supporto è definito *medium*. Il formato, invece, indica la larghezza delle pellicole cinematografiche – come ad esempio 16mm o 35mm – e, nel digitale, il modo in cui l’informazione viene codificata – formato mp3, formato avi, eccetera. Dalla fine dell’Ottocento, molti supporti e formati si sono fatti strada nel panorama della registrazione di dati, creando una grande varietà di oggetti, alcuni dei quali hanno avuto più fortuna e vita più lunga di altri. Questo ha portato ad avere una grande ricchezza di materiali con cui gli archivisti si ritrovano a dover lavorare, con conseguenti difficoltà di gestione. A partire dagli anni ‘60 del Novecento, i supporti più popolari e i più utilizzati per la registrazione e archiviazione di dati e di documenti audio/video sono stati i nastri magnetici e i dischi ottici: proprio queste sono le tipologie di

supporti che più spesso si ritrovano all'interno degli archivi audiovisivi di musei e istituzioni, e che presentano una particolare complessità dal punto di vista dell'archiviazione e della conservazione.

La maggior parte dei supporti magneto-ottici è realizzata con materiali plastici, ovvero un gruppo di materiali polimerici, di natura organica, costituiti da molecole sintetiche o da polimeri naturali modificati. I polimeri si distinguono in naturali, semisintetici e sintetici. Questi ultimi, in particolare il polivinilcloruro (PVC), il polietilentereftalato (PET o Mylar) e il policarbonato (PC), sono stati ampiamente utilizzati per la creazione di nastri magnetici e dischi ottici. L'acetato di cellulosa e il nitrato di cellulosa, invece, sono i polimeri semisintetici più utilizzati come base per le pellicole cinematografiche e i primi nastri magnetici [6]. Il ciclo di vita dei materiali plastici è determinato nel momento della fabbricazione, ma anche i fattori ambientali, quali temperatura, umidità relativa, manipolazioni e condizioni di archiviazione ne influenzano la durata [7].

I materiali che compongono la base dei nastri magnetici sono cambiati durante i decenni. Inizialmente veniva utilizzata una striscia di carta ricoperta da uno strato di ossido di ferro. I principali problemi di questa tipologia di supporto consistevano nelle frequenti rotture e nella scarsa qualità della registrazione audio. Dalla carta si è passati all'acetato di cellulosa, chimicamente instabile e soggetto a fenomeni di degrado quali la *Vinegar syndrome* (Sindrome dell'aceto). Questa è causata dalla decomposizione dell'acetato in acido acetico in seguito a un innalzamento dei valori di temperatura e umidità relativa e a una scarsa ventilazione dell'ambiente di conservazione. La Sindrome dell'aceto causa la perdita di peso, l'arricciamento del nastro e il rilascio di un tipico odore d'aceto. La maggior parte dei nastri più recenti è invece costituita da poliestere (PVC o PET). Questo materiale, col tempo e se mantenuto in ambienti non idonei, è soggetto a deformazioni plastiche e rottura. Il degrado tipico dei nastri in poliestere è la *Soft Binder Syndrome/Sticky-Shed Syndrome* (SBS/SSS), detta anche Sindrome del nastro appiccicoso. Essa è causata dalla scissione delle molecole che compongono il polimero in seguito all'idrolisi, e porta al rilascio di residui appiccicosi che si depositano sulle guide del sistema di riproduzione, causando un rumore caratteristico, noto in inglese come *squealing* [8].

Al di sopra della base è presente uno strato detto di *top coat*, costituito da particelle magnetizzate che possono essere di diversa tipologia a seconda della casa produttrice e dell'anno di fabbricazione del supporto: ferro carbonile FeCO_3 , magnetite FeO_4 , gamma-ferrite $\gamma\text{Fe}_3\text{O}_2$ oppure ossido di cromo CrO_2 . Queste particelle sono tenute insieme da un legante polimerico, composto da elastomeri, poliesteri o poliuretani [9]. Il legante è solitamente l'elemento più soggetto al degrado causato da variazioni di temperatura e umidità relativa, che accelerano il processo di idrolisi e portano a cambiamenti nella struttura molecolare del legante stesso. Vi è poi anche un lubrificante composto da acidi o esteri, il cui compito è quello di ridurre al minimo la frizione tra il nastro e le testine. Alcuni lubrificanti, come l'acido stearico, tendono a trasudare e cristallizzare sulla superficie del nastro se la temperatura è inferiore a 8°C , causando un blocco delle testine di riproduzione [10].

Sul dorso del nastro è possibile trovare uno strato opzionale di *back coat* composto da nerofumo, ossia particelle di carbonio. Il compito di questo strato è quello di migliorare le proprietà di avvolgimento e ridurre le cariche elettrostatiche, oltre a evitare fenomeni di *print through*, ovvero il trasferimento non intenzionale della magnetizzazione da uno strato del nastro agli strati magnetici adiacenti [11].

Oltre a un degrado di tipo chimico, i nastri magnetici possono incorrere anche a un degrado di tipo fisico. Una cattiva conservazione e un utilizzo scorretto del supporto possono infatti causare deformazioni. Si è notato, ad esempio, come le audiocassette che non sono state completamente ri-avvolte siano soggette a un arricciamento del nastro. Depositi incoerenti presenti sulla superficie del nastro, inoltre, possono portare a danni quali graffi e conseguente perdita del segnale. Variazioni di temperatura e umidità relativa nell'ambiente di conservazione possono portare anche alla proliferazione di muffe e funghi [12].



Figura 1. VHS il cui nastro presenta graffi e deformazioni causate dal sistema di riproduzione.

Figura 2. Audiocassetta affetta dalla SBS/SSS e soggetta a delaminazione dello strato magnetizzabile.

I supporti ottici si presentano generalmente in forma di disco di dimensioni più o meno standard. I più utilizzati per l’archiviazione sono i *Compact Disc* (CD) e i *Digital Versatile Disc* (DVD). La tecnologia dei dischi ottici si basa sulla creazione di tracce microscopiche, che cambiano il riflesso di un raggio laser. Al di sopra della base in policarbonato (PC) si realizza una traccia a spirale che presenta dei *pit* di diverse lunghezze, ovvero delle depressioni che contengono fisicamente le informazioni registrate sul supporto. Le zone senza depressioni vengono definite *land*. Tramite questi *pit* e *land* vengono codificati i bit di informazione di cui è composto il segnale digitale, oltre alle informazioni di correzione degli errori. Segue poi un sottilissimo strato metallico riflettente, spesso 50-100 nm, in alluminio, argento o oro. Al di sopra vi è infine uno strato plastico protettivo, il cui spessore varia tra i 10 e i 30 μm , su cui viene applicata l’etichetta identificativa [13]. Essendo composti sia da metalli sia da materie plastiche, i dischi ottici sono soggetti a tutte le tipologie di degrado che colpiscono questi materiali, tra cui la corrosione e delaminazione dello strato metallico, e la deformazione del supporto. Come per i nastri magnetici, anche il degrado dei dischi ottici è causato da variazioni di temperatura e umidità relativa o da una scorretta archiviazione dei supporti, e può portare all’impossibilità di lettura dei dati registrati sui supporti stessi.

Data la grande influenza che temperatura e umidità relativa hanno nell’insorgenza di fenomeni di degrado, risulta necessario stabilire un *range* di valori che garantiscano una corretta conservazione dei supporti audio e video, pur tenendo sempre a mente che non esiste un unico valore valido per tutte le tipologie di supporti audiovisivi: l’influenza dei fattori termo-igrometrici sul degrado chimico e fisico è infatti variabile per ogni tipologia di supporto. La velocità a cui avvengono reazioni di degrado chimico sul supporto può raddoppiare quando la temperatura ambientale aumenta di 10°C rispetto alla norma. Al contrario, il processo di invecchiamento rallenta a temperature più basse. Per questo sarebbe ideale mantenere i supporti audiovisivi a bassi livelli di temperatura e umidità relativa, in modo da prolungarne l’aspettativa di vita. La conservazione dei supporti audiovisivi a basse temperature può quindi rallentare l’insorgere di fenomeni di degrado come la *Vinegar Syndrome* e la SBS/SSS. Attraverso lo studio della letteratura disponibile e il confronto con diverse istituzioni che si occupano di conservare documenti audiovisivi [14] è possibile suggerire degli intervalli di valori che permettano una conservazione a lungo termine dei supporti audiovisivi, ovvero valori di temperatura compresi tra gli 8°C e i 20°C, con un’umidità relativa tra il 30% e il 50%.

Varie sono le metodologie di restauro che vengono messe in atto da diverse istituzioni per risolvere le problematiche legate al degrado di nastri e dischi. In particolare, i nastri soggetti a SBS/SSS vengono sottoposti a trattamento termico, definito letteralmente “cottura dei nastri” (*tape baking*) [15]. Questo metodo consiste nel portare il nastro da una temperatura ambiente a 54°C in 8 ore, mantenendo poi la temperatura costante per un periodo che può andare dalle 8 alle 32 ore a seconda della gravità dello stato di conservazione, per poi riportare il tutto a temperatura ambiente in altre 8 ore. Alcuni nastri che mostrano segni di degrado simili a quelli affetti da SBS/SSS, ovvero lo *squealing* e l’adesione alle testine di riproduzione, ma nessuna delaminazione dello strato di *top coat*, hanno mostrato di non rispondere ai trattamenti termici. Un metodo di restauro ancora in fase di elaborazione consiste nell’applicazione di lubrificante sul nastro, mantenendo il supporto a basse temperature [16].

Tuttavia, la letteratura scientifica in merito alle metodologie di restauro di nastri magnetici e dischi ottici è estremamente scarsa e per questo nessun metodo descritto può essere considerato valido o univoco per tutti i supporti. A ciò si aggiunge anche il fatto che ogni supporto è composto da elementi diversi che non sempre vengono elencati o resi noti dalle case produttrici. Nonostante queste difficoltà, sebbene la vita della maggior parte dei supporti audio non possa essere prolungata indefinitamente, si devono compiere degli sforzi per preservare i supporti in condizioni tali da essere utilizzabili il più a lungo possibile.

È necessario considerare due ulteriori aspetti fondamentali per la conservazione dei documenti audiovisivi: la presenza di sistemi di riproduzione funzionanti che permettano di visualizzare – e digitalizzare – i dati conservati sui diversi supporti, e il fenomeno dell’obsolescenza tecnologica. L’obsolescenza tecnologica consiste nell’invecchiamento e nel superamento di supporti e strumenti a causa dell’introduzione sul mercato di nuovi sistemi tecnologici. L’obsolescenza di un supporto può avvenire prima che questo subisca un degrado fisico, dato che l’introduzione di tecnologie innovative porta all’abbandono dei vecchi sistemi in favore di modelli più recenti. Il rischio di obsolescenza coinvolge tutti gli strumenti utilizzati per la riproduzione di documenti audiovisivi, e può portare alla totale impossibilità di lettura dei dati conservati sui supporti. Per far fronte al problema dell’obsolescenza tecnologica sono state elaborate varie strategie per la conservazione delle informazioni. Di queste, quattro sono le strategie che vengono messe in atto più di frequente: il *refreshing*, ovvero la creazione di copie di backup dei dati da un supporto a uno dello stesso tipo; la *migrazione*, che prevede il trasferimento dei dati da un supporto obsoleto a uno più recente; l’*emulazione*, che consiste nel riprodurre le prestazioni di una macchina e di un software obsoleti su un nuovo sistema; e la *conservazione tecnologica*, ovvero la conservazione e il mantenimento di tutte le apparecchiature necessarie per la riproduzione dei dati registrati su supporti ormai obsoleti. Quest’ultima strategia, detta anche “museo delle tecnologie” richiede una grande disponibilità di spazi, fondi e personale in grado di utilizzare tutti gli strumenti [17]. Varie sono le istituzioni che, nonostante queste difficoltà, riescono a portare avanti con successo la conservazione tecnologica.

La ricerca sul campo

La collezione audiovisiva del MNST si compone di una grande varietà di supporti, sia analogici sia digitali. I nastri magnetici e i dischi ottici, in particolare, sono un’importante parte documentale che testimonia il lavoro compiuto dal MNST durante gli anni: conservano interviste, attestano il lavoro di ricerca e organizzazione condotto da curatori, educatori e allestitori per la preparazione di mostre, documentano gli eventi tenutisi presso l’istituzione. Nastri magnetici e dischi ottici si sono accumulati nel tempo e per ragioni legate al loro utilizzo sono stati raccolti nell’ufficio dedicato alla produzione audiovisiva, il quale non è però un luogo idoneo alla conservazione a lungo termine di questi supporti, poiché i valori di temperatura e umidità relativa non vengono controllati e mantenuti stabili nel tempo. Si è cercato di conseguenza di stabilire il luogo più adatto per la conservazione di questi supporti non convenzionali. Al MNST due sono gli ambienti sottoposti a controllo dei valori termo-igrometrici: il deposito, nel quale vengono conservati gli oggetti non esposti e in cui sono stati posizionati da circa un anno e mezzo due sensori, e l’archivio. Nel deposito i valori termo-igrometrici variano durante l’anno, pur senza grossi sbalzi, passando da 12°C in inverno a 24°C in estate, con un’umidità relativa che va dal 23% all’82%. Nonostante lo sbalzo termoigrometrico sia diluito durante l’anno e non repentino, i valori di umidità relativa risultano troppo alti per garantire una corretta conservazione dei supporti audiovisivi. L’archivio, invece, viene controllato continuamente e mantenuto a una temperatura costante di 18°C, con il 55% di umidità relativa. Perciò, nonostante l’umidità relativa superi di poco il limite stabilito, l’archivio risulta essere il luogo più idoneo all’interno del MNST per la conservazione dei documenti audiovisivi.

Per poter archiviare i supporti audiovisivi in modo corretto e per poterne garantire la conservazione nel tempo, oltre a un lavoro di ricerca sulla letteratura disponibile è stato elaborato un questionario sulla gestione dei documenti audiovisivi. Questo è stato sottoposto a musei, istituzioni, archivi e cineteche, sia italiani sia internazionali, tra cui l’Archivio Storico dell’Istituto Luce Cinecittà, la Cineteca di Bologna, il museo MART di Trento e Rovereto, gli archivi della Smithsonian Institution di Washington, la British Library di Londra e il museo della scienza Miraikan di Tokyo. Le domande si sono focalizzate principalmente su tematiche quali le tipologie di supporti audiovisivi e i relativi strumenti di lettura conservati presso l’istituzione, le pratiche di gestione e archiviazione messe in atto per garantire una conservazione a lungo termine dei supporti e far fronte al problema dell’obsolescenza, le tipologie di degrado riscontrate e le strategie di valorizzazione del patrimonio audiovisivo. Tramite il questionario è stato possibile ottenere una panoramica non certo esaustiva ma interessante sulle diverse pratiche di gestione di archivi audiovisivi e ha permesso di elaborare una serie di norme comportamentali che il personale del MNST dovrà seguire per archiviare e conservare in modo corretto i documenti audiovisivi, in modo da impedire l’insorgenza di fenomeni di degrado [18].

Prendendo in considerazione i risultati ottenuti dalla ricerca svolta presso il MNST, il lavoro all’ISC di Como è partito da un’analisi e una valutazione della consistenza e dello stato di conservazione del fondo audiovisivo. Questo si presentava in parte già organizzato, in particolare le VHS erano già state inserite in un primo elenco di consistenza e suddivise per argomento. Desiderio dell’ISC è quello di continuare l’opera di catalogazione del fondo audiovisivo e individuare un luogo di archiviazione e consultazione destinato unicamente a questi supporti, in modo da permetterne anche la fruizione da parte del pubblico. Il fondo audiovisivo dell’ISC è costituito da diversi supporti audio e video, in particolare audiocassette, VHS, *floppy disk*, CD e DVD, oltre ad alcune pellicole cinematografiche di diverso formato e particolare valore storico, come ad esempio un filmato muto di 30’ che testimonia la liberazione di Como alla fine della guerra. Il fondo presenta una notevole importanza storica in quanto conserva interviste e testimonianze di determinati periodi storici nel territorio comasco, raccolte e archiviate personalmente da Giusto Perretta. Desiderio dell’ISC è quello di destinare ai documenti audiovisivi uno spazio situato al terzo e ultimo piano dell’edificio che ospita l’Istituto. Sono stati quindi posizionati nei vari ambienti quattro rilevatori di temperatura e umidità relativa, in modo da poter stabilire se l’ambiente scelto dal personale risponde ai requisiti necessari per garantire la corretta archiviazione e conservazione dei supporti [19]. La rilevazione dei valori ambientali è iniziata a marzo 2019 e ha subito messo in evidenza i continui e repentini sbalzi di temperatura e umidità relativa che interessavano non solo l’ambiente finale di destinazione ma l’intero edificio.

	T min (°C)	T max (°C)	HU min (%)	HU max (%)
A	19,1	23,5	34	50,3
B	18,9	23,5	33,7	51,3
C	15,7	25,2	38,7	48,3
D	15,8	24,7	38,3	50

Figura 3. I valori medi di temperatura e umidità relativa registrati tra marzo e giugno 2019 all’interno dell’ISC.

Come è possibile vedere dalla tabella, l'ambiente al terzo piano, designato come luogo finale di conservazione e contrassegnato con la lettera D, presenta valori che possono essere ritenuti accettabili per una conservazione a lungo termine dei supporti. Tuttavia, le temperature variano troppo repentinamente tra il giorno e la notte, tra l'estate e l'inverno. Sarà quindi necessario, prima di provvedere al ricollocamento dei documenti, dotare l'ambiente di un sistema di monitoraggio e controllo microclimatico.

È stato anche portato avanti un lavoro di riorganizzazione e prima catalogazione dei supporti audio, che ha comportato la creazione di un elenco di consistenza delle audiocassette conservate presso l'ISC. Questi supporti, che si presentavano sparsi in diversi ambienti, spesso senza custodie protettive o senza informazioni circa il loro contenuto, sono stati raccolti in un unico ambiente e ne è stato esaminato lo stato di conservazione. Le audiocassette si presentano nel complesso in buono stato di conservazione, salvo alcuni nastri che presentano graffi, deformazioni o fenomeni di degrado più avanzati, come il distacco dello strato magnetizzabile dalla base del nastro, indice di Sindrome del nastro appiccicoso. Se per i nastri che presentano deformazioni può essere sufficiente eseguire un riavvolgimento, per i nastri affetti da SBS/SSS il lavoro di ripristino e restauro del nastro può rivelarsi molto più complesso, considerando in particolare i fondi e le attrezzature limitate di cui dispone l'ISC.

Conclusioni

Risulta molto complesso stabilire dei processi di conservazione e restauro univoci per tutti i vari supporti audiovisivi che si possono ritrovare all'interno di archivi e musei, così come è difficile garantire il buon funzionamento dei rispettivi strumenti di riproduzione. La conservazione a lungo termine di supporti audiovisivi può essere garantita se questi vengono mantenuti in ambienti che presentano valori termoisometrici controllati. Il lavoro sul campo, supportato dalla ricerca bibliografica e dal confronto con altre realtà italiane e internazionali, ha permesso di definire le migliori condizioni microclimatiche al fine di garantire la conservazione a lungo termine dei documenti audiovisivi conservati presso archivi, biblioteche, musei e altre istituzioni.

A conclusione del lavoro di ricerca, grazie alle risposte ottenute dal questionario sottoposto ad alcune istituzioni italiane e internazionali e il confronto con la letteratura disponibile, è stato possibile elaborare una serie di suggerimenti, di cui è qui presentato un estratto, per delle buone pratiche di gestione di un archivio audiovisivo. Queste norme dovranno essere trasmesse a tutto il personale.

- Tutti i supporti devono essere manipolati con cura, evitando di introdurre cibo o bevande nel luogo adibito alla loro conservazione o consultazione. I nastri magnetici, così come le superfici riflettenti dei dischi ottici non devono mai essere toccati o manipolati a mani nude.
- Per evitare l'insorgenza di fenomeni di degrado, tutti i supporti devono essere conservati in un ambiente con valori di temperatura e umidità relativa controllati, compresi tra gli 8°C e i 20°C, con un'umidità relativa tra il 30% e il 50%.
- I nastri devono essere sempre riavvolti completamente e archiviati in posizione verticale.
- Tutti i supporti audiovisivi non dovrebbero mai essere lasciati a terra, ma conservati all'interno di appositi contenitori che li proteggano dalla polvere o dagli urti.
- L'archivio audiovisivo deve disporre di tutti gli strumenti di riproduzione dei supporti. Gli strumenti devono essere mantenuti funzionanti e in ottime condizioni.

Attualmente, sia presso il MNST sia presso l'ISC, una buona parte del lavoro di ri-organizzazione e catalogazione dei supporti audiovisivi viene portato avanti dai volontari delle due istituzioni, i quali stanno seguendo le indicazioni elaborate e provvederanno ad evidenziarne le eventuali criticità e a suggerire miglioramenti.

NOTE

[1] Art. 10, comma 4, lettera e., Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, DL 42 del 22/01/2004, G.U. 24/02/2004.

[2] Edmondson Ray, *“Audiovisual Archiving: philosophy and principles”*, UNESCO, Paris, 2016, 25-28.

[3] <http://www.museoscienza.org/>

[4] <https://www.isc-como.org/>

[5] Vedi Edmondson Ray, 2016, 26-28.

[6] Verteramo Roberta, *“The age of plastic: beni artistici e industriali”*, Il Prato, Padova, 2013, 33, 44-51.

[7] Santoro Michele, *“Dall'analogico al digitale: la conservazione dei supporti non cartacei”*, in “Biblioteche Oggi”, Milano, 2001, 92.

[8] IASA Technical Committee, *“Handling and Storage of Audio and Video Carriers”*, IASA – International Association of Sound and Audiovisual Archives, London, 2014, 14-22.

- [9] Schüller Dietrich, *“Audio and video carriers. Recording principles, storage and handling, maintenance of equipment, format and equipment obsolescence”*, TAPE – Training for Audiovisual Preservation in Europe, Vienna, 2008, 5-7.
- [10] Scuotri Gianfranco, *“Compact Cassette: degrado e recupero”*, in *“Quaderni del Laboratorio di Linguistica”* vol. 11, Firenze, 2012.
- [11] Hess Richard L., *“Tape Degradation Factors and Challenges in Predicting Tape Life”*, in *“ARSC Journal”* XXXIV / ii, Eugene OR, 2008, 243-244.
- [12] Bressan Federica et al., *“An ATR-FTIR and ESEM study on magnetic tapes for the assessment of the degradation of historical audio recordings”*, in *“Journal of Cultural Heritage”* 18, Padova, 2015, 313-320.
- [13] Byers Fred R., *“Care and handling of CDs and DVDs: a guide for librarians and archivists”*, CLIR – Council on Library and Information Resources and National Institute of Standards and Technology, Arlington, 2003, 12-20.
- [14] Varie associazioni internazionali, tra cui l'International Association of Sound and Audiovisual Archives (IASA), il Council on Library and Information Resources (CLIR), l'Image Permanence Institute (IPI) e l'Archivio Storico dell'Istituto Luce hanno suggerito una serie di condizioni di archiviazione ritenute più idonee per la conservazione delle varie tipologie di supporti audiovisivi. Bisogna specificare tuttavia che ogni associazione consiglia parametri diversi per la conservazione degli audiovisivi. Nonostante il panorama diversificato, si stanno iniziando ad applicare delle buone pratiche comuni.
- Adelstein Peter Z., *“IPI Media Storage. Quick reference”*, IPI – Image Permanence Institute, Rochester NY, 2009, 7.
- Vedi Byers Fred R., 2003, 25-26.
- Vedi IASA Technical Committee, 2014, 33-34.
- Micarelli Fabrizio, *“La conservazione dei materiali audiovisivi: l'esperienza del Luce”*, Archivio Storico Luce Cinecittà, Roma, 2018, 27-30.
- [15] Arton Carla, *“Care and maintenance”*, in *“ARSC guide to audio preservation”*, ARSC – Association for Recorded Sound Collections, Eugene OR, 2015, 60-61.
- [16] Vedi Hess Richard L., 2008, 258-260.
- [17] Lee Kyong-Ho et al., *“The state of the art and practice in digital preservation”*, in *“Journal of research of the National Institute of Standards and Technology”* 107, Gaithersburg MD, 2002, 94-98.
- [18] La presentazione completa dei dati raccolti tramite questionario sarà presto disponibile sul sito del MNST.
- Casonato Simona, Otto Isabella, *“Archivi di documenti audiovisivi nei musei: alcuni dati. Resoconto di un'azione di documentazione sul campo”*, Museo Nazionale Scienza e Tecnologia Leonardo da Vinci, Milano, 2019 (in pubblicazione).
- [19] Gli ambienti in cui sono stati posizionati i rilevatori si trovano rispettivamente all'ingresso dell'ISC (rilevatore A), dove sono attualmente conservati la maggior parte dei documenti audiovisivi, in particolare le VHS e i DVD; nell'ambiente dove sono state momentaneamente poste le audiocassette già catalogate (rilevatore B); in una stanza all'ultimo piano dell'edificio, dove sono conservati alcuni documenti cartacei ancora da catalogare (rilevatore C); e in quello che dovrebbe diventare l'ambiente finale di destinazione dei documenti audiovisivi (rilevatore D).

BIBLIOGRAFIA

1. Adelstein Peter Z., *“IPI Media Storage. Quick reference”*, IPI – Image Permanence Institute, Rochester NY, 2009.
2. Arton Carla, *“Care and maintenance”*, in *“ARSC guide to audio preservation”*, ARSC – Association for Recorded Sound Collections, Eugene OR, 2015, 52-76.
3. Behl Harrison, *“Audio formats: characteristics and deterioration”*, in *“ARSC guide to audio preservation”*, ARSC – Association for Recorded Sound Collections, Eugene OR, 2015, 14-36.
4. Bressan Federica et al., *“An ATR-FTIR and ESEM study on magnetic tapes for the assessment of the degradation of historical audio recordings”*, in *“Journal of Cultural Heritage”* 18, Padova, 2015, 313-320.
5. Byers Fred R., *“Care and handling of CDs and DVDs: a guide for librarians and archivists”*, CLIR – Council on Library and Information Resources and National Institute of Standards and Technology, Arlington VA, 2003.
6. Casonato Simona, Otto Isabella, *“Archivi di documenti audiovisivi nei musei: alcuni dati. Resoconto di un'azione di documentazione sul campo”*, Museo Nazionale Scienza e Tecnologia Leonardo da Vinci, Milano, 2019 (in pubblicazione).
7. *“Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio”*, DL 42 del 22/01/2004, G.U. 24/02/2004.
8. Edmondson Ray, *“Audiovisual Archiving: philosophy and principles”*, UNESCO, Paris, 2016
9. Hess Richard L., *“Tape Degradation Factors and Challenges in Predicting Tape Life”*, in *“ARSC Journal”* XXXIV / ii, Eugene OR, 2008, 240-274.

10. IASA Technical Committee, *“Handling and Storage of Audio and Video Carriers”*, IASA – International Association of Sound and Audiovisual Archives, London, 2014.
11. Lee Kyong-Ho et al., *“The state of the art and practice in digital preservation”*, in *“Journal of research of the National Institute of Standards and Technology”* 107, Gaithersburg MD, 2002, 93-106.
12. Micarelli Fabrizio, *“La conservazione dei materiali audiovisivi: l’esperienza del Luce”*, Archivio Storico Luce Cinecittà, Roma, 2018.
13. Santoro Michele, *“Dall’analogico al digitale: la conservazione dei supporti non cartacei”*, in *“Biblioteche Oggi”*, Milano, 2001, 88-100.
14. Schüller Dietrich, *“Audio and video carriers. Recording principles, storage and handling, maintenance of equipment, format and equipment obsolescence”*, TAPE – Training for Audiovisual Preservation in Europe, Vienna, 2008.
15. Scuotri Gianfranco, *“Compact Cassette: degrado e recupero”*, in *“Quaderni del Laboratorio di Linguistica”* vol. 11, Firenze, 2012.
16. Verteramo Roberta, *“The age of plastic: beni artistici e industriali”*, Il Prato, Padova, 2013.

IL RESTAURO CONSERVATIVO DEI MANUFATTI IN PIUMA DELL’AMAZZONIA DEL MUSEO CIVICO ARCHEOLOGICO ETNOLOGICO DI MODENA

Nausicaa Sangiorgi*

* Restauratrice libera professionista, via del Broaldo 6, Ozzano Dell’Emilia (BO), +39 3395463512,
nausi.sangiorgi@hotmail.it

Abstract

Il Museo Civico Archeologico Etnologico di Modena conserva una ricca collezione di manufatti etnografici. Tra questi, esposti all’interno delle vetrine ottocentesche, sono collezionati reperti in piuma appartenenti ai gruppi indigeni *Mundurukù* del Brasile e della regione dell’Alto Rio Negro. Negli anni, i depositi di polvere sedimentati tra le barbe delle piume hanno compromesso l’aspetto estetico dei reperti ma soprattutto rappresentano uno degli agenti potenzialmente più dannosi per la conservazione delle piume. Di fatti la polvere rappresenta una fonte di degrado rilevante, in quanto funge da agente abrasivo e contiene al suo interno minerali e sostanze potenzialmente dannose per un prodotto animale così fragile come è la piuma. In aggiunta ai depositi di particolato atmosferico, molte piume erano spezzate, distaccate dalla loro sede originaria e fragili. Pertanto, il precario stato di conservazione in cui vertevano ha reso necessario avviare una manutenzione conservativa di depolveratura e pronto intervento. Operare su un nucleo cospicuo di opere è stata occasione sia di messa a punto di procedure standard di intervento relative alla rimozione del particolato atmosferico ma anche allo studio e applicazione di metodologie e materiali differenziati caso per caso, tenendo conto delle diverse criticità, quali la tridimensionalità di ciascun oggetto, la tecnica esecutiva e la fragilità intrinseca della materia piuma.

La collezione di piume degli indigeni Mundurukù.

La sezione etnologica del Museo Archeologico Etnologico di Modena raccoglie una ricca documentazione relativa da materiali di diverse aree geografiche, esposte rispettando l’originaria suddivisione e arredamento ottocentesco. Tra questi vi sono reperti in piuma degli Indios delle foreste dell’Amazzonia (Fig.1), in particolare degli Indios Munduruku (o Mundurucu) uno dei numerosissimi gruppi indigeni del territorio brasiliano che originano prodotti di una varietà e una ricchezza tali da dar vita a una vera e propria “arte plumaria”. La collezione è costituita da bracciali, cavigliere, diademi, un *perizoma*, corone, cinture, uno scudo, una *testa-trofeo*, bandoliere e pendenti. Con le piume di numerosi uccelli – dai pappagalli ai tucani, agli aironi, ai falchi – gli indios amazzonici realizzavano una grande varietà di ornamenti costruiti sia per decorare oggetti (pettini, armi, maschere, strumenti musicali ecc.), sia come ornamenti corporei (diademi, bracciali, coprispalle, ghiere per la nuca, forcine per i capelli, visiere, ornamenti nasali e labiali, collane ecc.). Circa la tecnica di realizzazione, nonostante la molteplicità di colori delle piume a loro disposizione, gli indios hanno ideato la tecnica del *tapirage*, che consiste nello spennare un uccello vivo, spesso un pappagallo, e nel soffregarne la pelle con sostanze irritanti, in modo che le nuove piume crescano ancora più variegata e screziata.



Figura 1. Vetrine espositive della collezione etnologica di reperti in piuma dei popoli dell'Amazzonia, Musei Civici di Modena

Le piume. Caratteristiche strutturali e la loro conservazione

I manufatti etnografici sono in maggior misura polimaterici in quanto vi è la commistione di una vasta gamma di materiali sia organici - derivati da piante e animali come fibre vegetali, piume e penne, conchiglie, ossa, semi, gusci, corteccia e pigmenti naturali – che inorganici, come metallo e minerali; possono inoltre includere materiali moderni come la plastica.

Tra questi materiali, le piume hanno sempre affascinato l'uomo per la vastità dei loro colori ma anche per le valenze magiche spesso attribuite agli esseri volanti. Infatti, è solite ritrovare piume che ricoprono un ampio range di manufatti, dagli oggetti di uso quotidiano alle armi, a quelli cerimoniali e rituali, agli indumenti, dando vita a volte ad una vera e propria “arte plumaria”. Tuttavia trattasi di materiali organici estremamente fragili e tra quelli che più si degradano a causa di fattori sia ambientali che antropici: rotture, fratture, inglobamento di particolato atmosferico, ma anche trasformazioni fisiche e chimiche interne come lo scolorimento, sono solo alcuni dei danni che più si riscontrano nelle piume dei reperti etnografici.

Nella fattispecie, le piume sono formazioni cornee della pelle che ricoprono l'epidermide degli uccelli, hanno strutture ramificate complesse e differiscono dal punto di vista morfologico, anatomico e funzionale. Sono composte da circa il 91% di proteine, 8% di acqua e 1% di lipidi. Il tipo di proteina presente nella piuma è la cheratina, una proteina fibrosa strutturale contenente zolfo, la cui struttura dona alla piuma forza ed elasticità. Sono idrorepellenti poiché presentano delle ghiandole che secernono olii allo scopo di proteggerle dalla disidratazione e di preservarne l'elasticità. Strutturalmente sono divise in due parti principali, la parte inferiore chiamata *calamo* che cresce direttamente dalla pelle dell'uccello (alla base di esso vi è un tubo cavo che trasporta i nutrienti alla struttura soprastante); la continuazione del calamo costituisce la parte superiore della piuma, e prende il nome di *rachide*: ad esso è attaccata la superficie piana del *vessillo*, formata da tante *barbe*, da cui si dipartono le *barbule* costituite nei margini da minutissimi uncini o cigli. La colorazione delle piume è originata dalla presenza di pigmenti come la melanina (colorazione nero, grigio o marrone), porfirina (marrone, rosso e alcuni verdi) e carotenoidi (rosso e giallo).

Nell'ambito della conservazione diversi sono i fattori che influiscono sul degrado delle piume. La **radiazione luminosa** provoca otticamente lo scolorimento, ma anche degrado interno alla struttura: la rottura dei legami molecolari sono visibili attraverso la sbiadimento o ingiallimento dei colori e l'aumento di fragilità delle piume. Un ambiente a **pH** acido ma soprattutto basico provoca la decomposizione chimica della cheratina, portando all'indebolimento della piuma. Le piume non sono invece particolarmente sensibili alle variazioni di umidità relativa e di temperatura. Tuttavia, con **umidità relativa** inferiore al 35% si essiccano rapidamente diventando quindi più fragili, mentre in condizioni di elevata e prolungata umidità possono formarsi muffe. Anche il **calore** può accelerare reazioni chimiche all'interno della struttura. Pertanto si raccomanda di mantenere sia umidità che temperatura il più possibile uniformi.

Il **particellato atmosferico** è anch'esso una delle cause principali di degrado poiché può incrementare il deterioramento attraverso processi:

- **chimici**: i sali intrappolati nella piuma, possono trattenere l'umidità aumentando microscopicamente l'umidità sulla superficie della piuma; l'ossido di zolfo presente nell'aria può reagire con lo sporco accumulato e trasformarsi in acido solforico che può alterare la pigmentazione delle penne;
- **fisici**: lo sporco trattenuto dalla struttura delle barbe e dagli olii di cui è composta, può contenere minerali che, a causa della loro qualità abrasiva, possono danneggiare le barbe, interagendo con l'oggetto e opacizzandone la superficie oltre a causare abrasioni superficiali;
- **biologici**: nutrienti per i microrganismi e insetti, alcuni dei quali si nutrono di cheratina.



Figura 2. Testa - trofeo, collezione Musei Civici di Modena



Figura 3. Particolare delle piume del manufatto *pendente*

La collezione Mundurukù: stato di conservazione

L'intervento conservativo di depolveratura e pronto intervento si è svolto sui seguenti manufatti:

- n.3 **pendenti**: supporto di cotone intrecciato, piume di *jacumim*, *arara* e *matum*, pasta vitrea, semi, conchiglie (Fig. 3);
- n.5 **bracciali/ginocchiere**: supporto di cotone intrecciato, piume di *jacumim*, *arara* e *matum*;
- n.2 **bandoliere**: supporto di cotone intrecciato, piume di *jacumim*, *arara* e *matum*;
- n.1 **scudo**: pelle di tapiro, piume e penne, fibra vegetale e corteccia battuta (tapa);
- n.1 **pettine**: schegge di palma, fibra vegetale, penne di *japù*, piume di tucano ed elitre di coleottero;
- n.1 **pendente**: quarzo, fibra vegetale, semi e piume di tucano;
- n.2 **diademi**: supporto di cotone intrecciato, fibra vegetale e penne di *japù*;
- n.2 **cinture**: fibre vegetali, pasta vitrea, piume di tucano, penne;
- n.2 **tanga**: conteria in pasta vitrea, fibre vegetali, piume di tucano, penne;
- n.1 **testa-trofeo**: testa mummificata, capelli, impasto vegetale, incisivi di aguti, piume di *arara canindè*, *arara canga* e *mutum* (Fig. 2).

Nel complesso la collezione si presentava in uno stato di conservazione discreto. Il degrado maggiore era dovuto all'accumulo di sporco particellare e granulare, con depositi talvolta anche consistenti che opacizzavano le superfici e la lucentezza alterandone il colore originale e causando fenomeni di micro-abrasione nella struttura delle piume. Alcuni reperti presentavano le piume indebolite, in quanto presenti parti fragili e/o distaccate come calami e rachidi fratturati o spezzati, le barbe e le barbule disordinate, spezzate, depolimerizzate e, in taluni casi, lacunose in seguito all'attacco di insetti: a conferma di ciò è stato il rinvenimento di diverse mute di insetti morti (Fig. 4) della stessa specie. Attraverso l'osservazione al microscopio ottico è stato possibile identificare la muta del coleottero della famiglia delle dermestidi, *odd beetle* (nome scientifico *Thiodrias Contractus*) insetto che si nutre sia di sostanze animali che vegetali. In generale, gran parte della plumaria era soggetta allo scolorimento probabilmente dovuto all'esposizione a sorgenti luminose ad alta energia per un lungo periodo. Danni di tipo antropico erano inoltre causati dall'azione meccanica come la manipolazione e all'usura ai quali sono stati soggetti le opere. In particolare erano presenti numerose rotture e deformazioni dei calami e dei rachidi, e con le barbe e le barbule in disordine meccanico (Fig. 5). Inoltre, altri fenomeni di degrado hanno interessato gli elementi in fibra vegetale. In particolare, i manufatti *diadema* e *pettine* presentavano gli intrecci scuciti e in parte depolimerizzati con tendenza al frantumarsi.



ORDINE: Coleotteri
 FAMIGLIA: Dermestide
 NOME SCIENTIFICO: *Thiodrias Contractus*
 COLORE: l'adulto è bianco giallognolo; la larva è a forma di C, marroncina e ispida
 CICLO VITALE: una generazione per anno; gli adulti e le larve sono attratti dall'ambiente secco.
 NUTRIZIONE: lana, cotone, seta, capelli, corna, pelli, piume, spezie, insetti morti, sementi

Figura 4. Muta di Odd Beetle rinvenuta su una piuma



Figura 5. Piume nel retro dello scudo: si osserva il pessimo stato conservativo per il disordine meccanico e lo stato lacunoso delle barbe

Intervento conservativo: la pulitura

Tutti i reperti della collezione necessitavano di una depolveratura. A tal fine è stata progettata un'azione di pulitura suddividendola in più fasi e, laddove necessario, sono stati eseguiti degli interventi localizzati di pronto intervento conservativo. La prima fase è consistita nell'aspirazione dello sporco più superficiale sui manufatti collocati all'interno delle vetrine (Fig. 6) e dei loro rispettivi piani di appoggio. L'operazione è stata svolta mediante aspiratore museale [1] regolato a bassa potenza con l'accortezza di proteggere l'apertura del boccale con un tessuto di tulle al fine di attenuare il flusso di aria dell'aspirazione a contatto con la piuma.

In seguito a questa prima spolveratura, l'intervento è stato mirato su ciascun manufatto



Figura 6. Depolveratura degli oggetti all'interno delle vetrine

con una rimozione dello sporco più adesivo e nelle zone più nascoste di ciascun reperto (Fig. 7). In questo caso è stato inserito nel boccale un ugello realizzato con la parte terminale di una pipetta in PET [2]. La microaspirazione è stata un'operazione molto delicata e con tempi di intervento piuttosto lunghi, tuttavia aveva dato già un ottimo risultato estetico mostrando sia un aumento di luminosità che uno spostamento del colore delle piume verso il colore proprio. Una pulitura meccanica più approfondita è stata eseguita alternando, in base alle necessità, l'azione della spugna in lattice di gomma vulcanizzata – *smoke sponge* – alle spugnette microporose - *make-up sponge* [3] – che, mediante leggeri tamponamenti, ha consentito l'assorbimento dello sporco più adesivo senza causare attrito alla struttura delle barbe (Fig. 8).



Figura 7, 8. Pulitura superficiale con aspirapolvere museale Muntz e con *make-up sponge*

Al termine della pulitura a secco, è stato eseguito un test per valutare la soluzione idonea per pulire. Sono state quindi testate:

- soluzione idroalcolica (alcol etilico e acqua demineralizzata 50:50);
- saliva artificiale®;
- triammonio citrato® (TAC) in diverse concentrazioni (1%, 2% e 4%) [4].

Dal test è risultato che sia la soluzione idroalcolica che la saliva artificiale hanno favorito una buona azione pulente, portando in soluzione le sostanze da rimuovere attraverso successivi risciacqui con acqua deionizzata. Pertanto la pulitura per via umida è stata eseguita tramite un'azione combinata di vapore freddo nebulizzato a ultrasuoni [5] con impacchi alternati di soluzione idroalcolica e di saliva artificiale. Gli impacchi sono stati posizionati per qualche minuto e risciacquati con acqua demineralizzata. In altri casi la pulitura è stata eseguita a tamponcino e, laddove la tipologia di oggetto favoriva la manipolazione, veniva posizionato dalla carta assorbente al di sotto della penna per permettere l'assorbimento dello sporco solubilizzato. Lo sporco presente sui calami e i sui rachidi è stato rimosso con tamponcino inumidito di soluzione idroalcolica e, in taluni casi, con soluzione di acqua deionizzata e tensioattivo non ionico [6]. Talvolta, la tecnica di realizzazione di alcuni manufatti ha permesso la rimozione delle piume dalla

loro sede favorendo un'azione di intervento più localizzata, e il riposizionamento nella loro sede originale al termine dell'intervento (Fig.). I residui di sporco adesi su altri elementi decorativi - *pettine in schegge di palma*, il *pendente in quarzo*, le *perline in pasta vitrea* - sono stati rimossi prima a secco mediante aspirazione (Fig. 11) poi a umido alternando l'azione di un tamponcino inumidito o con soluzione idroalcolica o con soluzione di acqua deionizzata e tensioattivo non ionico (Fig. 12).



Figura 9 Pulitura meccanica con *smoke sponge* su una penna del manufatto *corona*



Figura 10 Pulitura con soluzione idroalcolica su una penna del manufatto *corona*



Figura 11 Micro-aspirazione sul pettine in schegge di palma



Figura 12 Pulitura con soluzione di acqua de. e Tween 20 sulle elitre di scarabeo del manufatto *pettine*

Intervento conservativo: fissaggio e consolidamento

Il trattamento delle parti fragili, fratturate e spezzate, è avvenuto secondo modalità variabili, a seconda dello stato di conservazione e delle necessità meccaniche di ciascun reperto. Le piccole fratture e distorsioni delle barbe (come nel caso delle penne del manufatto *cintura*), sono state consolidate e fissate localmente a pennello mediante adesivo polisaccaridico naturale, Funori [7] [8] posizionando al di sopra di esse un piccolo peso che ha permesso l'abbassamento delle stesse. Un'azione più estesa è stata effettuata sulle piume e sulle penne che erano, nel complesso, depolimerizzate. In questo caso il Funori è stato applicato a pennello sull'intera superficie delle barbe: la sua applicazione non ha compromesso né l'aspetto estetico (in termini di opacità e lucentezza) né le caratteristiche di morbidezza e flessibilità tipiche della piuma.

Ciuffi di piume o piume singole distaccate da alcuni reperti - *bandoliere*, *bracciali/ginocchiere* e *cinture* - sono state incollate mediante adesivo nitrocellulosico UhuArt®. Il calamo spezzato sul manufatto *pettine* è stato incollato con lo stesso adesivo e, al fine di garantire una maggiore tenuta, nel momento dell'incollaggio è stato posizionato esternamente una piccola porzione di carta giapponese. Le fibre vegetali depolimerizzate e tendenti allo sgretolamento sono stati consolidati a pennello con Klucel E® [9] in soluzione idroalcolica (50:50).

Le parti scucite in fibra vegetale del manufatto *diadema* sono state vincolate mediante cucitura con filato in poliestere trasparente (Fig. 13).

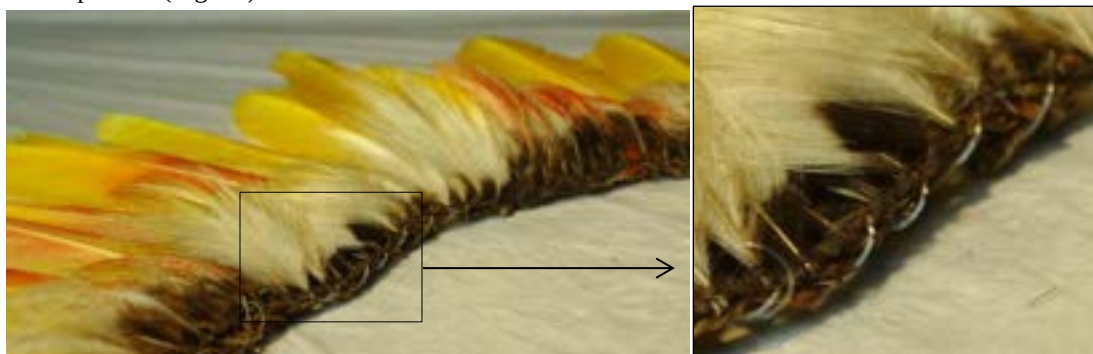


Figura 13. Fermatura dell'intreccio in fibra vegetale tramite cucitura con filato in poliestere

La tecnica di realizzazione del manufatto *scudo* (Fig. 15) ha permesso una metodologia di intervento differente. Di forma circolare, presenta una cucitura semplice in fibra vegetale lungo tutta la circonferenza nella quale sono inserite le penne. Esse si trovavano in pessimo stato conservativo, disordinate, spezzate e sporche e quasi del tutto distaccate. L'intervento è consistito nella rimozione delle penne e del loro posizionamento al di sopra di un pannello (Fig. 14) numerandole in ordine di rimozione, il tutto corredato una campagna fotografica al fine di documentare l'esatta posizione di ciascuna. In tal modo è stato così possibile intervenire singolarmente su ogni piuma e ricollocandole nell'esatta posizione originale (Fig. 15). L'intervento ha previsto:

- aspirazione dei depositi incoerenti su tutto lo scudo;
- pulitura a secco di ciascuna piuma e penna con leggeri tamponamenti di *make-up sponge*;
- pulitura per via umida con vapore freddo nebulizzato a ultrasuoni, seguito da tamponcino inumidito o da impacchi alternati con soluzione idroalcolica e saliva artificiale;
- pulitura dei rachidi e dei calami con tamponcino inumidito di soluzione idroalcolica e, in alcuni casi, con soluzione di acqua deionizzata e tensioattivo non ionico (*Tween 20*) a pH neutro;
- consolidamento localizzato con 0,5% Funori®7 in soluzione idroalcolica applicato a pennello sulle piume depolimerizzate;
- riposizionamento e inserimento di tutte le piume e penne nella loro sede originale e fissaggio delle stesse alla cucitura in fibra vegetale che percorre il perimetro dello scudo tramite cucitura semplice con filo in poliestere;
- pulitura della pelle prima con *make-up sponge*, poi con tamponcino inumidito di soluzione idroalcolica (50:50).



Figura 14, 15. Posizionamento sul pannello delle piume rimosse dallo scudo (14), e vista frontale dello scudo all'interno della vetrina in seguito all'intervento di restauro conservativo (15).

Considerazioni finali

L'intervento di manutenzione conservativa su un nucleo così cospicuo di reperti etnografici in piuma, ha permesso di mettere a punto una procedura di azione mirata ed efficace per ciascun manufatto. Le diverse esigenze specifiche dei singoli materiali mi hanno spinto alla ricerca di soluzioni originali di intervento; alcuni metodi adottati, quali la pulitura e il consolidamento con Funori, e sono stati sviluppati e messi a punto grazie a esperienze di restauri eseguiti in passato su reperti in piuma.

Nella conservazione materiale del patrimonio di interesse etnografico le modalità di approccio al restauro sono continuamente messe in discussione, in quanto si cerca di coniugare le esigenze legate alla polimatericità di questi beni, con la contemporanea salvaguardia di quei segni che rappresentano il patrimonio storico e informativo del manufatto. A tal proposito, risulta quindi fondamentale la conoscenza dei materiali, nonché le possibili metodologie di intervento. Essendo le piume un materiale così fragile sarebbe opportuno evitare l'accumulo di sostanze estranee attraverso una cura preventiva. Sarebbe inoltre interessante includere uno studio intensivo dei fenomeni di alterazione, così differenti caso per caso, allo scopo di determinare le appropriate condizioni ambientali, di stoccaggio e le procedure di movimentazione e manipolazione.

Ringraziamenti

Si ringrazia Ilaria Barbiari - Photography per le riprese fotografiche.

NOTE

[1] Aspirapolvere museale Muntz 1300W.

[2] (diametro di circa 3 mm).

[3] Composizione in poliuretano.

[4] Il Triammonio citrato svolge un'azione chelante verso gli ioni metallici depositati sulla superficie. La saliva artificiale è composta da triammonio citrato e da mucina (un potente tensioattivo) che ha reso il prodotto migliore in termini di efficacia di azione per l'intervento in questione, in quanto la superficie altamente idrofoba della piuma non permette un lavaggio accurato in solo ambiente acquoso.

[5] Lo strumento impiegato è il nebulizzatore a ultrasuoni Medifit MD-521, frequenza Ultrasuoni: 1.7MHz, max frequenza nebulizzazione: $\geq 1,5$ ml/min, dimensione particelle: 5 μ m.

[6] Tensioattivo non ionico Tween 20 a pH neutro, 0,2% in acqua de.

[7] Funori allo 0,5% in soluzione idroalcolica (70:30 acqua de. ed etanolo).

[8] E' un polisaccaride naturale estratto da tre tipi di alghe marine rosse (*Gloiopeltis tenax*, *G. complanata* o *Gloiopeltis furcata*, complessivamente definite funorani) proveniente dal Giappone, della famiglia delle Rodoficee.

[9] Idrossipropilcellulosa Klucel E, peso molecolare di 80.000. La scelta di utilizzare il Klucel E è dovuta al fatto che avendo peso molecolare inferiore rispetto al più comunemente utilizzato Klucel G, permette di ottenere soluzioni meno viscosi e, quindi, con maggiore potere/capacità di penetrazione all'interno della struttura in cui viene applicato.

BIBLIOGRAFIA

Aigner Katherine, Fiussello Nadia, Mapelli Nicola, *Ethnos*, Musei Vaticani, Città del Vaticano 2012.

Bradley M. Susan, *The effect of light on ethnographic material*, in: "Where to start, Where to stop?", Museum Ethnographers Group, Hull 1995.

Carnazza Paola, *Funori: adesivo di origine vegetale*, in: Progetto Restauro, anno 10, n. 30, 2004.

Cerulli Ernesta., *Le culture indigene del Brasile*, in *Indios del Brasile* catalogo, De Luca, Roma, 1983, p. XIX

Dignard C., Lai W.F., Binnie N., Young G., Abraham M., Scheerer S., *Cleaning of soiled white feathers using Nd:Yag Laser and traditional Methods*. In: Lasers in the Conservation of Artworks, LACONA V Proceedings, Osnabrück, Canadian Conservation Institute, Ottawa 2005.

Edwards R. Stephen., Bell M. Bruce., King E. Mary, *Pest control in museums: a status report (1980)*, Museum of Natural History, Kansas 1981.

Fratini Filippo, Rivière Catherine, Santamaria Ulderico, *Sphaerococcus coronopifolius (Rhodophyta, Gigartinales): a Mediterranean red alga with potential and applications in restoration*, in: Natural Product Research, 2016.

Gowers Harold J., *Ethnographical featherwork*, in: Textile Conservation, Butterworth, London 1972.

Green S.W., Storch P.S. *An evaluation of feather cleaning techniques*, in: Symposium 86. The care and preservation of ethnological materials, Canadian Conservation Institute, Ottawa 1988.

- Griset Suzanne, *Preventative conservation measures for an ethnographic collection*, in: The international journal of museum management and curatorship, n. 5, 1986.
- Mason Janet, *Another technique for cleaning feathers*, in: Ethnographic conservation Newsletter, Canadian Conservation Institute, n. 6, 1990, pp. 13-15.
- Pandozy Stefania (a cura di), *Conoscere, conservare, condividere: esperienze del Laboratorio Polimaterico*, Edizione Musei Vaticani, Città del Vaticano 2011.
- Pandozy Stefania, De Bonis Mathilde (A cura di), *Etica e pratica della conservazione. Manuale per la conservazione dei beni etnografici e polimaterici*, Edizioni Musei Vaticani, Città del Vaticano 2017.
- Sangiorgi Nausicaa, *Studio e conservazione di un manufatto polimaterico etnografico di cultura materiale del Borneo del Museo Preistorico Etnografico “Luigi Pigorini”*, in *Restauro in Accademia Bologna*, EDIFIR – Edizioni Firenze, 2018, pp.187 – 208.
- Vandyke-Lee David J., *An ethnographic collecting expedition to Papua New Guinea: Field Conservation and Laboratory Treatment*, in: The Conservator. Journal of the Institute of Conservation, vol. 3, 1979.
- Vidal L.B., *Arte plumaria kayapò*, in AA.VV., *Arte plumaria del Brasile*, Brasilia, 1982, p. 37.
- Wright Margot M., *The Conservation of Fur, Feather and Skin: seminar by the Conservators of Ethnographic Artefacts at the Museum of London on 11 December 2000*, Archetype, London 2002.

POSTER

CHIESE RUPESTRI E IPOGEI

CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE CAVITÀ SOTTERRANEE NELLE MARCHE

Enrica Petrucci*, Diana Lapucci, Noemi Lapucci*****

*Ricercatore, Unicam-Università degli Studi di Camerino, Piazza Cavour 19/f, 62032, Camerino (MC),
+39 349 4002646, enrica.petrucci@unicam.it

** Dottore di Ricerca, Unicam-Università degli Studi di Camerino, Piazza Cavour 19/f, 62032, Camerino (MC),
+39 3285999872, diana.lapucci@unicam.it

*** Dottoranda, Unicam-Università degli Studi di Camerino, Piazza Cavour 19/f, 62032, Camerino (MC),
+39 3356051982, noemi.lapucci@unicam.it

Abstract

L’Italia sotterranea è costellata di luoghi interessanti, in cui si manifesta l’estro della natura e l’ingegno umano; le cavit  sotterrane si diramano in una fitta rete di cunicoli al di sotto del piano della citt  consolidata e sono in genere accessibili da tombini, cantine e varchi nascosti. Questo mondo sconosciuto merita di essere apprezzato attraverso idonei strumenti che consentano sia la conservazione materiale, sia la valorizzazione attiva. Le cavit  si trovano diffusamente in tutto il territorio italiano e sono testimoniate attraverso la realizzazione di Catasti Regionali curati dalle Federazioni Speleologiche Regionali, che raccolgono i dati fondamentali per supportare studi specifici in diversi ambiti scientifici.

Non ancora sufficientemente indagate, le cavit  ipogee della regione Marche meritano di essere conservate e valorizzate attraverso interessanti spiragli di ricerca, per affrontare l’argomento da diverse angolazioni. Si possono, infatti, approfondire varie tematiche mediante un’attenta ricognizione per delinearne la storia e le principali caratteristiche;   necessario, inoltre verificarne le condizioni strutturali e quelle conservative, in quanto le superfici lapidee o laterizie che le caratterizzano sono esposte a forti agenti di degrado. L’ulteriore tematica pu  essere legata ad una valorizzazione attiva che consenta di rendere le cavit  percorribili in un nuovo circuito di fruizione.

La regione Marche comprende 250 Comuni e numerosi piccoli centri murati, all’interno dei quali si pu  rilevare una fitta rete di gallerie sotterrane sia naturali, legate alle diverse propriet  idrogeologiche del terreno in cui si trovano, sia artificiali, riconducibili a svariate epoche storiche e funzioni. In particolar modo, i centri storici dei paesi collinari delle Marche celano straordinarie sorprese sotterrane riconducibili ad opere idrauliche, sistemi cunicolari, insediamenti residenziali localizzati, di culto, strutture funerarie e militari di alloggiamento o deposito.

La presente ricerca intende individuare, attraverso alcuni casi studio, una strategia che consenta di sostenere ed incentivare la conservazione dell’apparato ipogeo, sia naturale che artificiale, attraverso una conoscenza attiva, per rendere visitabili alcune strutture attraverso opportuni percorsi di fruizione turistica.

Introduzione

Il mondo sotterraneo attende da tempo che se ne valuti seriamente la consistenza culturale e l’importanza scientifica e storica, finora in pochi hanno sospettato la vastit  del fenomeno ipogeo artificiale e le sue connessioni con la storia dell’arte, l’architettura e l’archeologia. La Societ  Speleologica Italiana ha una sua Commissione permanente che si occupa di cavit  artificiali, con un centro di documentazione ed un catasto nazionale ancora in lavorazione. Anche il Dipartimento della protezione civile, nell’ambito delle attivit  intraprese per l’analisi sul rischio legato alla presenza di cavit  sotterrane, ha realizzato un censimento dei dissesti provocati da dette cavit , i quali, pur avendo un grado notevole di pericolosit , erano poco studiati e conosciuti e laddove individuati venivano ricondotti all’interno di censimenti di fenomeni franosi. Il censimento, realizzato in due fasi tra il 2001 e il 2003, ha permesso di ricostruire un quadro conoscitivo che   sicuramente rappresentativo della situazione a livello nazionale. Nella regione Marche quest’opera conoscitiva ha iniziato ad essere visibile solo negli ultimi venti anni e ci  ha prodotto una serie di studi ed interventi puntuali che manca di sistematicit , organicit  e del supporto di una regolamentazione [1].

L’attenzione alle cavit  ipogee dei centri storici non   legata solo alle caratteristiche storico-architettoniche ma anche a questioni tecniche, urbanistiche e soprattutto di sicurezza. Inoltre,   necessario individuare specifici interventi che, caso per caso, consentano di sviluppare mirate azioni di conservazione.

Ipogei nelle Marche

Le Marche rappresentano una regione in cui la presenza di cavit  sotterrane   diffusa e capillare, soprattutto negli insediamenti collinari. Ognuno di questi centri nasconde dei sotterranei pi  o meno complessi, stratificati e

sedimentati, vere e proprie città sotterranee, attrezzate alla difesa, all'approvvigionamento idrico, alimentare e talvolta ai bisogni di culto. Si può, dunque, riscontrare una notevole quantità di sotterranei che rappresentano un variegato campionario tipologico, con la sola eccezione delle catacombe e delle sepolture ipogee in quanto i più antichi abitanti della regione, fra cui i Piceni, realizzavano le sepolture senza strutture edilizie. Considerando le numerose colonie fondate dai Romani a partire dall'acquisizione del Piceno, intorno al 264 a.C., si può apprezzare la grande vastità del campo d'indagine, tra le più note Urbino, Pesaro, Fano, Ancona, Jesi, Osimo, Camerano, San Severino Marche, Treia, Urbisaglia, Tolentino, Civitanova Marche, Fermo, Cupramarittima, Ascoli Piceno. In particolare, nell'area del Monte Conero ci sono complessi sotterranei realizzati per diverse esigenze, come l'approvvigionamento idrico dell'acquedotto di Ancona e Numana, l'estrazione di materiali edilizi nelle cave del Monte Conero, Osimo, ecc., i luoghi di culto, riparo e difesa di Camerano, Osimo, oltre a quelle militari nella città di Ancona.

La suddivisione della grande varietà di sotterranei, inizia nella prima metà del XX secolo e nasce per interpretare la funzione di alcune specifiche opere cunicolari. Successivamente le cavità vengono catalogate per tipologie in base alla tipologia di funzione svolta. Una possibile classificazione delle strutture ipogee tiene conto di una serie di fattori:

1. **Opere di estrazione**, costituite da una cava con gallerie, pozzi, discenderie, etc., per l'estrazione e il trasporto di rocce, oggetto di coltivazione;
2. **Opere idrauliche** realizzate con bacini in muratura o scavati nel sottosuolo roccioso, che servono per la raccolta nonché per il sollevamento e la distribuzione dell'acqua;
3. **Opere per la conservazione**, si tratta di cisterne sotterranee nelle quali si conservavano le acque piovane o il ghiaccio o la neve (ghiacciaie o neviere) con lo scopo di mantenere gli alimenti;
4. **Opere di smaltimento**. Con la formazione degli aggregati urbani i sistemi di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere diviene indispensabile;
5. **Opere di culto**. Categoria che comprende le opere ipogee realizzate per scopi religiosi e ritenute di carattere sacro, oppure utilizzando cavità naturali per i medesimi scopi.
6. **Opere di uso militare** che servivano come sistemi per la sopravvivenza in caso d'assedio, ma anche per l'alloggiamento delle truppe e delle munizioni.

Per comprendere meglio l'origine degli ipogei nel territorio marchigiano è necessario rivolgere attenzione agli studi svolti sulle cosiddette "Gradine" [2] **Figura 1**, presenti soprattutto nell'area circostante il Conero; le colline nei dintorni, a differenza della campagna marchigiana tra l'Adriatico e l'Appennino, hanno una forma caratteristica che le distingue, alla sommità dei fianchi naturalmente inclinati presentano un ampio gradino artificiale che rappresenta il culmine della collina stessa. Dagli studi effettuati nel corso del tempo si ritiene che questi siano insediamenti di periodo preromano che servirono soprattutto per scopi di difesa e di approvvigionamento idrico, strettamente collegati alle grotte e cunicoli che noi oggi possiamo apprezzare.



Figura 1. Disegno di "Gradina" eseguita dal vero nel 1874 dall'Ing. Gustavo Bevilacqua.

Le cavità sotterranee di Camerano

La città di Camerano, come la maggior parte delle città marchigiane sorte vicino alla costa, è caratterizzata da un impianto planimetrico tipicamente medioevale. In questa zona, circostante il Monte Conero, la quasi totalità degli attuali centri urbani d'altura sorgono su un ampliamento dei castelli medioevali, ed il caso della città di Camerano ne è l'esempio più evidente. **Figura 2.**

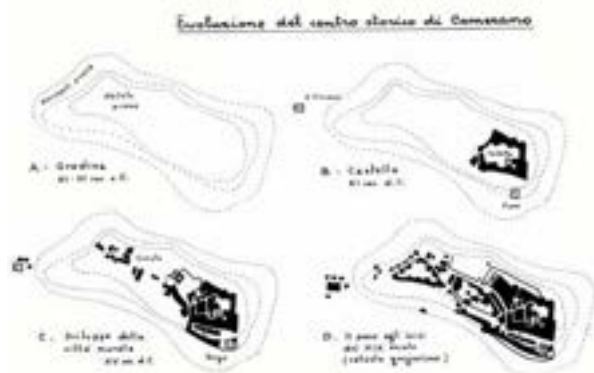


Figura 2. Evoluzione del centro storico di Camerano.

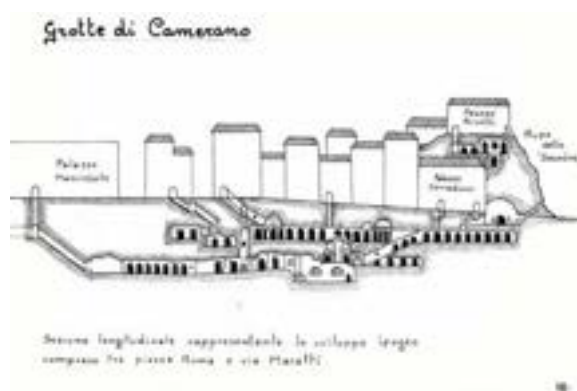


Figura 3. Sez. longitudinale sviluppo ipogeo.

Tra le peculiarità del patrimonio monumentale di questa città, infatti, vi sono le grotte ipogee del centro storico, documento della storia della comunità locale e testimonianza dell'evoluzione della città.

L'origine di questi ambienti sotterranei risale alla prima metà del XIV secolo, ma la loro configurazione attuale si deve ai lavori di ampliamento protratti fino al XIX secolo, ai più recenti interventi di segmentazione operati dai privati cittadini e agli interventi di consolidamento che il Genio Civile è stato costretto ad effettuare in seguito a dei crolli avvenuti negli anni '70. **Figura 3.**

I principali ambienti che fanno parte della città sotterranea di Camerano sono: la Grotta Ricotti, Mancinforte e Gasparri. La loro configurazione architettonica è la testimonianza dei diversi modi in cui vennero nei secoli utilizzate, come rifugio durante i conflitti militari, luoghi di culto e come cantine per la conservazione delle derrate. In particolare, la grotta Ricotti si presenta come un'aula principale rettangolare su cui affacciano delle nicchie laterali e con al fondo un'abside semicircolare a sua volta circondata da altre nove nicchie, ed è provvista di una scalinata che conduce ad una cripta semicircolare anch'essa circondata da piccole nicchie; tutti ambienti che conservano ancora aspetti di una certa solennità religiosa (simboli, resti di altare, ecc.); i particolari architettonici della cripta, sulla cui volta è presente una croce greca, richiamano alla mente alcuni romitori basiliani dell'area mediterranea. Queste forme architettoniche richiamano quelle di alcune chiese romaniche, paleocristiane o rupestri; il caso della grotta Ricotti è peculiare in quanto essa si trova in corrispondenza dell'antica chiesa di Sant'Apollinare, la prima chiesa di Camerano, anteriore all'anno Mille, annessa originariamente al castello ed ora inadeguatamente trasformata in mercato comunale [3].

Il progetto di restauro e valorizzazione delle Grotte di Camerano

Le informazioni sulle Grotte di Camerano vengono annotate fin dagli inizi del 1800, ma solo nel 1990 è stato effettuato un vero e proprio studio sistematico ottenendo i primi grafici sull'intera conformazione. **Figura 4.**

Tramite la redazione di un progetto di fattibilità tecnico-economica supportato da rilievi e studi preliminari, venne valutata l'ipotesi di rendere fruibili parti del percorso sotterraneo ed inserirlo nel programma itinerario di valorizzazione museale promosso dalla Provincia di Ancona. A tal fine, vennero realizzati i primi lavori di messa in sicurezza di una parte delle Grotte consentendo di effettuare una sperimentazione all'uso turistico degli ambienti sotterranei.

Una volta comprovato l'interesse pubblico, si è articolato lo studio preliminare di fattibilità per la valorizzazione del bene in due fasi, quella conoscitiva articolata su elaborati tecnico-progettuali come il rilievo e tavole tematiche con segnalazione delle volte e dei materiali naturali ed artificiali, e una seconda fase progettuale basata su un piano preliminare di massima per l'accessibilità e il riuso delle strutture, l'intero progetto venne corredato da un dossier di documentazione fotografica e da una relazione tecnica di fattibilità tecnico-finanziaria sulle possibilità di riuso.

L'obiettivo generale era quello di rendere possibile una visita turistica nelle zone più significative del complesso ipogeo e attrezzare parti degli spazi più adatti con un allestimento espositivo che rappresentasse la storia delle stesse grotte e della produzione vinicola del territorio limitrofo, nella quale il ruolo delle grotte ipogee era stato di fondamentale importanza per la buona conservazione dei prodotti.

Sono state evidenziate le condizioni di conservazione degli spazi, la presenza di tamponature postume o di interclusioni fra i vari spazi, le caratteristiche dei materiali costitutivi delle volte e delle chiusure murarie e la quotatura per ogni punto di battuta altimetrica.

Questo rilievo architettonico informatizzato di dettaglio ha messo in evidenza le incongruenze e gli errori dei precedenti rilievi amatoriali disponibili, contribuendo a rendere evidenti le possibilità reali dei collegamenti in quota fra le varie grotte e avvalorando l’ipotesi dell’esistenza di un originario sistema di ambienti ipogei unici e in connessione tra loro.



Figura 4. Sviluppo Planimetrico delle grotte riportate sulla mappa del centro storico di Camerano.

Gli interventi edilizi hanno così assunto i criteri e le tecniche del restauro monumentale, finalizzati sia alla messa in sicurezza statica delle strutture che al consolidamento delle parti superficiali esposte a evidenti condizioni di umidità. In tali condizioni, si possono formare depositi superficiali e soprattutto patine biologiche che costituiscono fattore di degrado delle superfici lapidee o anche laterizie che in genere rivestono le superfici interne e i sistemi di copertura dei cunicoli ipogei. Le superfici, talvolta decorate (come nel caso delle interessanti grotte Campana di Osimo, **Figura 5**), devono essere sottoposte a mirati interventi di pulitura e consolidamento superficiale oltre al controllo delle condizioni termo-igrometriche, attraverso l’uso di specifiche indagini diagnostiche.

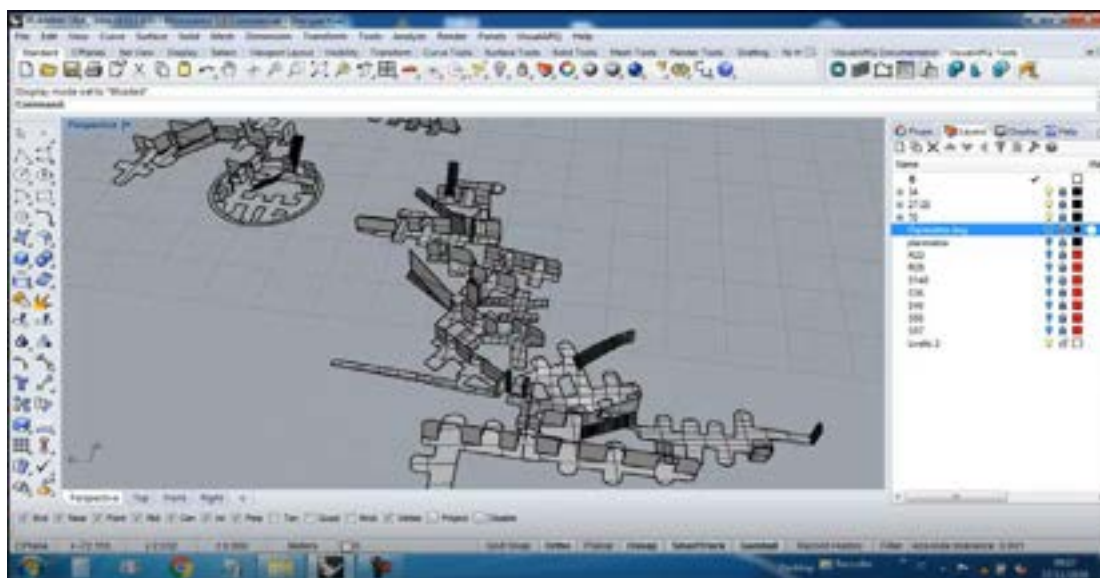


Figura 5. Rilievo della porzione centrale del sistema delle grotte nel sottosuolo di Osimo.

Nel caso delle strutture ipogee di Camerano, sono state realizzate alcune riprese delle fodere murarie ed intonacate con malte idrofughe, accompagnando i cromatismi della materia tufacea originaria per non alterare l'immagine dell'ambiente. Sono state inoltre individuate e bonificate tutte le fonti di percolamento idrico e di stagnazione attraverso le opportune indagini geotecniche, per creare apposite vie di smaltimento delle acque nonché indagini su eventuali perdite dell'acquedotto comunale e delle fognature sovrastanti.

La strategia di valorizzazione delle grotte di Camerano è stata caratterizzata da uno studio particolarmente attento, volto ad individuare le funzioni più idonee per la conservazione delle grotte stesse. Nel corso degli anni la rifunzionalizzazione delle grotte ipogee e la loro trasformazione in "Museo del Vino", hanno permesso all'Amministrazione comunale ed a tutto il territorio, di beneficiare di un originale polo di attrattività turistica, nonché di un mezzo efficace per contrassegnare in modo peculiare l'immagine del piccolo centro urbano e del suo territorio. **Figure 6-8.**



Figure 6-8. Le Grotte di Camerano dopo l'intervento di valorizzazione, realizzato in più fasi a partire dal 1994.

Civitanova Alta

I primi insediamenti umani nel territorio corrispondente all'attuale Civitanova Marche si osservano nel periodo Paleolitico e dal VI secolo a.C. Il punto in cui il fiume Chienti sfocia nell'Adriatico venne utilizzato come punto d'approdo per le navi greche, infatti il nome più antico di Civitanova Marche è *Cluana* dal latino *Cluentum*, appunto Chienti. Nel 50 d.C. su una collina nelle vicinanze, viene fondato un piccolo centro abitato, l'attuale Civitanova Alta. I due centri, quello sul mare e quello sull'altura rimarranno nei secoli sempre collegati e comunicanti tra loro, come accade storicamente nelle città costiere che in caso di minacce da parte del mare mandano i propri cittadini a trovare rifugio nei centri urbani collinari più vicini. Nel Seicento e Settecento, la città alta continua a trasformarsi, viene ampliata la piazza principale e costruita la chiesa San Paolo su progetto dell'architetto milanese Pietro Loni. Nel frattempo, Civitanova continua a svilupparsi nonostante le continue scorribande e invasioni da parte di Turchi, Albanesi e Dalmati, il porto diviene sempre più importante finché non si arriva allo sdoppiamento del centro cittadino, sul colle e sulla costa. Civitanova presenta in quel periodo i primi segni di una crescita demografica e urbanistica importante, che solo nel 1712 contava già più di 6000 abitanti, di cui 5700 nella città alta.

Le cavità dei centri storici minori, come Civitanova, vengono spesso ignorate e meritano un maggior approfondimento. In diverse situazioni italiane, infatti, si è riscontrato che la causa dei dissesti, crolli e danneggiamenti alle strutture superficiali dei centri storici, è la presenza di strutture fondali degradate.



Figura 9. Centro storico di Civitanova Alta con indicato il punto in cui è avvenuto il cedimento del 2010.

Nell’agosto 2010, la città di Civitanova Alta si è trovata ad affrontare l’improvviso crollo di una palazzina del centro storico, causato da un cedimento fondale importante dovuto alla presenza di strutture ipogee sconosciute ed in pessimo stato di conservazione. **Figura 9.** Da quel momento il comune ha richiesto a tutti i residenti di Civitanova Alta di segnalare l’eventuale presenza di grotte sotto le abitazioni.

L’indagine ha raccolto 86 comunicazioni che segnalano la presenza di 74 grotte (di cui 56 rilevate e 18 chiuse o inaccessibili), 14 cisterne e 12 pozzi. Successivamente, un gruppo di lavoro formato da professionisti della Protezione Civile Nazionale e della regione Marche, dell’autorità di bacino regionale e dell’amministrazione comunale, ne ha eseguito la mappatura. Dal materiale raccolto risulta che queste cavità fossero destinate alla conserva di prodotti agroalimentari. Lo si evince chiaramente dalla presenza di rampe di scale affiancate da due “scivoli” che venivano utilizzati per far rotolare le botti di vino o altri prodotti. Queste cavità erano collegate tra loro durante la guerra; creando un sistema abitativo alternativo e sicuro durante il conflitto.

Il rilevamento delle cavità antropiche era stato organizzato con l’intento di raccogliere le informazioni relative agli elementi sia interni che esterni all’ipogeo, elementi la cui presenza e caratteristiche influivano sul grado di suscettibilità al dissesto. Queste informazioni sono state suddivise in 6 sezioni, specificando la classificazione, la geometria, la geologia, le analisi diagnostiche e la documentazione fotografica. Compilata la scheda di rilevamento sono state evidenziate le caratteristiche della cavità e l’evoluzione dei fenomeni di crollo nel tempo. La valutazione della suscettibilità, intesa come propensione al verificarsi di un dissesto è stata sviluppata grazie ad un metodo semplificato che permette di attribuire alle singole cavità un punteggio in base ai parametri analizzati e di conseguenza di valutarne la vulnerabilità. Tale valutazione tiene quindi conto di quelle situazioni dove la concomitanza di più fattori, antropici e non (sovraccarichi, perdite idriche, profondità del tetto della volta, compattezza dei terreni ecc.) possono indebolire la struttura delle cavità. **Figura 10.**

Questo lavoro ha consentito al Comune di proporre alcune iniziative per gestire il problema delle cavità nel centro storico dell’abitato di Civitanova Alta, integrando le norme urbanistiche vigenti e monitorando periodicamente lo stato delle grotte, per garantire la salvaguardia del sistema ipogeo; questo dovrebbe consentire di evitare l’insorgenza di crolli, laddove le strutture interrato non sono in grado di resistere alle mutate condizioni di carico, come si è già verificato. **Figura 11.** In una significativa porzione del centro storico, alcuni edifici sono stati interessati da crolli per la presenza di un sistema ramificato di cavità, il cui degrado ha favorito tali distruttivi fenomeni che hanno compromesso l’intera struttura del nucleo storico, tanto da necessitare lo sviluppo di un’approfondita ricerca analitica, in grado di definire lo stato di conservazione del livello ipogeo.

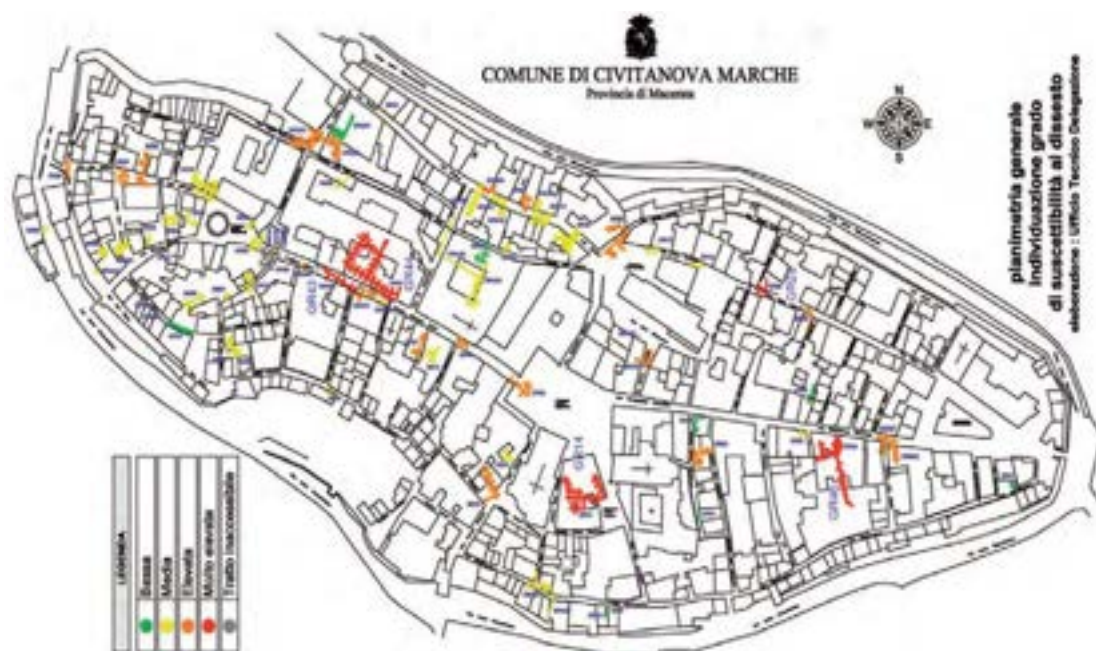


Figura 10. Suscettibilità al dissesto del centro storico di Civitanova alta.

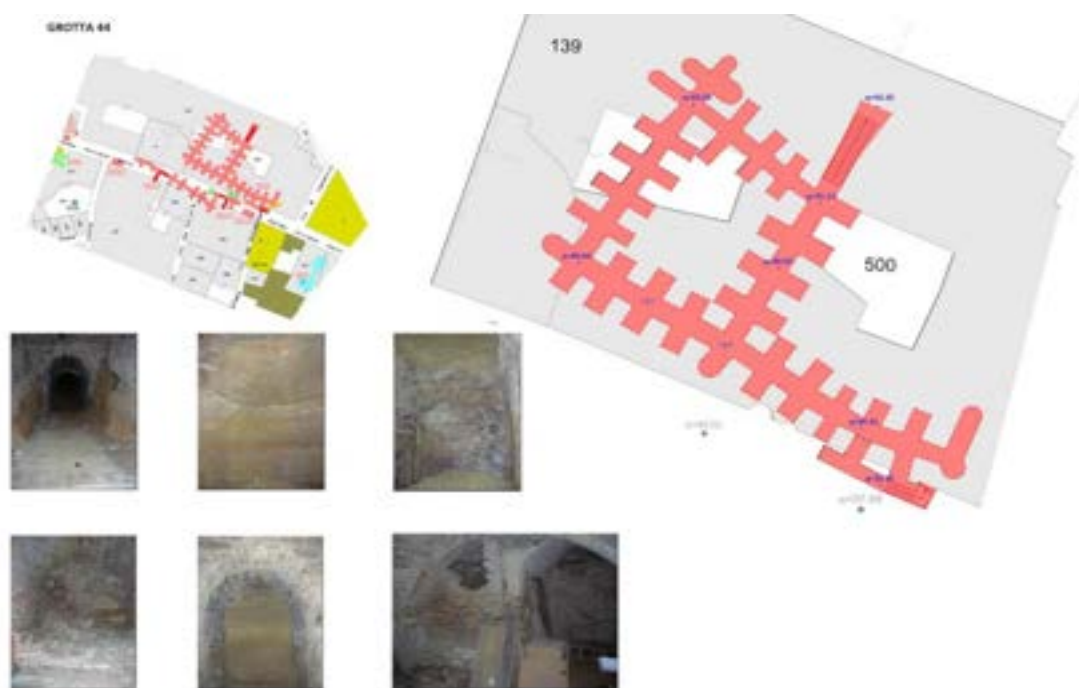


Figura 11. Schedatura delle cavità sotterranee nel centro storico di Civitanova alta.

Conclusioni

Il territorio marchigiano, come del resto quello della penisola è disseminato di opere ipogee, spesso celebri e conosciute, altre invece ancora da valorizzare. Il processo di distruzione, riedificazione ed ampliamento dei centri urbani nella storia ha coinvolto anche le preesistenze sotterranee che sono state fortemente alterate fino a trasformarsi in nuove cavità di cui si è persa la memoria e che comunque sono state riutilizzate per nuove funzioni.

Nella maggior parte dei casi, la loro riscoperta avviene a seguito di crolli, cedimenti fondali improvvisi dovuti ad aumento dei carichi di esercizio di fabbricati e infrastrutture sovrastanti, deformazioni/cedimenti delle strutture

ipogee. A questo proposito, sarebbe fondamentale una mappatura puntuale delle strutture che abitano le fondamenta delle città, come dato imprescindibile di conoscenza. Attraverso la conservazione del mondo sotterraneo si può ottenere un duplice obiettivo; da un lato, quello di tutelare tali antiche testimonianze come fattore identitario di civiltà e dall’altro, di salvaguardare i centri abitati da eventuali crolli delle strutture. Tenendo presente il gran numero di centri collinari marchigiani, è evidente quanto sia ampio l’ambito di ricerca e quanti ancora siano gli ipogei da esplorare. Per esaminare la situazione marchigiana in generale si sono citati solo alcuni casi significativi in cui è stata avviata una strategia in base alle differenti tipologie di cavità artificiali esaminate, come acquedotti e cunicoli di captazione idrica, depositi alimentari come le cantine e fosse del grano o strutture militari. Tale variabilità ci induce a riflettere sulla difficoltà nell’individuazione di una strategia unitaria; certamente è necessario confrontarsi con le caratteristiche locali, per tutelare quel valore identitario di comunità, da conservare e valorizzare.

NOTE

[1] <http://www.isprambiente.gov.it> [consultato il 18-07-2019]

[2] Il termine “Gradine” probabilmente deriva dal termine slavo “grad” (luogo fortificato, castello)

[3] Recanatini Alberto, *Le grotte di Camerano, descrizione e ipotesi*, in “Quaderni di storia cameranese”, Conerografica, Camerano, 1990, p.35.

BIBLIOGRAFIA

1. Barili Lorenzo, “*Romitaggi del Monte Conero. Cenni cronologici*”, Sartorj Cherubini, Ancona, 1857.
2. Bebi Patrizia, Delucca Oreste, “*Le grotte di Cattolica nei documenti d’archivio*”, in “*Gallerie Sotterranee a Cattolica*”, Catalogo della mostra documentaria, La Grafica, Cattolica, 2012 (1° ed. 1996), pp.27-40.
3. Campagnoli Marco, Recanatini Alberto (a cura di), “*La Memoria del sottosuolo. Cavità artificiali e sistemi ipogei sotto i centri storici alle falde del Conero e in area mesoadriatica*”, Atti del Convegno di Studi, Camerano 17-18 luglio 1999, Comune di Camerano con il patrocinio del Consorzio Parco Naturale del Conero, 1999, pp.7-14.
4. Centamore Ernesto, Deiana Giovanni (a cura di), “*La Geologia delle Marche*”, in “*Studi geologici camerti*”, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino, Numero speciale in occasione del 73° Congresso della Società Geologica Italiana, Roma 30 settembre - 4 ottobre 1986, pp.76-87.
5. Campagnoli Marco, “*Recanati Sotterranee*”, in “*Quaderni del Sotterraneo*”, 4, 1996, pp.1-8.
6. Corazza Angelo, “*Censimento dei dissesti dovuti a cavità sotterranee in Italia. La scheda di rilevamento*”, <https://docplayer.it/72529522-Censimento-dei-dissesti-dovuti-a-cavita-sotterranee-in-italia-la-scheda-di-rilevamento.html> [consultato il 30-7-2019].
7. De Bosis Francesco, “*Ancona e dintorni. Cenni di storia naturale*”, Tipografia Baluffi, Ancona, 1860.
8. Donzelli Nicomede, “*Memorie storiche del Comune di Camerano*”, in “*Studia Picena*”, XVII, 1942, pp.47-51.
9. Lenci Stefano et al., “*Le strutture ipogee dei centri storici italiani*”, in Lenci Stefano, Quagliarini Enrico, Vallucci Sara, Bacchiocchi Rebecca (a cura di), “*Corinaldo sotterranea. Gli ipogei della città murata e la loro influenza sulla vulnerabilità del costruito storico*”, Aracne, Roma, 2013, pp.7-22.
10. Luccioni Irene, “*Geologia ipogea di Camerano. Storia della città sotto la città.*”, Tesi sperimentale in geologia del quaternario, IDEAzione studio grafico, Castelfidardo, 2006.
11. Milella Nicola, Zonno Marina, Capotorto Salvatore, “*Bari sotterranee in virtual tour*”, in “*Recupero&Conservazione*”, 110, febbraio, 2014, pp.1-10.
12. Natalucci Mario, “*I castelli e i centri moderni del territorio di Ancona*”, Libreria Canonici, Ancona, 1977.
13. Recanatini Alberto, “*Le Grotte di Camerano. Descrizioni e ipotesi.*”, in “*Quaderni di Storia Cameranesa*”, Comune di Camerano – Biblioteca Comunale, Conerografica, Camerano, 1990, pp.34-48.
14. Spagnoli Massimo, “*Città di Fermo: Pianta dell’antica città Firmum Picenum con localizzazione dei cunicoli romani e medioevali e delle strutture edilizie antiche con apporto di ipotesi di vari studiosi*”, Club Alpino Italiano, Fermo, 1995.
15. Scalzo Marcello, “*Architetture Rupestri di Marche e Romagna. Un esempio: la Grotta Ricotti a Camerano*”, in Conte Antonio, Filippa Monica (a cura di), “*Patrimoni e Siti UNESCO: Memoria, Misura e Armonia*”, Atti del 35° Convegno UID, Matera 24-26 ottobre 2013, Gangemi Editore, Roma, 2013, pp.887-894.
16. Spagnoli Massimo, “*Sotterranee: esplorazioni e studi di speleologia archeologica nelle cavità ed ipogei delle fortezze picene*”, Club Alpino Italiano, Fermo, 2000.

RECUPERO E CONSERVAZIONE DEI TRAPPETI IPOGEI DEL SALENTO

Antonio Monte

Ricercatore, Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali-Consiglio Nazionale delle Ricerche,
Campus universitario-via Monteroni, 73100, Lecce, +39 0832 422209, a.monte@ibam.cnr.it

Abstract

La produzione di olio nel Salento, ha rappresentato per circa quattro secoli la principale risorsa economica della provincia. Essa avveniva in "luoghi" noti come trappeti che hanno una peculiarità costruttiva, in quanto interamente ricavati all'interno del banco roccioso calcarenitico del tipo "pietra leccese", "tufo" o "carparo". Erano molto diffusi sul territorio delle attuali province di Lecce, Brindisi e Taranto e sono presenti sia nei centri urbani che nei complessi masserizi.

Questi luoghi, testimonianza viva e diretta della civiltà rurale, sono da tempo al centro di un capillare processo di patrimonializzazione.

Il crescente interesse verso il recupero della memoria e dell'identità di una comunità, ha portato alla realizzazione di progetti rivolti alla conservazione e valorizzazione di questi peculiari beni culturali protoindustriali.

Come per tutti i beni archeologici industriali, anche per i trappeti ipogei la migliore soluzione conservativa è il riuso. Rifunzionalizzazione in questo caso vuol dire recuperare il bene nella sua identità storica per attivarlo come contenitore culturale o come luogo inserito in un circuito museale in cui sia ricostruita fedelmente l'antica "arte" di un singolare processo produttivo: quello della produzione dell'olio lampante, esportato in tutta Europa e utilizzato per l'illuminazione, per le industrie laniere e per produrre sapone.

In questa sede si presentano alcuni lavori svolti mirati al recupero, conservazione e valorizzazione di trappeti ipogei ubicati in qualche centro storico di comuni della provincia di Lecce.

Introduzione

Nel Salento (l'antica Terra d'Otranto che comprendeva le attuali province di Lecce, Brindisi e Taranto), la produzione dell'olio avveniva in ambienti noti come trappeti; solo con l'avvento della forza meccanica costituita da una motrice "a vapore" prima, idraulica in seguito, vennero realizzati i moderni oleifici. Questi "luoghi di lavoro" hanno caratterizzato, prevalentemente, i nuclei storici del Salento e oggi costituiscono un cospicuo patrimonio protoindustriale. Tali luoghi -pertanto- possono essere annoverati, attraverso un'opera mirata di patrimonializzazione (meritevoli di conservazione, di rifunzionalizzazione, di restauro e di processi di sviluppo locale), tra i beni del patrimonio culturale della nostra Nazione.

L'industria dell'olio ha rappresentato per la Puglia e, in particolare per la Terra d'Otranto, la principale risorsa economica; infatti, nel settore agroalimentare era considerata l'industria portante rispetto a quella vinicola e molitoria. L'olio, dall'età moderna sino alla fine dell'Ottocento, veniva prodotto in strutture produttive note come trappeti "a sangue". Per molti secoli la forza impiegata per azionare le macine (o macelli) dei frantoi e i torchi era demandata alla forza umana "a braccio" e a quella animale, perciò "a sangue"; pochi, a partire dall'ultimo quarto del XIX° secolo, erano i trappeti azionati con forza meccanica¹.

La precaria igiene degli ambienti ipogei, associata all'evoluzione sia delle strutture (si passa dai trappeti semipogei agli stabilimenti oleari o oleifici) che tecnologica degli impianti (dalla forza "animata" data da uomini e animali a quella "inanimata" data dalle macchine) e la continua industrializzazione, avvenuta tra la fine del secolo XIX° e la prima metà del successivo, hanno portato all'abbandono dei luoghi e delle tecniche tradizionali per passare a sistemi di lavorazione moderni per la produzione di un olio "fino" destinato anche per uso alimentare.

Questo fenomeno ipogeo è una prerogativa unicamente (almeno per la notevole presenza degli impianti produttivi che ammontavano a oltre 2 mila e 500) di Terra d'Otranto, da spiegarsi con la facile escavabilità della pietra calcarenitica² che consentiva di realizzare nel banco roccioso, ambienti freschi d'estate e soprattutto caldi di inverno da renderli idonei alla produzione dell'olio³.

¹ A. Monte, *Il processo storico di produzione dell'olio. Dalla forza "animata" a quella "inanimata": origine e sviluppo degli "ordigni" oleari*, in "L'inesauribile curiosità. Studi in memoria di Gianni Carluccio", Edizioni Grifo, Lecce, pp. 151-166.

² G. Quarta, *I frantoi ipogei di Terra d'Otranto: caratterizzazione petrografica dei materiali costituenti ed analisi delle principali forme di alterazione*, in "Le miniere dell'oro liquido. Archeologia Industriale in Terra d'Otranto: i frantoi ipogei", Edizioni del Grifo, Lecce, 2000, pp. 67-81.

³ A. Monte, *Le miniere dell'oro liquido. Archeologia Industriale in Terra d'Otranto: i frantoi ipogei*, Edizioni del Grifo, Lecce, 2000; idem, *L'antica industria dell'olio. Itinerari di archeologia industriale nel Salento*, Edizioni del Grifo, Lecce, 2003.

Note sulle caratteristiche costruttive

I trappeti nel Salento sono quasi tutti ipogei (Figura 1) cioè ricavati nel banco roccioso calcarenitico di “pietra leccese”, “tufo” o “carparo”; pochi sono i semipogei; essi sono sottostanti al piano stradale e raggiungono una quota di calpestio che varia da metri 3.00 circa a metri 4.50 circa; la loro altezza media all'interno è variabile: da metri 1.70 a metri 3.00 circa. Il fatto che fossero ipogei, era studiato appositamente al fine di ottimizzare la conservazione del prodotto: l'ambiente interno infatti, doveva avere una temperatura calda e costante (oscillante tra i 18° e i 20° gradi centigradi), tale da favorire il deflusso dell'olio quando la massa di poltiglia delle olive macinate era sottoposta alla torchiatura e alla separazione dell'olio dall'acqua di vegetazione (sentina) che si depositava nei pozzetti di decantazione. I locali erano ulteriormente riscaldati dal calore emesso dalle numerose lucerne che ardevano giorno e notte, dalla fermentazione delle olive, depositate nelle “sciave”, e dal calore prodotto dal lavoro degli uomini e degli animali. Un altro motivo per il quale i trappeti erano ipogei e non fuori terra è di natura economica: il costo della manodopera per scavare un frantoio era minore rispetto a quello da assegnare ai maestri di muro specializzati nel costruire vani fuori terra con coperture particolari “alla leccese”, cioè con ambienti voltati con volte del tipo “a spigolo” e “a squadro”, in uso ovunque in Terra d'Otranto.



Figura 1. Giurdignano (LE). Trappeto ipogeo in località *Trappitello* (© A. Monte, 2001)

Recupero, riuso, conservazione e valorizzazione dei trappeti

Considerati beni culturali industriali a tutti gli effetti, da oltre un decennio si è avviato un capillare processo di patrimonializzazione che ha portato ad una consistente realtà territoriale di progetti e interventi mirati al recupero e conservazione di diverse strutture abbandonate. Quindi, i trappeti ipogei sono entrati a far parte dei circuiti nazionali delle *Strade dell'olio d'oliva*. Questa realtà si è concretizzata in Puglia, grazie al Programma Operativo Plurifondo (P.O.P. 1994-1996), Fondo FEOGA “Valorizzazione e promozione dei prodotti agroalimentari tipici regionali di qualità” che ha permesso di istituire, a livello regionale otto *Strade dell'olio d'oliva* nelle quali sono stati inseriti i trappeti recuperati, le elaioteche e i moderni stabilimenti oleari, i musei dell'olio. Nel Salento sono state create le Strade n°6 e n°7 denominate “Adriatica e Ionica Antica Terra d'Otranto”⁴.

In provincia di Lecce, già a partire dal 1980, si avviarono i primi sporadici tentativi per salvare dall'oblio queste strutture produttive lasciate in totale abbandono per circa un secolo. Uno dei primi interventi di recupero e conservazione è stato realizzato nel 1980 a Gallipoli (la più importante piazza d'Europa per l'esportazione dell'olio lampante), nel trappeto ipogeo di Palazzo Briganti (secc. XVI-XVIII). Alcuni anni dopo, sempre a Gallipoli, sono stati recuperati altri due trappeti (secc. XV-XVI) ubicati sotto i palazzi Granafei (Figura 2) e Grassi ad opera di un gruppo di volontari dell'Associazione Gallipoli Nostra. A partire dai primi anni novanta del secolo scorso, viene

⁴ A. Monte, G. Quarta, *Industrial archaeology: the restoration of hypogeum olive oil-mills in Terra d'Otranto*, in Atti del 5th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, april 5-8, 2000 Seville-Spain, A.A. Balkema publishers, Lisse/Abingdon/Exton (Pa)/Tokio 2002, pp. 599-605.

avviata una capillare ricerca⁵ sul territorio per individuare e censire i trappeti abbandonati⁶. I primi progetti di recupero e conservazione vengono redatti dai comuni a partire dalla fine degli anni novanta.

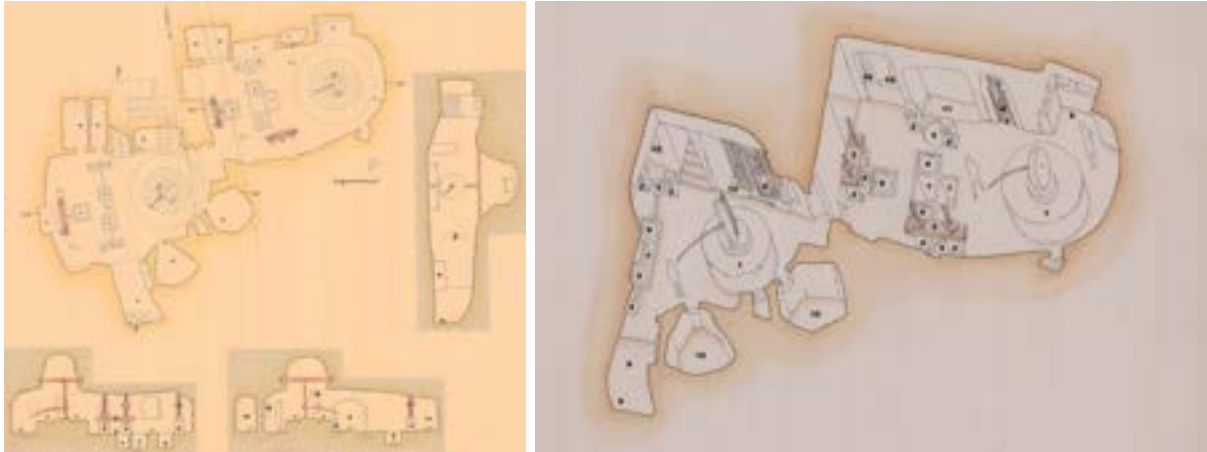


Figura 2. Gallipoli (LE). Trappeti ipogei sotto Palazzo Granafei; planimetria e vista assonometrica (© A. Monte, 1995)

Alcune amministrazioni locali delle tre province salentine (LE-BR-TA), attraverso bandi regionali promossi dalla Comunità Europea, presentarono progetti di recupero e restauro ed ebbero accesso a finanziamenti mirati alla conservazione e valorizzazione dei trappeti. Furono finanziati i progetti dei comuni di Vernole, Martano, Veglie, Giurdignano, Presicce, Tuglie, Fellingine, Presicce, Muro Leccese, Magliano, Acquarica del Capo, Maglie, ecc.; le misure furono: il P.O.P.-Programma Operativo Plurifondo (1994-1996); il Programma d'Iniziativa Comunitaria Interreg II Italia-Grecia, "Riabilitazione del Patrimonio Culturale"; il Programma Leader II, Gruppo di Azione Locale, Sottomisura 3 "Turismo rurale"; il Fondo FEOGA (1999) "Valorizzazione e promozione dei prodotti agroalimentari tipici regionali"; il P.O.R.-Programma Operativo Regionale (2000-2006) "Tutela e valorizzazione del patrimonio rurale"; il P.O. FERS 2007-2013 "Piani integrati di sviluppo territoriale".

Quindi a partire dal 1998, con la "scoperta" del trappeto presente sotto la piazza principale del comune di Vernole (Figura 3), iniziò una vivace attività di recupero degli ambienti ipogei utilizzati per la produzione dell'olio, che sono stati –da sempre– un segno identitario delle comunità di Terra d'Otranto.



Figura 3. Vernole (LE). Il trappeto durante la scoperta (© A. Monte, 1995); dopo i primi interventi di pulizia (© A. Monte, 1998); dopo il restauro (© A. Monte, 1999)

Prima della stesura dei progetti di restauro, sono state effettuate sia delle ricognizioni con campagne di rilievo grafico e fotografico, sia delle indagini preliminari con un'attenta analisi macroscopica "a vista" per verificare lo stato di conservazione all'interno della struttura ipogea. A seguito dell'operazione esplorativa *in situ* si è riscontrato che le patologie di degrado sono sostanzialmente simili e riconducibili a cause connesse a fenomeni

⁵ Lo studio, censimento, ricerche d'archivio e bibliografiche, venne realizzato in collaborazione con l'IsCOM (Istituto per la Conservazione delle Opere Monumentali) che, in seguito, avviò una prima campagna di catalogazione scientifica dove vennero schedati oltre 100 trappeti ipogei e semipogei.

⁶ A. Monte, *I frantoi (trappeti) ipogei del Salento*, in "Metamorfosi", n° 21, 1993, pp. 52-56; idem, *Frantoi ipogei del Salento*, Edizioni del Grifo, Lecce, 1995; idem, *I frantoi (trappeti) del Salento: note e documentazione iconografica*, in Atti del Convegno "La chiamano "archeologia" ma è industriale (1993), Udine, Università degli Studi di Trieste e di Udine, 1996, pp. 143-146.

alterativi tipici degli ambienti sotterranei⁷. Allo scopo di individuare le principali patologie di degrado sono state effettuate le seguenti analisi (Doc. NORMAL 20/85): caratterizzazione mineralogico-petrografica e fisica dei materiali costituenti (Doc. NORMAL 16/84); studio delle alterazioni (Doc. NORMAL 1/88 sostituito con UNI 11182/2006); caratterizzazione microclimatica (Doc. NORMAL 5/83).

Le forme di alterazione più diffuse erano: presenza di depositi naturali ed artificiali sul piano di calpestio, sulle superfici verticali del banco roccioso, sulla vasca e sulla pietra molare (Figura 4), nei pozzetti di decantazione, nei depositi delle olive (*sciave*); presenza di vegetazione (alghe, licheni ed erbe infestanti); erosione dei gradini delle scale di accesso alle strutture ipogee; presenza, nel banco roccioso delle superfici orizzontali, di infiltrazioni di acqua piovana che avviene generalmente attraverso fratture; disgregazione ed erosione della superficie del banco calcarenitico; presenza di lesioni ad andamento variabile da verticale a sub-orizzontale; mancanza di alcuni pezzi lapidei sul bacino della vasca o sugli alloggiamenti dei torchi; completa mancanza di tutti gli “ordigni oleari” lignei.



Figura 4. Maglie (LE). Il trappeto durante i lavori di rimozione di terra e altri depositi (© A. Monte, 2012)

Il progetto di rifunzionalizzazione del trappeto ipogeo di Maglie (LE)

Nell'ambito del Documento Programmatico di Rigenerazione Urbana e del Piano Integrato di Sviluppo Territoriale, promossi dalla Regione Puglia che ha posto come tema centrale della sua strategia quello della rigenerazione urbana e territoriale, è previsto un programma di interventi finalizzati ad intervenire in modo integrato a risolvere problemi sia di degrado, da quello ambientale a quello fisico, che di disagio socio-economico. Pertanto l'azione include la riqualificazione del suo contesto sia storico che ambientale, la salvaguardia, la conservazione integrata, la tutela del patrimonio costruito e il suo recupero funzionale.

L'intervento di rigenerazione urbana che si è svolto nel nucleo storico della città di Maglie, ha interessato una peculiare “corte chiusa”, elemento singolare dell'ambiente costruito del Salento. Uno spazio di modeste dimensioni, un luogo storicamente importante per la presenza nel suo sottosuolo, di un trappeto dove avveniva la frangitura e torchiatura delle olive per essere trasformate in olio.

L'obiettivo principale dell'intervento, è stato mirato al recupero e riqualificazione dello “spazio” urbano, rappresentato dalla corte, e alla conservazione, rifunzionalizzazione e valorizzazione di un vecchio “luogo del lavoro” rappresentato dal trappeto. I lavori sono iniziati a ottobre 2012 e sono stati ultimati a luglio 2014.

Dopo una puntuale conoscenza storico-costruttiva e materica della struttura ipogea, attraverso l'indagine geologica, si è passati al rilievo con laser scanner 3d (Figura 5) e alla diagnostica non invasiva attraverso indagini geofisiche⁸. In seguito è stata redatta l'analisi dello stato di conservazione, il progetto, l'intervento e il consolidamento della copertura dell'ipogeo.

Per la redazione degli elaborati grafici incentrati sull'Analisi dello Stato di Conservazione è stata usata la terminologia della Norma Italiana UNI 11182: *Beni culturali. Materiali lapidei naturali ed artificiali. Descrizione*

⁷ A. Monte, G. Quarta, *Industrial...*, cit.

⁸ A. Monte, L. De Giorgi, G. Leucci, G. Puce, *From knowledge to development for the production of oil hypogean mills in the land of Otranto (Puglia). Diagnosi and restoration of a peculiar industrial heritage: the hypogean mill of Maglie (LE)*, in Atti della V Conference “Diagnosi, Conservation and Valorization of Cultural Heritage”, Napoli, 11-12 dicembre 2014.

della forma di alterazione. *Termini e definizioni* (UNI-Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, aprile 2006).

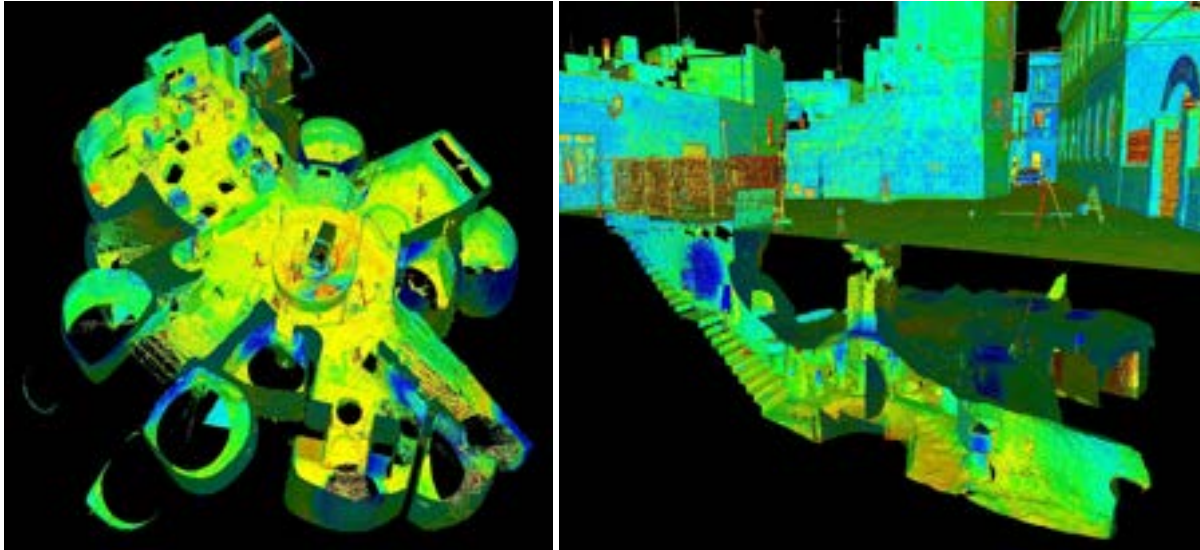


Figura 5. Rilievo con Laser Scanner. Immagini prospettive della nuvola di punti sezionata con piano orizzontale e verticale

Dall'analisi diretta effettuata *in situ* risultava che l'ipogeo versava in uno stato di estremo degrado. Varcato l'accesso della struttura produttiva, si scorgeva un grande accumulo di materiale di risulta che copriva quasi totalmente la vasca per la molitura (Figura 4) che, a sua volta risultava in parte diruta con la pietra molare abbandonata su un lato. Dopo un'attenta osservazione macroscopica “a vista” (nonostante le difficoltà incontrate a causa della presenza di un cospicuo accumulo di terra, pietre informi di varie dimensione e detriti di vario genere) si sono definite le principali forme di alterazione che determinano lo stato di degrado in cui versava l'intera struttura ipogea. Su tutto il piano di calpestio dell'ipogeo vi erano dei depositi superficiali costituiti da accumulo di materiali estranei di varia natura (Figura 6; terra e detriti di vario genere, aloni e alterazioni per depositi di sedimenti terrosi e polveri). Inoltre, erano presenti depositi superficiali anche nelle *sciave* (depositi delle olive), nei pozzetti di decantazione, nelle vasche, nella stalla e negli altri ambienti. Mentre sulle superfici lapidee (verticali e orizzontali), sui blocchi di pietra calcarea di appoggio dei torchi e sulle pile erano presenti incrostazioni da ciclo umido di natura biologica tipo muschi e licheni.



Figura 6. Il trappeto durante il ritrovamento (© A. Monte, 2010) e prima dei lavori (© A. Monte, 2012)

Purtroppo, come di consuetudine sono andati perduti tutti gli originari "ordigni oleari" in legno. Infatti, la vasca per la molitura era priva dell'asse orizzontale, dell'albero verticale e della stanga che veniva legata sul dorso del mulo mentre, sui blocchi di pietra di appoggio mancavano i tre torchi a due viti del tipo “alla calabrese” e nel suo alloggiamento (Figura 7) mancava anche il torchio “alla genovese”. Infine, le piattaforme di appoggio dei fiscoli erano parzialmente dirute. La piazza dove è ubicato il trappeto presentava una pavimentazione costituita da un manto stradale composto in conglomerato bituminoso, che in alcune zone risultava essere particolarmente compromesso e degradato. Il manto stradale si presentava improprio e disomogeneo con il suggestivo scenario di

quinte architettoniche che presenta la piccola “piazza chiusa”. Pertanto la nuova pavimentazione potrà evidenziare la geometria dello spazio urbano in armonia cromatica con le facciate circostanti.



Figura 7. Alloggiamento privo del torchio “alla genovese” (© A. Monte, 2012);
Figura 8. L'ambiente ipogeo dopo la rimozione del materiale di risulta (© A. Monte, 2012)

Per la progettazione degli interventi di restauro e conservazione è stato usato il Documento NorMaL 20/85: *Interventi Conservativi: Progettazione, Esecuzione e Valutazione Preventiva* a cura del CNR-ICR.

Per la rifunzionalizzazione della struttura ipogea e la riqualificazione dell'intero spazio architettonico che costituisce la “corte chiusa”, sono stati realizzati numerosi interventi di restauro che hanno garantito la conservazione e la rigenerazione urbana di uno spazio pubblico dove in passato avvenivano incontri e scambi sia pubblici che privati, grazie alla presenza del trappeto e di numerose fosse granarie.

Pertanto è stata rimossa (a mano) tutta la terra e il materiale di risulta (costituito da conchi, pietre, terra, ecc..) che occultava gli ambienti dell'ipogeo, sino ad arrivare al piano di calpestio originario; è stato aperto il varco dove era posizionata l'originaria scala di accesso (Figura 8) e recuperata interamente dopo lo smontaggio (effettuato con una accurata numerazione dei conchi secondo il loro posizionamento originario) e messa in opera dei conchi.

Inoltre, sono state estirpate radici infestanti e alcuni piccoli fusti arborei; fatta una scarificazione dei giunti con successiva stilatura di alcune zone presenti sia sulla rampa rettilinea della scala di accesso che sulla parte alta del vano scala; la pulizia (a mano) con spazzole di saggina, previo il trattamento antivegetativo, per i muschi e i licheni, sulle superfici lapidee (verticali e orizzontali), sui blocchi lapidei di appoggio dei torchi, sul bacino della vasca per la molitura e sulla pietra molare per eliminare le croste e le incrostazioni; la riapertura del foro centrale per l'areazione e di altri fori delle *sciave*. Infine, la patinatura del paramento calcarenitico con protettivo incolore traspirante; la parziale ricostruzione della vasca per la molitura (Figura 9) con la realizzazione della trave orizzontale, albero verticale e stanga; la realizzazione e posizionamento, nei rispettivi alloggiamenti, di un torchio a due viti del tipo “alla calabrese” e di un torchio ad una vite del tipo “alla genovese” (Figura 10) in legno di quercia; una passerella in legno che permette la visita.



Figura 9. Bacino della vasca della molitura durante la ricostruzione (© A. Monte, 2012)
Figura 10. Posizionamento del torchio “alla genovese” nel suo alloggiamento (© A. Monte, 2014)

Mentre sulla soprastante “corte chiusa” (Figura 11) è stato rimosso tutto il vecchio manto stradale; realizzato un nuovo massetto in calcestruzzo e posizionato un basolato (dello spessore di 10 cm) di pietra calcarea di “Apricena” del tipo “bronzetto” picconata a mano.

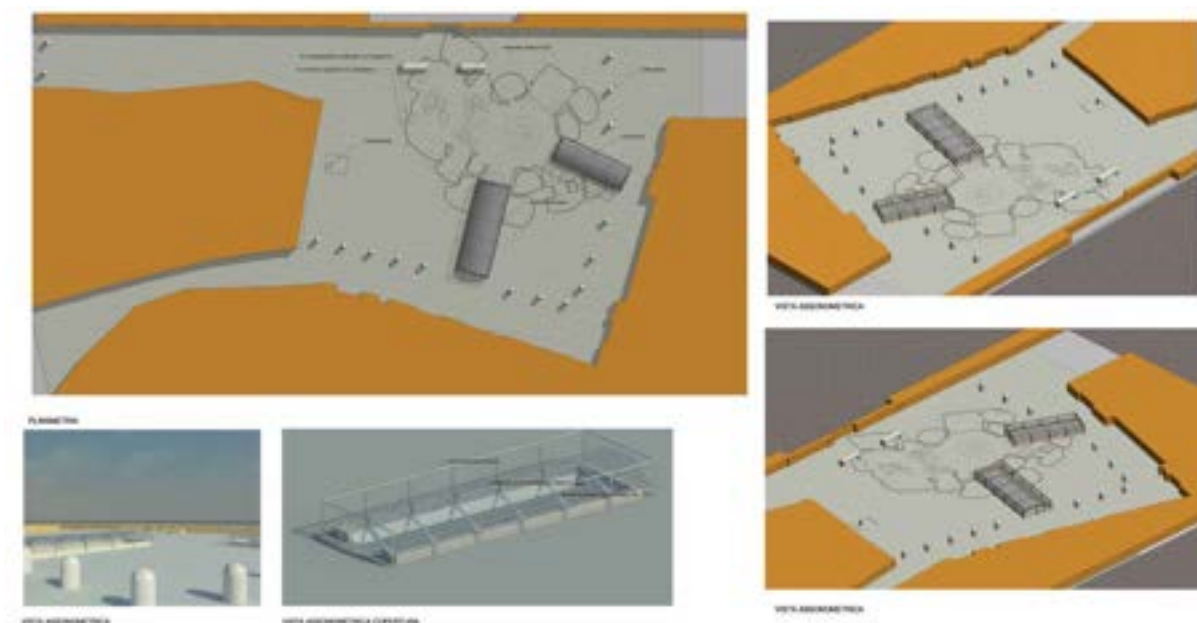


Figura 11. Tavola di progetto (arch. Antonio Monte con lo Studio ArkGeo Engineering S.r.l.), 2012



Figura 12. Realizzazione della nuova pavimentazione della soprastante corte (© A. Monte, 2013)

Figura 13. Ingresso al trappeto (© A. Monte, 2014)

E' stato realizzato un nuovo impianto elettrico sia interno al trappeto che esterno, finalizzato a riqualificare lo spazio urbano e a valorizzare le emergenze storiche, architettoniche e archeo-industriali della "piazza". Per ultimo una copertura in acciaio delimita l'ingresso al trappeto (Figure 11-12-13).

Durante i lavori si è verificata una lesione passante sull'intradosso della copertura (Figura 14), costituito dal banco roccioso calcarenitico; pertanto si è reso necessario prima puntellare tutta la struttura ipogea, poi un intervento di consolidamento della "volta" del frantoio mediante l'imperneazione della copertura con tondini in acciaio zincati del diametro 24 mm, iniettati con resina organo-minerale Master Roc 364 Flex e la risarcitura di alcune lesioni con Cemento Portland microfine MasterRoc MP 650.

Le lavorazioni inerenti l'imperneazione del banco roccioso sono state eseguite partendo dall'esecuzione di una serie di fori, necessari all'inserimento delle barre in acciaio zincato e all'iniezione della resina (Figura 15). I fori sono stati realizzati con un diametro pari circa a 50 millimetri e interasse di 150 cm l'uno dall'altro, creando una maglia 150 cm per 150 cm. In ogni foro è stata iniettata allo stato liquido la resina organo minerale bicomponente. Questa modalità di iniezione ha permesso alla resina di penetrare nei vuoti, nelle fessurazioni e nei microvuoti presenti nel substrato calcarenitico. Il numero finale delle iniezioni, come da progetto, è stato di 122 iniezioni. La resina che è stata iniettata è la "MASTER ROC MP 364 FLEX" della BASF. Per eseguire la risarcitura di alcune lesioni presenti sull'intradosso della copertura dell'ipogeo si è proceduto ad iniettare al loro interno una boiaccia di cemento microfine "MASTERROC MP 650" della BASF. Per far ciò, con l'ausilio di perforatrici portatili, sono stati eseguiti una serie di fori aventi diametro pari a 32 mm, profondità 1,10 m e interasse di 50 cm, lungo l'andamento delle lesioni. All'interno dei fori sono state inserite due cannule, una per l'iniezione della boiaccia e l'altra come sfiato e per verifica dell'effettivo riempimento della fessura (Figura 16).



Figura 14. Lesione passante sull'intradosso della copertura (© A. Monte, 2013);

Figura 15. Esecuzione di una serie di fori (122), necessari all'inserimento delle barre in acciaio zincato e all'iniezione della resina per l'impermeazione del banco roccioso (© A. Monte, 2014)



Figura 16. Risarcitura della lesione mediante la realizzazione di fori e l'inserimento di cannule per iniettare la boiaccia (© A. Monte, 2014)

Figura 17. Trappeto ipogeo dopo il restauro (© A. Monte, 2014)

Prima della fase dell'iniezione della boiaccia si è provveduto a risarcire le lesioni con ecomalta ottenuta miscelando gli inerti rinvenienti dalla frantumazione della roccia in loco. La boiaccia è stata preparata seguendo le specifiche tecniche della ditta produttrice, in particolare si è rispettato il rapporto 1:1 in base al peso, il tempo di miscelazione di 2 minuti con miscelatore ad alta velocità, e il costante mescolamento per tutto il tempo delle operazioni d'iniezione. Con riferimento alla lesione più ampia si è proceduto ad effettuare una seconda iniezione di boiaccia, seguendo le stesse procedure precedentemente elencate e realizzando i fori con un interasse complessivo di 25 cm.

Conclusioni

L'esperienza maturata in questo progetto di recupero e valorizzazione di un bene archeoindustriale, è stata molto costruttiva e "interdisciplinare" perché ha visto impegnate alcune figure professionali (architetto, ingegnere, geologo, geofisico, ingegnere-strutturista, archeologo industriale) con diverse specializzazioni che, attraverso uno stretto rapporto tra loro, hanno permesso di restituire alla cittadinanza e ai turisti un peculiare "documento" della cultura materiale e della civiltà contadina del sud d'Italia.

L'intervento di restauro è stato realizzato dalla Ditta LE.GA. S.r.l. di Sternatia (LE); quello di consolidamento dalla Ditta IDROGEO di Lecce, con la consulenza degli ingg. Giuseppe Perrone e Gianni Fonseca. Il progetto e la DD.LL. dall'architetto Antonio Monte e dallo Studio ArkGeo Engineerig S.r.l.-architetto Antonio Mangia e geologo Gianluca Miggiano (Figura 17).

Alla Città di Maglie, l'Osservatorio Urbanistico Tekné e la Città di Calimera gli ha assegnato il "Premio TEKNE' 2014" *Percorsi di formazione in contestualizzazione e fruizione dell'arte urbana* per i lavori di recupero e riqualificazione del trappeto ipogeo.

PROBLEMATICHE DI PROGETTAZIONE E INTERVENTO

RESTAURO DI MANUFATTI ETNOGRAFICI: L'ESPERIENZA DI UN CANTIERE DIDATTICO. RIFLESSIONI SU PROBLEMATICHE ETNOLOGICHE E CONSERVATIVE

Anna Valeria Jervis *, Roberta Bollati, Gaia Delpino***, Antonella Di Giovanni****, Giulia Galotta*****, Lucia Giorgi*****, Elisabeth Huber *****, Marcella Ioele *******

* Restauratore, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236362, annavaleria.jervis@beniculturali.it

** Restauratore, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236609, roberta.bollati@beniculturali.it

*** Demoetnoantropologo, MuCiv, Piazza G. Marconi 14, 00144 Roma, 06 5495220, gaia.delpino@beniculturali.it

**** Restauratore, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236314, antonella.digiovanni@beniculturali.it

***** Biologo, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236615, giulia.galotta@beniculturali.it

***** Chimico, 334 3870177, giorgilucia89@gmail.com

***** Restauratore, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236327, elisabeth.huber@beniculturali.it

***** Chimico, ISCR, Via San Michele 25, 00153 Roma, 06 67236312, marcella.ioele@beniculturali.it

Abstract

Il presente articolo nasce dallo studio e dall'attività di restauro svolte al Museo delle Civiltà nel corso del cantiere didattico per gli studenti del IV anno del Percorso Formativo 4 della Scuola di Alta Formazione dell'ISCR nell'anno accademico 2017/2018. Il restauro ha riguardato quattro manufatti africani: una gerla Somali, uno sgabello Bamileke, un'arpa Zande e uno scudo Maasai. Si tratta di oggetti prodotti in epoche diverse, polimerici e parte delle collezioni africane del Museo Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini". Nel contributo ci si sofferma in particolare sul lavoro eseguito sullo scudo Maasai, che costituisce un esempio significativo di come nell'ambito di un processo di restauro, mediante un attento studio multidisciplinare che ha coinvolto restauratori, chimici, biologi ed etnologi, si riesca a comprendere e ricostruire tutta la storia di un manufatto, in questo caso non solo della sua produzione ed uso ma anche del processo di "esoticizzazione", subito dopo il suo ingresso nelle collezioni del museo etnografico.

Introduzione

Nel settembre e ottobre del 2018 si è svolto, presso il Museo delle Civiltà di Roma, un cantiere didattico per gli studenti del IV anno del Percorso Formativo 4 della Scuola di Alta Formazione dell'ISCR [1]. In accordo con il personale del Museo sono stati scelti, per l'attività didattica, quattro manufatti della collezione africana del Museo Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini":

- Una gerla in legno, fibre vegetali e pelle, con il relativo vaso in fibre vegetali, proveniente dalla Somalia meridionale;
- Un'arpa in legno, pergamena e fibre vegetali di produzione Zande, proveniente dalla Repubblica Democratica del Congo;
- Un seggio (sgabello) in legno, fibre vegetali e perle vitree di produzione Bamileké, proveniente dal Camerun;
- Uno scudo in legno e cuoio dipinto di produzione Maasai, proveniente dal Kenia.

Fin dall'osservazione preliminare è risultata evidente la necessità di approfondire la conoscenza dei materiali costitutivi e delle tecnologie di fabbricazione di questi oggetti polimerici. Diversamente dai manufatti realizzati in ambito europeo secondo tecniche tradizionali, non è stato però possibile basarsi su un patrimonio di conoscenze storicamente codificate, generalmente rintracciabile nelle fonti bibliografiche. Nel nostro caso la letteratura specialistica è stata preziosa ma le informazioni ricavate abbastanza scarse, per cui l'osservazione diretta e le indagini scientifiche hanno acquisito - se possibile - un rilievo ancora più significativo. Per i manufatti in cuoio, ad esempio, tramite le indagini scientifiche è stato possibile determinare il tipo di concia e le sostanze impiegate per la finitura della pelle, nonché il suo stato di conservazione. Per i manufatti lignei sono stati analizzati e individuati i diversi tipi di legno impiegati. È stata inoltre riconosciuta l'esigenza di rispettare le tracce dovute all'uso sui beni oggetto di questo intervento: esse possono infatti aver contribuito in maniera significativa a determinarne l'aspetto attuale ed anche a darne prova di autenticità, intendendo con questo termine l'uso dell'oggetto per le finalità per cui è stato ideato e costruito all'interno di una società. Da qui il tentativo, talvolta problematico, di riconoscerle con chiarezza. Nel caso di tre dei quattro oggetti, essendo stati acquisiti al Museo all'inizio dello scorso secolo, è stato inoltre necessario investigare gli interventi conservativi precedenti, effettuati secondo criteri che differiscono dai principi di reversibilità e rigore filologico praticati oggi.

Pur presentando tutti e quattro i manufatti coinvolti nel cantiere didattico, il contributo intende concentrarsi principalmente sullo scudo Maasai, entrando in modo approfondito nel merito delle caratteristiche individuate sulla base dell'osservazione e delle analisi scientifiche, e delle scelte che ne sono conseguite per il restauro. La diagnostica e le prime fasi della pulitura sono state orientate al riconoscimento dei materiali sovrammessi e alla loro parziale rimozione. È stato inoltre possibile individuare le tracce di interventi pittorici che si situano cronologicamente, con ogni probabilità, entro qualche decennio successivo all'acquisizione dell'oggetto, il cui aspetto sarebbe stato quindi modificato in maniera significativa, secondo una visione della cultura di appartenenza peculiare di tale periodo storico.

Gerla con vaso (Somalia), N. inv. 89796-89797

Il vaso e la gerla (Figg. 1 e 2), prodotti delle capacità artigianali delle popolazioni Somali e raccolti da Gherardo Pantano, sono entrati nel Museo delle Civiltà - Museo Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini" nel 1910. Questo tipo di contenitore era utilizzato per trasportare prodotti alimentari, nello specifico latte o burro [2].

Il vaso, di forma ovoidale, e il coperchio, emisferico, sono realizzati in fibre vegetali ritorte e intrecciate. La superficie esterna del vaso è tripartita da due fasce delle stesse fibre, il piede è ad anello. Il coperchio, decorato da due corone di conchiglie (*cauri*) [3], ha la parte sommitale realizzata con un disco a spirale forato al centro. Sia il vaso che il coperchio sono rivestiti internamente di una miscela di fango, grasso e sterco di bue o cammello per renderli impermeabili: l'analisi FTIR [4] del materiale nero prelevato dall'interno del vaso, ha infatti messo in evidenza la presenza di materiale proteico (riconducibile allo sterco), materiale allumino-silicatico (riconducibile a fango argilloso) e materiale grasso, ovvero acido grasso libero.

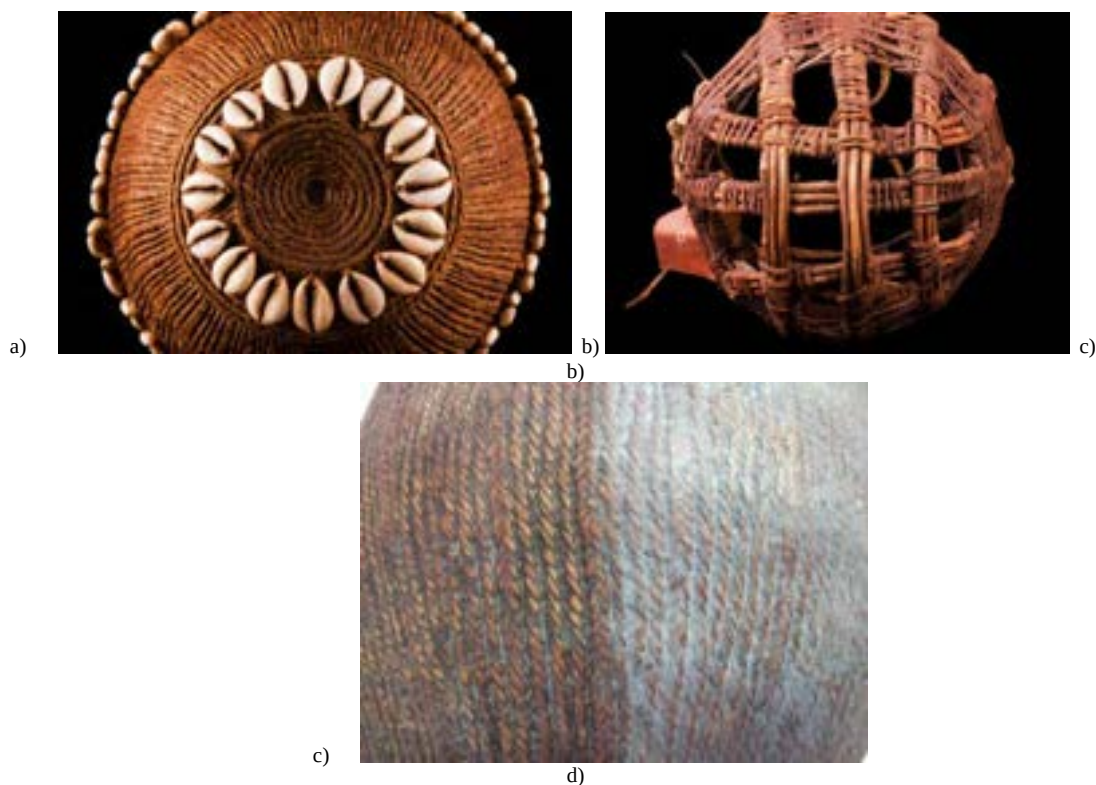


Figura 1. Particolari del coperchio (a), della gerla (b) e del vaso in corso di pulitura, dopo la rimozione dei depositi nella metà sinistra (c).

La gerla è ottenuta intrecciando fettucce di pelle, non conciata [5], ad una armatura lignea (Fig. 2c) [6]. Questa è costituita da sei montanti strutturali, formati da tre verghe ciascuno, che a metà della loro lunghezza sono curvati per creare il fondo della gerla, per poi risalire dal lato opposto. Tutte le estremità dei montanti sono legati ad un cerchio, anch'esso sagomato con tre verghe. Sulla superficie del legno dell'armatura si ipotizza la presenza di una sostanza colorante bruno rossiccia, probabilmente stesa per omogeneizzare cromaticamente i diversi elementi costitutivi. Sul cerchio sono presenti due asole in pelle, all'interno delle quali passa una treccia a sette capi che serve ad assicurare alla gerla il coperchio del vaso. Ad un montante, infine, è legata un'altra treccia a sette capi forse utilizzata per il trasporto.



Figura 2. I tre elementi che compongono la gerla: separati (a) e assemblati (b). Sezione sottile trasversale del legno delle verghe (c).

Stato di conservazione. La superficie del vaso e del coperchio era interessata, in maniera diffusa, da depositi incoerenti e da una sostanza grassa di colore grigio penetrata all'interno delle cavità dell'intreccio vegetale. La combinazione di analisi FTIR e XRF su questa porzione ha messo in evidenza grasso parzialmente saponificato, carbonato di calcio e fosfolipidi, riconducibili a un probabile trattamento con grasso di cervello animale, emulsionato con calce.

I problemi conservativi più evidenti erano costituiti da irrigidimenti e deformazioni delle fettucce di pelle dell'intreccio e della tracolla, causate da erronee posizioni mantenute nel tempo; analogo problema è stato rilevato per le fibre vegetali del piede del vaso. Evidenti erano le lacune su entrambi gli oggetti: metà piede era mancante, così come parte del materiale di rivestimento interno del vaso, mentre l'armatura lignea della gerla presentava lacune e fessurazioni.

Restauro. Data la fragilità e delicatezza dei diversi materiali costitutivi, la scelta del metodo di intervento è avvenuta in seguito a prove di puliture a secco e con soluzioni acquose con tempi di contatto molto brevi. I depositi incoerenti e coerenti sono stati rimossi con microaspiratori e spugne [7] usate a secco, mentre per i depositi più grassi e adesivi si è ricorsi all'ausilio di tensioattivi non ionici in soluzione acquosa [8]. Le fibre vegetali deformate sono state rimesse in forma e fatte aderire con una miscela di etere cellulosico ed etilen-vinil-acetato in emulsione [9]; le fettucce slegate sono state anch'esse rimesse in forma e fissate al supporto.

Arpa (Congo), N. inv. 76015

L'arpa (kundi) (Fig. 3a), manufatto della popolazione Zande (abitante nell'area compresa nel Bacino del Uele, nella Repubblica Democratica del Congo), risale alla fine del XIX secolo/inizio del XX secolo. Raccolto da Italo Gentilucci, questo strumento musicale, assai diffuso in Africa Centrale, è entrato a far parte della collezione Africa del Museo Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini" nel 1906.

Suonata sia da donne che da uomini nel corso di canti epici, satirici e d'amore, l'arpa tra gli azande (plurale di zande) era sempre accompagnata dal suono più acuto o grave di un'altra. Questo manufatto era il prodotto delle capacità del liutaio e di quelle dell'intagliatore della testa che caratterizza l'estremità del manico di questi strumenti e che presenta stili diversi a seconda della zona di provenienza.

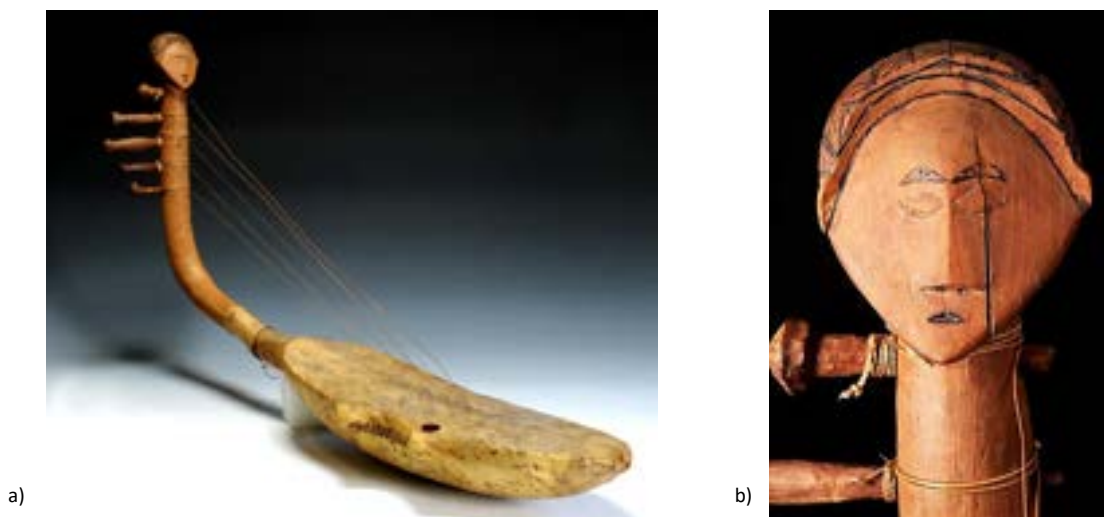


Figura 3. Arpa a restauro concluso (a); dettaglio dell'estremità antropomorfa del manico (b).

L'oggetto è composto da una cassa di risonanza ovoidale in legno [10] interamente ricoperta da pergamena forata in due punti, da cinque corde, costituite ciascuna da una singola fibra vegetale non ritorta né intrecciata, e da un manico in legno [11] ricurvo terminante in una testa antropomorfa maschile scolpita e incisa con una punta arroventata (Fig. 3b). Subito sotto alla testa vi sono cinque fori per l'incastro di altrettante chiavi [12], necessarie per accordare lo strumento e tenere le corde alla giusta tensione per poterlo suonare. Le corde sono vincolate da un lato alla cassa di risonanza attraverso fori praticati nella pergamena, dall'altro sono avvolte intorno alle chiavi all'estremità del manico.

Lo strumento veniva suonato poggiando la cassa di risonanza al ventre del suonatore, in modo da poter pizzicare le corde con le dita di entrambe le mani. Dato il numero limitato di corde le note prodotte potevano essere poche (in questo caso cinque); questo suggerisce che il musicista usasse l'arpa non tanto per suonare una melodia, quanto per accompagnare ritmicamente un canto.

Stato di conservazione. L'oggetto appariva complessivamente in discreto stato di conservazione. Il degrado maggiore interessava le corde, che in alcuni punti erano indebolite e spezzate, in particolare in prossimità delle chiavi intorno alle quali erano avvolte, con conseguente stress meccanico a carico delle fibre. Le corde non erano inoltre montate correttamente sulle rispettive chiavi le quali, a loro volta, sono in parte di fabbricazione successiva, essendo diverse tra loro, mentre su altre arpe dello stesso tipo [13] sono uguali. Due delle chiavi ci sono pervenute spezzate. La superficie dello strumento risultava inoltre uniformemente ricoperta da depositi polverosi coerenti.

Restauro. Sono state effettuate diverse prove di pulitura di tipo chimico al fine di eliminare lo strato di depositi grassi coerenti, valutando modalità di applicazione e tempi di contatto. Le parti in legno sono state pulite con *smoke sponge* [14] leggermente inumidita, mentre per la pergamena è stata impiegata la miscela a bassa polarità CL2 [15].

La chiave spezzata è stata reintegrata con legno di balsa, accordato cromaticamente e applicato con resina acrilica [16]. La linea di congiunzione è stata stuccata con resina epossidica Balsite [17] opportunamente pigmentata.

Avendo riscontrato nelle corde diversi punti di fragilità, è stato eseguito un attento lavoro di rinforzo con segmenti di filo di nylon [18] che dal lato del manico è stato avvolto alle chiavi. Sono stati evitati i nodi per evitare punti di tensione e di stress. Infine è stato predisposto un supporto temporaneo per garantire che la manipolazione del manufatto in deposito avvenga in sicurezza.

Seggio (Camerun), N. inv. 87628

Il seggio (Fig. 4a) è stato prodotto in Camerun dalla cultura Bamileké nella seconda metà del XX secolo ed è entrato a far parte delle collezioni del Museo Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini" a seguito di un sequestro nel 1992. Per seggio si intende uno sgabello scolpito in un solo blocco di legno; già in epoche antiche in alcune società dell'Africa il suo uso in pubblico era associato al rango e all'autorità a tutti i livelli. Il seggio personale del capofamiglia, dell'anziano/a, del capo del villaggio o della città e del sovrano è in intimo e permanente contatto con il corpo dell'autorità e quindi con la forza intrinseca associata al potere, tanto da divenirne ricettacolo. Ancora oggi

questi sgabelli sono rivestiti di questo valore sacrale-politico, pertanto anche gli esemplari di manifattura contemporanea vanno considerati autentici, non mere copie, prive di uso, di oggetti del passato.

L'altezza è di 43,5 cm mentre il diametro della base, di poco maggiore di quello della seduta, è di 46 cm. La forma, nell'insieme, è assimilabile ad un cilindro, con un disco per la seduta e un anello di base; tra questi due elementi, in corrispondenza di un altro anello più piccolo, sono scolpiti i musci di tre animali totemici a tutto tondo. L'assenza di giunzioni fa presupporre che, come di norma [19], lo sgabello sia stato intagliato da un unico tronco ligneo. La struttura non è a vista ma completamente rivestita di tela, cucita e resa coerente per mezzo di un impasto a base di minerali argillosi e adesivo vinilico. Sulle superfici esterne della tela sono fissati fili di perline in vetro dalle cromie sgargianti, a motivi geometrici per i due dischi superiore ed inferiore, mentre i musci animali sono stati connotati cromaticamente, in maniera più vivace, con perline più minute rosse, bianche, nere e gialle. Le analisi condotte sullo sgabello hanno confermato la manifattura moderna dell'oggetto in esame: la maltina al di sotto della seduta è infatti composta da materiale argilloso e PVA (entrato in uso dal 1960), e le perline vitree presentano cromofori moderni (come ad esempio il solfoselenuro di cadmio CdS-Se).

Stato di conservazione e restauro. Lo sgabello ci è pervenuto ricoperto da consistenti depositi incoerenti, tra cui ragnatele, ma anche da strati di sporco grasso intrappolato tra i fili di perline. La loro rimozione, che ha richiesto l'uso di un microaspiratore, è stata eseguita dopo aver garantito il fissaggio dei fili non più vincolati alla tela di supporto. La pulitura è proseguita con etanolo a tampone e micro spazzolini, e la stessa procedura è stata adottata per le aree con il solo tessuto.

Una criticità era rappresentata dal distacco dalla tela dei fili di cotone perlinati, cui era conseguita la perdita di diverse perline e la frattura di altre. Per consolidare le perline fratturate e per incollare al tessuto sottostante quelle isolate è stato utilizzato un adesivo acrilico [20]. Questo puntuale lavoro di consolidamento non sarebbe però stato sufficiente per la parte dello sgabello più sollecitata dall'uso, ovvero la fascia corrispondente allo spessore della seduta, che presentava numerosi fili spezzati o mancanti della necessaria tensione. Il loro fissaggio (Fig. 4b) è stato realizzato per mezzo di nuove cuciture e fermature, eseguite con filo di poliestere [21] con l'ausilio di aghi di diverse misure, diritti o ricurvi.

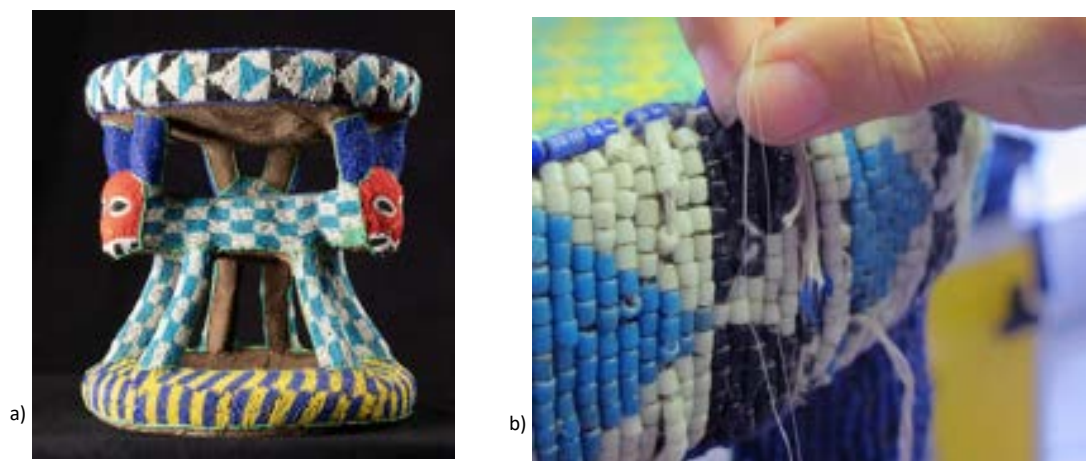


Figura 4. Sgabello regale a restauro concluso (a); particolare durante il fissaggio dei fili perlinati (b).

Scudo Maasai (Kenia), N. inv. 31008

Prodotto all'interno di una società Maasai, popolazione divisa tra gli attuali Kenya e Tanzania, lo scudo (Fig. 5) è stato acquisito nel 1886 dal Regio Museo Preistorico Etnografico sotto la direzione del suo fondatore Luigi Pigorini. Parte delle collezioni di Antonio Cecchi, questo manufatto risale verosimilmente alla seconda metà del XIX secolo, quando esploratori italiani ed europei penetrarono all'interno dell'Africa per compiere esplorazioni geografiche che poi portarono, tra l'altro, alla spartizione coloniale del continente africano. Negli stessi anni Luigi Pigorini diede avvio ad una campagna volta ad arricchire le collezioni etnografiche del neoistituito museo (1875): geografi, militari, esploratori e missionari furono invitati a radunare (e a cedere) quanti più oggetti possibili nel corso delle proprie viaggi e missioni in paesi extraeuropei così come furono incentivati a documentare le tecniche di manifattura, i nomi locali e gli usi degli stessi.



Di forma oblunga, lo scudo è costituito da una struttura perimetrale in legno alla quale è ancorato, tramite legatura con fettuccia in pelle, il piatto in cuoio. È dotato sul verso di una bacchetta di legno che lo sostiene longitudinalmente, dotata di un'incurvatura, che costituisce l'impugnatura, nella parte centrale. Da essa partono due legacci in pelle, originariamente fissati uno in alto e l'altro in basso, che hanno perso la loro funzionalità ma che, tensionati, servivano a conferire allo scudo la caratteristica curvatura.

All'impugnatura corrisponde, al centro del piatto, un rigonfiamento di forma ovale, a mo' di umbone. La superficie esterna presenta una decorazione policroma in rosso, grigio e nero, impostata secondo forme simmetriche lungo l'asse longitudinale. Ai lati della cucitura in pelle che assicura, sul

verso, la bacchetta al piatto, sono dipinte due strisce in colore rosso.

Figura 5. Scudo Maasai dopo il restauro, fronte e retro.

Le due metà del piatto sono decorate con fasce ad arco speculari, dipinte in nero e definite esternamente da linee grigie. Il perimetro dello scudo, in prossimità della cucitura, è definito da una linea di colore rosso più chiaro. Sono inoltre presenti decorazioni non simmetriche e non geometriche di colore bianco-crema.

A causa dell'esiguità delle informazioni di partenza l'esame, lo studio ed il restauro di questo manufatto hanno costituito percorsi intrecciati fra loro, che possono essere riassunti e sintetizzati in tre principali quesiti, intorno ai quali si sono dipanati la ricerca e il dibattito con gli studenti, fino alle scelte conservative.

Identificazione delle sostanze concianti. Il primo quesito ha riguardato l'identificazione della tecnica di lavorazione delle diverse pelli impiegate. Secondo la letteratura, la tecnica di concia tradizionalmente diffusa presso i Maasai ed altre popolazioni dell'Africa orientale come gli Amhara, è a base di sostanze grasse. In una serie di immagini pubblicate recentemente sul web [22] che illustrano la fabbricazione di uno scudo Maasai, l'animale (un bovino domestico) viene scuoiato, la pelle inchiodata al suolo, ricoperta di terra e fatta essiccare, senza applicazione di materiali concianti. L'asciugatura di una pelle non conciata provoca il collasso e l'adesione delle fibre di collagene le une alle altre, dando luogo ad un materiale rigido e duro, ovvero dotato di caratteristiche idonee a questo tipo di impiego.

Per l'identificazione di un eventuale conciante sono state innanzi tutto effettuate analisi microchimiche per l'individuazione dei tannini [23], che hanno dato risultato negativo per tutte le parti in pelle dello scudo. Questo ha consentito di escludere procedimenti di concia al vegetale. La successiva osservazione, al microscopio in luce UV, della superficie della pelle dal recto del piatto ha permesso di rilevare, all'interno della struttura fibrosa, una fluorescenza giallina tipica delle sostanze grasse. L'analisi FTIR [24] dell'estratto in etere di petrolio a caldo di un prelievo di pelle ha permesso di caratterizzare la presenza di una sostanza lipidica associabile ad un grasso animale (Fig. 6a). La localizzazione del prelievo, al di sotto della superficie della pelle, consente di affermare con un buon margine di sicurezza che tale sostanza sia da riferire ad un trattamento di concia, e non ad uno strato sovrapposto. Sulla superficie del campione di cuoio prelevato è stato inoltre individuato uno strato avente una debole fluorescenza bluastra, identificato mediante FTIR come colla animale. Le analisi di preparati di fibre al microscopio ottico per la determinazione della temperatura di contrazione hanno messo in evidenza fibre corte, tozze e parzialmente gelatinizzate, non evidenziando fenomeni di contrazione residui (Fig. 6b). Pertanto la pelle dello scudo, sottoposta a concia grassa, è stata probabilmente modellata a caldo, forse con l'aggiunta di colle. I lacci di raccordo tra il piatto e gli elementi lignei sono tradizionalmente in pelle di capra non conciata, anch'essa ingrassata. I residui di pelo visibili in alcuni punti attestano la rasatura, anziché la depilazione della pelle stessa.

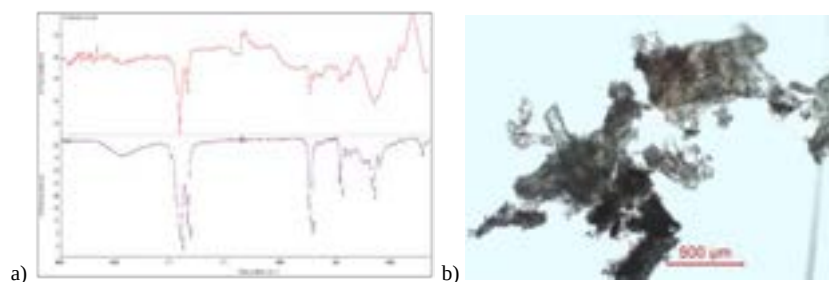


Figura 6. Spettro FTIR dell'estratto, con etere di petrolio, del cuoio del corpo dello scudo a confronto con riferimento di grasso animale (sego) (a);

Fibre di cuoio gelatinizzate durante la misura della temperatura di contrazione (b).

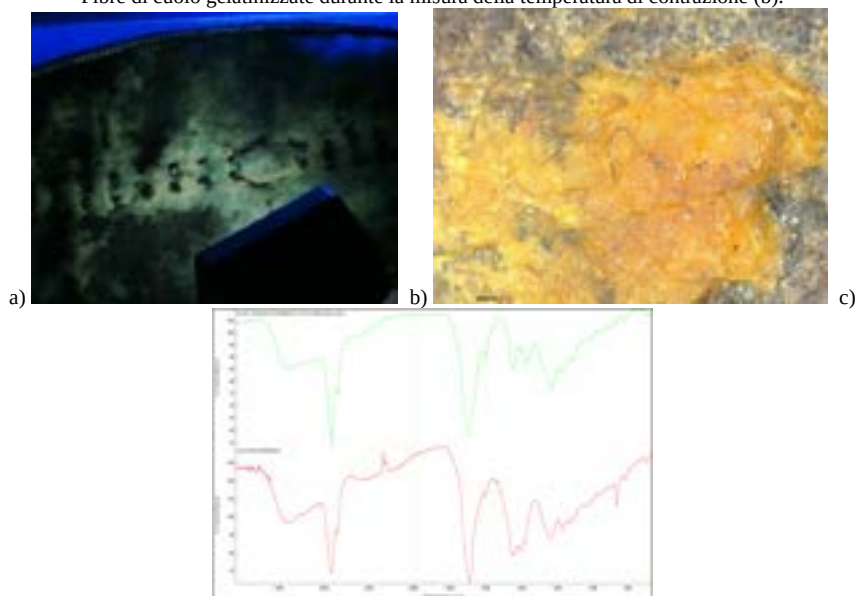


Figura 7. Sostanza sovrammessa dalla fluorescenza gialla: immagine in luce UV della porzione superficiale dello scudo (a); immagine al microscopio Dino-lite (60x) (b); spettro FTIR a confronto con spettro di riferimento di resina terpenica (colofonia) (c).

Riconoscimento degli strati superficiali del piatto dello scudo e decisioni in merito alla pulitura. La superficie decorata del piatto appariva disomogenea e di difficile lettura per la presenza di uno strato superficiale assai offuscato; una sostanza analoga, dall'aspetto resinoso, ma ancora più spessa e assai ingiallita, ne ricopriva anche il verso. In luce UV, in corrispondenza dello strato sovrammesso, era possibile riscontrare un'intensa fluorescenza gialla (Fig. 7a). Testimonianze e letteratura non menzionano, per gli scudi Maasai, la consuetudine di applicare vernici o strati protettivi: ci si è quindi domandati se fosse possibile determinare, per lo strato in questione, l'eventuale originalità o, viceversa, la sua posterità, in modo eventualmente da rimuoverlo. L'analisi FTIR di campioni prelevati sia dal recto che dal verso hanno permesso di caratterizzare la sostanza applicata sull'intero scudo come una resina terpenica, assimilabile a colofonia (Fig. 7c) [25].

Pulitura. Innanzitutto si è proceduto ad una prima rimozione dei depositi superficiali per mezzo di *smoke sponge* inumidita con acqua deionizzata. Dopo la rimozione dei depositi coerenti ed incoerenti è stato possibile verificare, per mezzo di micro immagini riprese al Dino-lite, che la policromia sottostante la resina non era intatta: questo dato indicava pertanto un'usura precedente alla stesura della resina, la cui pertinenza ad un intervento successivo è stata così accertata. Si è quindi proceduto con ulteriori due passaggi di pulitura: l'intera superficie dello scudo, sia sul recto che sul verso, è stata inizialmente pulita con un'emulsione a bassa polarità, la CL 2 che, senza rimuovere la resina, le ha restituito uniformità ed indice di rifrazione costante, rendendo possibile una migliore lettura della decorazione sottostante. Successivamente la resina è stata completamente rimossa per mezzo di una miscela ternaria [26] e la superficie risciacquata con acqua deionizzata a tampone ben strizzato.

Riconoscimento delle stesure pittoriche. La letteratura [27] dà indicazioni sulla scelta dei coloranti: sangue bovino (avente anche funzione di legante), terre e coloranti vegetali per il rosso, scorze carbonizzate di zucca per il nero, calcare frantumato per il bianco. Alcuni di questi dati sono stati confermati dall'analisi XRF, che ha evidenziato il calcio, riconducibile a carbonato di calcio nelle zone grigie e ferro, riconducibile a terre, nelle zone rosse. Silicio e alluminio, riconducibili a materiali argillosi, sono stati riscontrati in più punti. Il dato che è risultato inoltre significativo è la presenza di bianco di titanio in corrispondenza dei rossi: poiché il bianco di titanio ha trovato diffusione, come pigmento, a partire dal 1920, si ipotizza un rimaneggiamento posteriore dell'oggetto. Lo scudo

risale probabilmente, come già detto, alla seconda metà del XIX secolo; dall'analisi eseguita si evince pertanto che nel corso della sua storia museale sia avvenuta una ripresa della decorazione e in particolare delle linee tracciate in rosso, con una stesura pittorica contenente ocra rossa e bianco di titanio.

Un discorso a parte meritano le decorazioni di colore bianco-crema presenti in diversi punti (Fig. 8), non pertinenti all'organizzazione geometrica e simmetrica della restante decorazione. Esse sono, dal punto di vista stilistico, completamente difformi rispetto alla tradizionale decorazione degli scudi Maasai, i cui elementi decorativi sono strettamente collegati con l'organizzazione spaziale dello scudo rispetto alla sua linea mediana longitudinale. Quale può essere il loro significato?

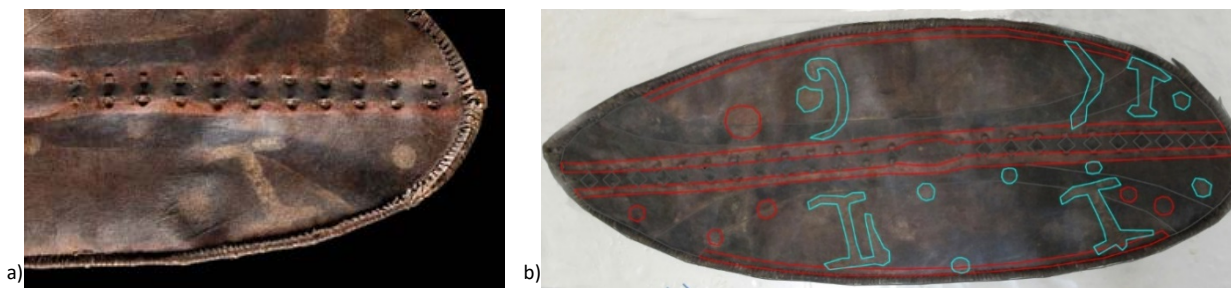


Figura 8. Particolare (a) e schema (b) delle decorazioni non simmetriche.

Il carbonato di calcio, riscontrato per mezzo dell'XRF in corrispondenza di tali decorazioni, non ne prova la posterità; si ritiene tuttavia probabile, su base stilistica, che anche nella realizzazione di queste decorazioni l'oggetto sia stato rimaneggiato in un'epoca successiva alla sua fabbricazione, quando era ormai musealizzato. In tale occasione vi sarebbero stati tracciati elementi decorativi assolutamente non pertinenti alla cultura di origine, piuttosto, si ipotizza, rispondenti ad una visione stereotipata, marcatamente europea, di quale dovesse essere il carattere di un oggetto di provenienza africana, secondo un intento di "tribalizzazione" dell'oggetto stesso. Il periodo storico è, del resto, quello compreso tra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento quando, nelle esposizioni internazionali prima e nei musei etnografici poi, si compivano raffigurazioni dell'Altro extraeuropeo volte a sottolinearne l'esotismo. Si trattava di rappresentazioni e narrazioni che a volte ne enfatizzavano aspetti animaleschi e di ferocia, altre volte di ingenuità o, ancora, di erotismo estremo o di indolenza, solo per citare alcune tra le tante caratteristiche stereotipate attribuite nel tempo agli africani.

Ulteriori informazioni sull'intervento di restauro. Le parti in legno sono state anch'esse sottoposte a una blanda pulitura meccanica e chimica e le lacune reintegrabili sono state colmate sottolivello con stucco acrilico caricato con microsferi di vetro [28], adeguato cromaticamente all'originale. Le fettucce perimetrali e di ancoraggio, dopo essere state pulite con *smoke sponge* inumidita e, ove necessario, con la miscela ternaria utilizzata per il piatto dello scudo, sono state reintegrate con segmenti di pelle di capra conciata all'allume, fatta aderire con una miscela di etere cellulosico e etilen-vinil-acetato. Successivamente è stata eseguita un'equilibratura cromatica di tali integrazioni.

Infine, data la presenza di disomogeneità cromatiche, la superficie dello scudo è stata sottoposta ad un ritocco pittorico ad acquerello, eseguito con il principale intento di riequilibrare il fondo bruno e restituire compattezza visiva all'oggetto. Le aggiunte decorative di colore chiaro, ormai storicizzate, sono state rispettate. L'omogeneità del grado di lucentezza raggiunto con la pulitura, l'assenza di sbiancamenti e la buona coesione dello strato pittorico sono risultate soddisfacenti: pertanto è stato scelto di non verniciare la superficie.

Conclusioni

Secondo la tradizione della SAF dell'ISCR, protagonisti del cantiere didattico sono stati gli studenti: l'affiancamento da parte dei docenti ha contribuito a rendere il percorso decisionale ragionato e condiviso. Nonostante la complessità di materiali, tecniche e vicende storiche dei quattro manufatti si è voluto progettare, effettuare e condurre a termine il restauro entro un arco di tempo limitato, in modo da affrontare con gli allievi un'ampia gamma di problematiche conservative. Un messaggio importante trasmesso agli studenti è che, per comprendere appieno gli oggetti e progettare il restauro di cui necessitano, è necessario individuare le tecniche di produzione dei manufatti e l'uso che ne hanno fatto gli uomini nel corso del tempo, anche una volta arrivati in contesti diversi da quelli di appartenenza, come i musei. L'approfondita campagna di indagini scientifiche ha costituito a questo scopo un supporto fondamentale, affinché le soluzioni conservative discendessero, nonostante i limiti di tempo, da uno studio rigoroso.

NOTE

[1] Gruppo di lavoro: Francesca Fabbri (direttore dei lavori); Gaia Delpino (consulente scientifico); Roberta Bollati, Antonella Di Giovanni, Elisabeth Huber, Anna Valeria Jervis (restauratori, docenti, direttori operativi); Giulia Galotta, Marcella Ioele (indagini scientifiche); Edoardo Loliva (documentazione fotografica); Valeria Bellagamba, Raquel Delgado Llata, Christian Pedone, Enrico Maria Sapienza (allievi). Si ringraziano, del Museo delle Civiltà: il direttore Filippo Maria Gambari, la restauratrice Francesca Quarato, la responsabile del deposito Africa Ornella Ercolani ed il personale tutto per la preziosa disponibilità. Si ringraziano Giuseppina Di Giulio e Giovanni Signorini dell'Università degli Studi di Firenze per la collaborazione nel lavoro di determinazione delle specie legnose dei manufatti e Alessia Gozzi per la collaborazione alle indagini chimiche. Un particolare ringraziamento a Silvia Checchi, specializzata in conservazione di manufatti tessili, per la consulenza prestata e la fornitura dei materiali necessari a condurre l'intervento sullo sgabello.

[2] Grottanelli Vinigi, 1965, Abba Osman, 1998.

[3] I cauri hanno svolto la funzione di moneta per secoli in Africa (e non solo); oltre ad avere una valenza decorativa conferivano all'oggetto anche un valore economico.

[4] L'analisi FTIR è stata eseguita sia sul campione tal quale, che sull'estratto in etere di petrolio e in cloroformio a 50°C.

[5] Il test ferrico per la concia al vegetale è negativo.

[6] Determinazione tassonomica delle specie botaniche effettuata con l'ausilio di letteratura specifica e di archivi informatici (<http://insidewood.lib.ncsu.edu>); cfr. inoltre Wheeler, 2011 e Nandi Berti et al., 1988. Le verghe consistono in sottili rami con midollo centrale e tracce di corteccia sulla superficie esterna. Le indagini xilotomiche riconducono ad arbusti appartenenti al genere *Allophylus* sp., famiglia Sapindaceae.

[7] *Make-up sponge* Muji in gomma di nitrile (<https://www.muji.us/store/4945247506730.html>)

[8] Tween 20 all'1%.

[9] Evacon-R e Tylose MH 300P in proporzione 4:1.

[10] Le indagini xilotomiche hanno consentito di individuare l'uso di una specie appartenente al genere *Ficus*, famiglia Moraceae.

[11] Il legno del manico, compatto e a tessitura fine, è risultato appartenente ad una specie appartenente alla famiglia delle Flacourtiaceae, *Caloncoba welwitschii* (Oliv.) Gilg., pianta spontanea dell'Africa centrale.

[12] L'analisi delle peculiarità micro-anatomiche del legno conduce all'identificazione del Padouk Africano, *Pterocarpus soyauxii* Taub., famiglia Fabaceae, specie nativa della Repubblica Democratica del Congo, Gabon, Nigeria, Camerun. È un legno di rilevanza commerciale, molto duro e resistente agli attacchi biologici, comprese le termiti. Pur esistendo diverse specie afferenti al genere *Pterocarpus*, nella costruzione degli strumenti a percussione viene riferito un uso tradizionale quasi esclusivo della specie suddetta, per le presunte caratteristiche di buona risonanza acustica (Orwa 2009).

[13] Si veda a questo proposito: Brincard 1990, pp. 47-49 e AA.VV., 1980, pp. 28-31.

[14] Spugna in lattice vulcanizzato.

[15] Ligroina 89%, tensioattivo Tween 20 1%, acqua deionizzata 10%.

[16] Paraloid® B72, Rohm and Haas.

[17] Balsite, stucco bicomponente a base epossidica della ditta CTS.

[18] Filo da pesca, diametro 0,20 mm.

[19] Wright, 2007, pp.80-81.

[20] Paraloid B 72 diluito al 20%, in peso, in etanolo puro.

[21] Filo poliestere Nm 120/1, del diametro di 0,20 mm.

[22] <http://www.conserventures.org/news/2012/10/31/blood-and-leatherre-creating-the-maasai-war-shield.html>

[23] Test ferrico: aggiunta al campione una goccia di soluzione acquosa di cloruro ferrico al 2%: in presenza di tannini, si forma un complesso dall'intensa colorazione nero-blu.

[24] Estrazione condotta all'interno di una vial con etere di petrolio 40-60°C; seguita da un bagno ad ultrasuoni per 5 minuti e un riscaldamento a 50 °C per 20 minuti. Il residuo estratto è stato posto su una pasticca di KBr e dopo evaporazione del solvente in stufa a 60°C, quindi analizzato tramite FTIR.

[25] Assorbimenti caratteristici a 2929-2855-1698-1457 cm⁻¹; il leggero spostamento del carbonile verso numeri d'onda più alti (1724 cm⁻¹) è attribuibile ai processi di foto-ossidazione della resina, mentre l'assorbimento a 1606 cm⁻¹, presente anche nello spettro di riferimento della resina colofonia, è dovuto alla frazione aromatica (acido deidroabietico), presente nelle resine terpeniche.

[26] Ligroina 48%, acetone 32%, etanolo 20%. Miscela individuata fra tre di analoga composizione, ma in percentuali diverse, con l'ausilio del triangolo dei solventi, ed applicata ad impacco per 5-7 minuti.

[27] Merker, 1910.

[28] *Stuccoforte light* della MaxMayer.

BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV., *Oggetti e ritmi. Strumenti musicali dell'Africa*, Museo Preistorico Etnografico Luigi Pigorini, Roma 1980.
2. AA. VV., *Sièges Africains*, Catalogo della mostra, Paris, Musée National des Arts d'Afrique et d'Océanie, 25 ottobre- 6 gennaio 1994, Réunion des Musées Nationaux Editions, Paris 1994.
3. Abila Osman O., *Somalia. Storia economica e risorse, Società e Tradizioni, Arte e Cultura, Religioni*, ed. Pendragon, Bologna 1998.
4. Brinard M.T., *Afrique : formes sonores*, Réunion des Musées Nationaux Editions, Paris 1990.
5. Grottanelli Vinigi L., *Ethnologica. L'uomo e la civiltà*, Ed. Labor, Milano 1965.
6. Kubik G., *African Music*, in "Journal of the African Music Society", 3,3, 1964, pp. 37-76.
7. Merker, M., *Die Masai. Ethnographische Monographie eines ostafrikanischen Semitenvolkes*, Dietrich Reimer, Berlin 1910.
8. Nardi Berti R., Edlmann Abbate M.L., *Legnami tropicali importati in Italia: anatomia e identificazione*. Vol. I, *Africa*, ed. Ribera, Milano 1988.
9. Northern T., *The Sign of the Leopard. Beaded Art of Cameroon*, The William Benton Museum of Art, Storrs, CT, 1975.
10. Orwa C., *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide*; version 4.0. 2009, <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>.
11. Puoti F., Jervis A.V., Ciabattini R., Cossa E., Di Giovanni A., Giuliani M.R., Guida G., Ioele M., *Studio e restauro di manufatti etnografici: due scudi Amhara in cuoio e metallo del Museo Nazionale Preistorico Etnografico Luigi Pigorini*, in Atti del congresso annuale dell'IGIIC, *Lo Stato dell'arte 14*, L'Aquila 20-22 ottobre 2016, Milano 2016, pp.175-182.
12. Roy, A. (a cura di), *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics*, ed. Feller, New York 1986-97, vol. II, pp.203-204, vol. III, pp. 295-399.
13. Storrs-Fox, D., *Description of Masai Shields and Spears*, in "Journal of the East Africa and Uganda History Society", 1930, pp. 201-202.
14. Wheeler E.A. *Inside Wood, a web resource for hardwood anatomy*, in "IAWA Journal", 2011, 32, 2, pp. 199-211.
15. Wright, M.M., (a cura di), *Ethnographic beadwork. Aspects of Manufacture, Use and Conservation*, Seminar at the National Museum on Merseyside, 22 July 1999, Archetype Publications, London 2007.

IL PROGETTO E IL RESTAURO DELLE TAVOLETTE DA SOFFITTO DEL MUSEO BERNAREGGI DI BERGAMO: DAL RICONOSCIMENTO STORICO CRITICO ALLA VERIFICA DEI MATERIALI INNOVATIVI PER L’INTERVENTO

Laura Paola Gnaccolini*, Valentina Parodi**, Elena Radavelli***, Marco Nicola****

*Storico dell’arte, SABAP per la città metropolitana di Milano, corso Magenta 24, 20123 Milano, 02/86313280;

laurapaola.gnaccolini@beniculturali.it

** Valentina Parodi restauratore, professore Accademia di Belle Arti di Milano e Verona, Accademia di Belle arti di Verona, Via Molinari 5, 37122 Verona, valentina.parodi@accademiabelleartiverona.it

*** Elena Radavelli, restauratore, elenaradavelli@hotmail.com

**** Chimico, Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Torino, Via P. Giuria, 7, 10125 Torino - Adamantio srl, Via Napione 29/A, Torino 10124, nicola@adamantionet.com

Abstract

L’articolo vorrebbe mettere in luce l’iter metodologico seguito per la progettazione e l’esecuzione del restauro delle *nove tavolette da soffitto* di proprietà del Museo Bernareggi di Bergamo. Le opere, spurie, appartenenti ad un soffitto ligneo smembrato, sono state studiate sviluppando un significativo approfondimento storico-critico seguito dalla soprintendenza che ha portato alla contestualizzazione dell’opera e al riconoscimento dell’autore. Un presupposto di tale studio è stato l’individuazione di manufatti dello stesso genere e dello stesso periodo presenti nella città alta di Bergamo, quasi una catalogazione che rappresenta senza dubbio un primo importante passo per la valorizzazione di un manufatto che troppo facilmente viene cancellato o rimosso dalla memoria storico architettonica del suo territorio d’appartenenza. Tale processo ha determinato il riconoscimento del bene e la sua ricollocazione storico-critica, elemento questo che costituisce un presupposto fondamentale per la sopravvivenza del bene stesso. A questo riconoscimento si è affiancato uno studio analitico della tecnica esecutiva che ha portato alla progettazione dell’intervento di restauro vero e proprio. Viste le peculiarità tecnico-materiali delle opere, si è pensato di sperimentare i materiali siliconici - gel e solventi - per sfruttarne alcune peculiari caratteristiche. Nello specifico, prevedendo una pulitura di superficie su un substrato non verniciato e ad alta porosità, si voleva usufruire della stabilità dell’emulsione acquosa gelificata in gel siliconico *Velvesil Plus multisifabile silicone gel®* e verificarne l’interazione con il substrato stesso, in particolare la penetrazione del gel e l’eventuale suo residuo nella materia, con o senza pre-trattamento idrofobizzante mediante *Ciclomethicone D5®*. In particolare si è riflettuto molto sull’azione veicolante che quest’ultimo assume nei confronti del gelificante siliconico con eventuale permanenza di residuo siliceo sottosuperficiale. Per rispondere a tali dubbi, anche in relazione agli studi in questo ambito e fino ad ora pubblicati, abbiamo cercato di sviluppare una procedura di verifica mediante alcune tecniche diagnostiche, in particolare l’XRF e tramite micro campioni in sezione lucida analizzati con SEM-EDS in modalità mapping. I risultati così ottenuti ci permettono di affermare che, attraverso le analisi effettuate, non sono stati riscontrati residui di silicio post trattamento. I dati ricavati, pur essendo limitati al caso in esame e dunque alle procedure di applicazione e rimozione specifiche della metodologia scelta, vorrebbero rappresentare una piccola tappa di verifica di tali materiali che, offrendo potenzialità applicative estremamente importanti nel restauro, necessitano di un approfondimento analitico al fine di poterne fare un uso più consapevole.

Introduzione

Le *nove tavolette da soffitto* oggetto di questo breve contributo (Bergamo, Museo Diocesano “A. Bernareggi”) [1] giungono in Museo per donazione nel 1940 da parte della Madre Superiore del Pensionato delle Suore Orsoline di via Porta Dipinta 41 a Bergamo, un edificio d’epoca che dalle poche evidenze rimaste (dei capitelli scolpiti, parte di un antico loggiato) e dalle ricerche di uno storico locale [2] risultava sul finire del XV secolo di proprietà della famiglia Bonghi, pur confinando con le proprietà della famiglia Presopulo Passi. Come usuale per questo genere di opere i soggetti raffigurati sono dame e cavalieri della casata, in vesti dell’epoca, e una serie di *Imperatori*, ritratti in profilo da modelli numismatici o plastici, con lo scopo di esaltare le virtù del committente. Le figure sono realizzate a tempera generalmente senza preparazione, se non una mano di colla, e questa tecnica ne ha fortemente influenzato lo stato di conservazione, piuttosto lacunoso, con diverse cadute che seguono la venatura del legno o si trovano in corrispondenza di suoi eventuali difetti (ad es. grossi nodi). Tutta la serie presenta un’analoga inquadratura architettonica, che consiste in un finto arco a tutto sesto con intradosso cassettonato, impostato su due pilastri laterali, alternativamente in finto marmo (grigio o rosa) o finto cotto. Nei pennacchi degli archi sono coppie di delfini raffrontati a baccelli, cornucopie con elementi vegetali (donna con la cuffietta; donna con acconciatura alla veneziana) oppure semplici fioroni (uomo in profilo). Le figure appaiono su uno sfondo di cielo e vengono ritratte con estremo naturalismo e una certa attenzione alla descrizione di

gioielli e acconciature. L'artista principale utilizza una linea di contorno estremamente mossa, duttile ed espressiva, per rendere i tratti fisionomici: nelle figure ritratte frontalmente si notano una notevole resa volumetrica delle teste, gli occhi dalle palpebre molto in evidenza, il naso diritto, la bocca carnosa luccicante alle due estremità, il mento rotondo ed insieme una grande capacità di differenziare le figure in pochi tratti - l'acconciatura alla veneziana della dama con i capelli raccolti sulla sommità del capo con un nastro e un velo; i capelli mossi lasciati sciolti sulle spalle, con una treccia che gira intorno alla testa per fermare la curiosa acconciatura alata nella giovane bionda; la cuffia rossa impreziosita di stelle bianche trapunte, da cui sfuggono un largo ciuffo laterale e una lunga coda ondulata nella dama in profilo verso sinistra, che indossa un girocollo di perle doppi e castoni e un doppio giro di una sottile collana di perle nere. I due uomini in profilo indossano una berretta rossa, elemento della moda maschile per tutta l'epoca sforzesca, così come l'acconciatura alla moda con i lunghi capelli lisci a sfiorare le spalle e una densa frangia, tratti questi che si ritrovano già in uno splendido ritratto miniato verso il 1474 da Giovan Pietro Birago in uno dei corali per il Duomo vecchio di Brescia [3], ma ricorrono in miniatura e pittura ancora per tutti gli anni Novanta del XV secolo. Proprio al linguaggio di Birago mi parrebbe indirizzare lo stile di queste tavolette, trovandosi efficaci possibilità di confronto per le due dame viste di fronte in diverse figure di Sante dei corali di Brescia [4], che tradiscono il medesimo linguaggio calligrafico ed estremo naturalismo, ma anche certe sgrammaticature espressive. All'artista mi paiono da ricondurre anche i due ritratti maschili già ricordati (si noti la grande capacità di caratterizzazione fisionomica, che lo doveva aver fatto notare alla nobiltà bergamasca già dai tempi del suo ritratto ad affresco di Bartolomeo Colleoni, inserito entro una compagine di cultura attardata (la crocifissione oggi al Luogo Pio Colleoni, dall'Incoronata di Martinengo). Per il Colleoni egli lavora anche come miniatore ad illustrazione proprio del prezioso manoscritto con la *Vita del condottiero* (Bergamo, Biblioteca Angelo Maj), ed è quindi assolutamente plausibile pensare ad un suo soggiorno in città forse nel corso degli anni Ottanta o all'inizio degli anni Novanta,



Figura1. Le nove tavolette da soffitto, visione d'insieme dopo il restauro.



Figura2. Particolare di figura femminile dopo il restauro.

quando queste tavolette plausibilmente si potrebbero collocare [5]. Come in ogni ciclo di decorazione di soffitti anche sembrerebbe presente un aiuto che utilizza un linguaggio meno calligrafico e un modellato più corposo nella figura di *Imperatore* rivolto a sinistra.

Lo studio, la progettazione, il restauro e la verifica.

Le *nove tavolette da soffitto* [6] viste le condizioni conservative, necessitavano di un'accurata rimozione di deposito superficiale coerente, operazione questa resa difficoltosa dalla caratterizzazione della pellicola pittorica di natura lipoproteica, non verniciata e contraddistinta da elevata porosità, quindi intrinsecamente incompatibile con l'ambiente acquoso. Questa peculiare tipologia di policromia si è rivelata pertinente alla sperimentazione poiché costituisce un caso-studio ideale per una *Surface Cleaning* mediante prodotti silicici proposti per la prima volta nel 2009 da R. Wolbers, in quel contesto usati nel trattamento acquoso di opere esclusivamente acriliche e contemporanee [7]. Attraverso uno studio approfondito, mirato ad analizzare preliminarmente sia i materiali costituenti i manufatti che le condizioni conservative in cui questi versavano, abbiamo elaborato una conforme metodologia operativa, tenendo anche in considerazione le interazioni chimico-fisiche tra miscele pulenti e componenti costitutivi. In primis, con il fine di delineare la caratterizzazione materica dei manufatti, sono stati eseguiti dei micro-prelievi in corrispondenza di campiture cromatiche quali architetture, sfondi azzurri e incarnati, ovvero zone contraddistinte da una marcata differenza di porosità superficiale. I campioni, osservati

Strati (dal più interno)	Natura dello strato per correlazione tra microscopia ottica, analisi ESEM/EDS e micro FTIR
A	<u>Strato di preparazione</u> (spessore massimo visibile 22 µm): mescolanza di gesso e gesso emidrato; rari minuscoli granuli di ocre rossa. <u>Impurezze carbonatiche</u> .
B	<u>Strato di preparazione</u> (135-150 µm): gesso biidrato in fini cristalli aciculari (di granulometria simile al gesso nello strato A), accompagnato da una percentuale più bassa di carbonato di calcio e da rari granuli di ocre rossa e di ocre bruna. Lo spettro FTIR evidenzia assorbimenti riconducibili a composti proteici (presumibilmente colla animale).
C	<u>Strato pittorico</u> (7-13 µm): bianco di piombo (biacca) e poco nero carbone. Lo spettro FTIR evidenzia assorbimenti riconducibili a un legante lipoproteico, parzialmente trasformato in <u>ossalati</u> .
D	<u>Strato bruno scuro</u> (2-8 µm): carbonato di calcio e poco nero carbone, accompagnati da pochissima ocre rossa. Gli spettri FTIR delle zone superficiali del campione tal quale evidenziano assorbimenti di gesso, composti proteici e <u>ossalati</u> .
E	<u>Strato bianco - residui</u> (0-2 µm): biacca, gesso e carbonato di calcio. <u>Ossalati</u> .

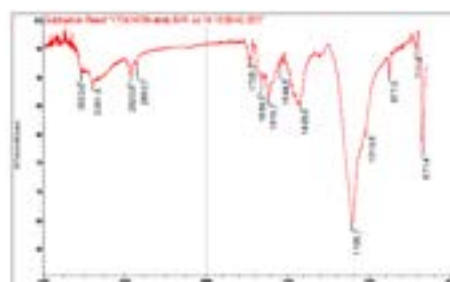


Figure 3 e 4. Analisi microstratigrafica di un campione prelevato da una tavoletta effettuata mediante microscopia ottica, analisi SEM/EDS e micro FTIR.

in microscopia ottica, sono stati sottoposti ad indagini preliminari quali test colorimetrici - *Red Oil*, *Amido Black* - e misurazione dell'angolo di contatto statico, rilevando una forte componente grassa dei film pittorici corrispondenti agli incarnati mentre architetture e sfondi azzurri risultano essere di natura prevalentemente proteica. I risultati conferiti dalle reazioni analitiche - *Riconoscimento delle proteine*- e soprattutto dalla spettrofotometria FTIR eseguita strato per strato sulle sezioni lucide, hanno convalidato tale ipotesi.

Coerentemente con quanto descritto, in fase di studio preliminare sono state eseguite molteplici e circoscritte prove di pulitura, optando in via definitiva per specifiche soluzioni acquose a pH e conducibilità noti [8]. Vista la peculiare caratterizzazione materica dei manufatti e dovendo individuare un'appropriata metodologia di pulitura superficiale, concepita nel rispetto della natura lipoproteica e fortemente porosa del film pittorico, le menzionate soluzioni sono state impiegate in abbinamento ai due prodotti siliconici -*Ciclometicone D5®*, *Velvesil Plus emulsifiable silicone gel®*. Il *Ciclometicone D5®* è un solvente estremamente apolare, utilizzato in fase di pulitura superficiale sia come idrofobizzante temporaneo, in grado di creare vere e proprie barriere idrorepellenti, sia nel risciacquo del gelificante siliconico. L'elevatissima apolarità del Decametilciclopentasilossano, addirittura superiore a quella degli Idrocarburi, può essere giustificata sia dalla peculiare geometria molecolare che dal Parametro di Solubilità di Hildebrand δ , pari a 11.9 e indicante il comportamento di solubilità di uno specifico solvente. Parallelamente il *Velvesil Plus emulsifiable silicone gel®* consta di un gelificante polimerico - creato dall'unione di un polimero siliconico reticolato (*C30-45 Cetearyl Dimethicone Crosspolymer*) e un copolimero polietossilato/polipropossilato (*PEG-PPG 20/23 Dimethicone*) - e di una fase disperdente caratterizzata dallo stesso *Ciclometicone D5®*. Questo gelificante, per la sua duplice natura polare-apolare, può contenere fino al 30% di solventi o soluzioni acquose e si rivela adatto nell'ideazione di macro-emulsioni polimeriche poi rimosse mediante il solvente siliconico citato. La verifica diagnostico-scientifica del trattamento è stata condotta valutando l'interazione tra macro-emulsioni polimeriche gelificate W/O e i materiali costitutivi le opere, testando specificatamente l'applicazione di una soluzione tampone minerale NaOH/H₃PO₄ a pH 7 in *Velvesil Plus emulsifiable silicone gel®* al 16.6% [9], lavorata su pellicole lipoproteiche, preventivamente idrofobizzate mediante *Ciclometicone D5®* [10]. Dal punto di vista esecutivo le miscele elaborate, una volta assunto il tipico aspetto opalescente, sono state applicate sulle cromie mediante pennello a setole morbide, favorendo l'inglobamento dello sporco di deposito mediante leggeri movimenti rotativi del pennello. La rimozione del gel è avvenuta dapprima a secco, impiegando pennelli e tamponcini di cotone asciutti, poi tramite più passaggi (2/3) di *Ciclometicone D5®*.



Figure 5 e 6. Pulitura effettuata tramite soluzione tampone minerale NaOH/H₃PO₄ a pH controllato (7), supportata in *Velvesil Plus®* (20%).
Figura 7. L'emulsione polimerica gelificata ingloba lo sporco di deposito consentendo a cromie e lustrature originali di emergere.

Analisi XRF portatile: XRF Niton XL6t Gold+®

La prima verifica strumentale, atta ad indagare la metodologia applicativa prescelta e quindi le interazioni tra materiali siliconici e substrato [11], è avvenuta mediante l'impiego della fluorescenza a raggi X portatile (XRF), rifacendoci allo studio *“Controllo analitico della rimovibilità del Velvèsil Plus® da un supporto cartaceo”* condotto da S. Volpin nel 2016 [12]. L'indagine quantitativa si è svolta attuando alcune misurazioni su due delle *Nove tavolette da soffitto policrome* mediante lo spettrometro XRF NitonXL6t Gold+® commercializzato dalla Thermo Fisher Scientific Inc. Questo apparecchio portatile è in grado di rilevare gli elementi chimici presenti sulla superficie indagata aventi numero atomico $Z > 12$ cioè dal Magnesio (Mg) in poi, comprendendo quindi anche gli eventuali residui di Silicio (Si) con $Z=14$: *«Da qualche anno esistono in commercio strumentazioni portatili dotate di una sensibilità analitica straordinaria anche nei confronti di elementi medio-leggeri come il Silicio.»* [13]. Tuttavia la tecnica in questione rivela, nel nostro particolare caso, alcune limitazioni. In manufatti dipinti su tela e tavola la penetrazione dei raggi X attraversa tutti gli strati indistintamente. Di conseguenza il Silicio - se individuato - potrebbe essere ricondotto sia ai residui di *Velvèsil Plus emulsifiable silicone gel®* che a qualsiasi altro composto caratterizzante il punto in esame: *«[...] i supporti costituiti da intonaco o legno, avendo elevati spessori ed essendo costituiti da materiali a basso peso atomico (carbonati, silicati e/o fibre cellulosiche) contribuiscono massicciamente ad aumentare la diffusione della radiazione primaria.»* [14]. Per ovviare a tale problematica e ridurre le interferenze derivate dalla lettura del supporto ligneo sono state eseguite alcune puntature sul verso della pettenella in esame, confrontandole poi con i valori corrispondenti alle misurazioni del recto dipinto: *«La caratteristica degli elementi contenuti qualsiasi titolo nel supporto è quella di essere presenti in tutti i punti di misura, indipendentemente dal lorocolore. Pertanto quando si riscontra una situazione ubiquitaria di questo tipo è opportuno effettuare una misura sul retro, oppure, ove ciò non sia possibile, su una situazione neutra sul recto del dipinto, ad esempio una caduta di colore o sul bordo, per avere conferma che l'elemento, o gli elementi ubiquitari, siano effettivamente legati al supporto. In questi punti in genere l'intensità delle righe dell'elemento ubiquitario è maggiore che nelle altre campiture.»* [15].

L'indagine XRF è stata condotta sulla Tav. 5 *foggia maschile* [16] eseguendo quattro distinte puntature in modo da poterne studiare e paragonare i risultati riportati di seguito: la puntatura *n.1* viene effettuata in corrispondenza del solo supporto ligneo non sottoposto a previa pulitura superficiale, sul recto della tavoletta; la puntatura *n.2* viene effettuata in corrispondenza del solo supporto ligneo, sul verso della tavoletta e privo di materiali risalenti agli strati preparatori/pittorici; la puntatura *n.3* viene effettuata in corrispondenza della pellicola pittorica non trattata coincidente allo sfondo architettonico; la puntatura *n.4* viene effettuata in prossimità della pellicola pittorica corrispondente alla cornice esterna rosso/rosa, idrofobizzata tramite *Ciclometicone D5®*, trattata con una macro-emulsione polimerica W/O (soluzione tampone minerale NaOH/H₃PO₄ a pH 7 supportata in *Velvèsil Plus emulsifiable silicone gel®* al 16.6%) applicata e lavorata a pennello per poi effettuare tre lavaggi mediante *Ciclometicone D5®*. Precisiamo che le operazioni di pulitura e risciacquo sono state svolte nella settimana immediatamente precedente l'analisi, favorendo la massima evaporazione del solvente siliconico.

Le puntature *n.1* e *n.2* hanno lo scopo di identificare gli *elementi ubiquitari* presenti nel supporto ligneo, corrispondenti alle entità di Si individuate nel materiale organico e da sottrarre ai valori rilevati nelle puntature *n.3* e *n.4*. I dati ricavati dalla verifica analitica si sono palesati come alquanto rassicuranti poiché la percentuale di Silicio - puntatura *n.4*, 50 count/sec - è perfino inferiore a quella contenuta nello strato preparatorio-pittorico non trattato - puntatura *n.3*, 70 count/sec. Tali dati appaiono ulteriormente trascurabile se confrontati con i valori ottenuti per i supporti cartacei, compresi tra gli 82 ed i 209 count/sec, riportati in letteratura [17].

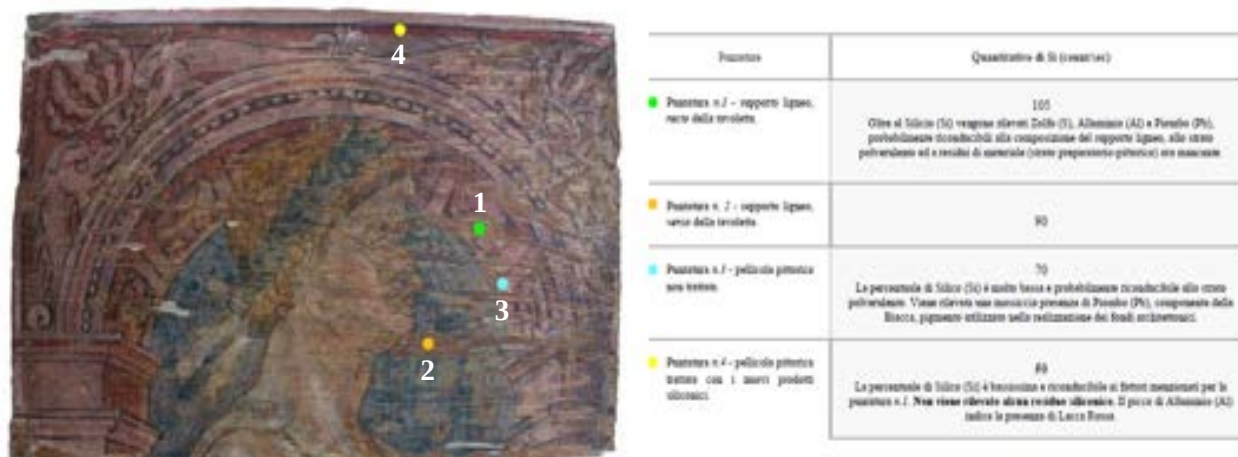


Figure 8 e 9. Puntature effettuate mediante lo spettrofotometro XRF Niton XL6t Gold+® e relativa tabella esplicativa.

Microanalisi SEM-EDS in formato mapping

Due campioni prelevati dall'opera sono stati analizzati per confronto con l'obiettivo di rilevare e localizzare eventuali concentrazioni anomale di silicio che si fossero determinate sul campione trattato con *Ciclomethicone D5®* e *Velvesil Plus®* durante le fasi di pulitura. I due campioni: dopo essere stati inglobati in opportuna resina



Figura 10: Posizione dei punti di prelievo.

ed essere stati levigati perpendicolarmente agli strati, sono stati osservati in luce riflessa visibile. Sulle sezioni si sono quindi acquisite le immagini al microscopio elettronico a scansione con modalità a pressione variabile (XVP-SEM)[18] che permette di operare direttamente sul campione evitando ulteriori manipolazioni e ricoprimenti. Le indagini al SEM sono state abbinate alle analisi con microsonda (XVP-SEM/EDS) per rilevare la composizione elementare dei materiali, e in particolare grazie alla modalità mapping, per visualizzare la distribuzione del silicio sull'immagine della sezione. I campioni, denominati C1 e C2 sono stati prelevati nelle aree indicate in Figura 10, rispettivamente prima e dopo la pulitura con *Ciclomethicone D5®* e *Velvesil Plus®*. In entrambe le mappature del silicio, riportate rispettivamente in Figura 11 e in Figura 12, si evidenziano alte concentrazioni di questo elemento localizzate solo in alcune zone che sono da attribuire a granuli di quarzo o di silicati, di dimensioni più o meno grandi (i più grandi sono parzialmente riconoscibili anche direttamente nella cross-section osservata in luce visibile riflessa). Un sottile strato superficiale contenente silicio sembra essere riconoscibile sul campione prelevato prima della pulitura ed associabile alla presenza di polvere. Mettendo a confronto i due risultati, non si riscontrano differenze apprezzabili né sembrano identificabili nel campione trattato con D5 e Velvesil Plus zone di accumulo anomalo. Il mapping degli altri elementi (non riportato) mostra come siano presenti due strati profondi a base di gesso (presenza di zolfo e calcio) e uno strato superficiale contenente pigmenti a base di piombo. In generale possiamo dire che non sono identificabili residui chiaramente associabili a *Velvesil Plus®* o a solventi siliconici assorbiti o adsorbiti sul substrato.

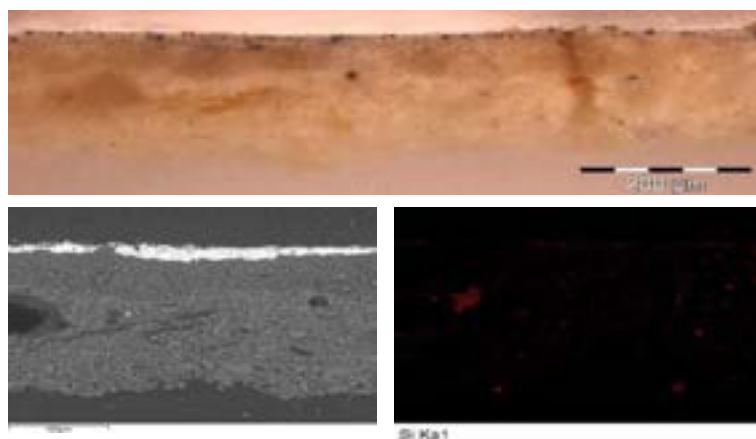


Figura 11. Posizione dei punti di prelievo. Campione C1 - non trattato. In alto cross-section osservata in luce visibile riflessa. In basso a sinistra una parte della stessa cross-section osservata al XVP-SEM/EDS in modalità elettroni retrodiffusi. In basso a destra distribuzione del silicio nella parte esaminata.

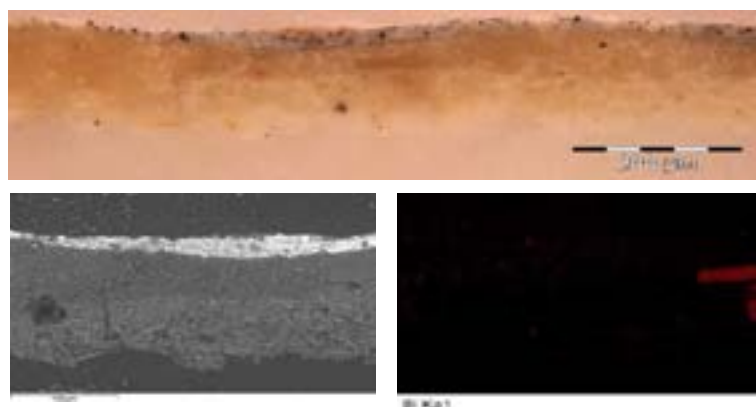


Figura 12. Campione C2 - dopo Velvesil. In alto cross-section osservata in luce visibile riflessa. In basso a sinistra una parte della stessa cross-section osservata al XVP-SEM/EDS in modalità elettroni retrodiffusi. In basso a destra distribuzione del silicio nella parte esaminata.

Conclusioni

Questo breve contributo, vorrebbe illustrare un concreto caso applicativo dei materiali siliconici, preliminarmente studiato in riferimento al tipo di substrato e ai diversi e confacenti parametri, con il chiaro e preciso obiettivo di una verifica strumentale della procedura prescelta e applicata. Il tema è dunque quello della verifica della procedura, sentita come necessità operativa. Lontano dal voler essere un lavoro esaustivo, esso vorrebbe rappresentare un piccolo tassello nel percorso verso la progressiva conoscenza di tali materiali che hanno dimostrato una grande versatilità. Sebbene i risultati ottenuti siano unicamente riferibili ai due punti di prelievo e siano comunque affetti dai limiti di sensibilità degli strumenti di verifica utilizzati, possono comunque concorrere, con altre tecniche, a fornire un possibile strumento di controllo della presenza di significativi residui. Ci si augura che, vista l'indubbia potenzialità, tali materiali continuino ad essere studiati con lavori più estesi, sistematici e statisticamente rilevanti al fine di fornire aggiuntive ed importanti specifiche in relazione all'applicazione sui diversi substrati.

NOTE

[1] Pagnoni Luigi, “*Museo Diocesano di Bergamo. Catalogo*”, Bergamo 1978, p. 10.

[2] Petrò G., “*La vicinia di San Michele al Pozzo Bianco e la casa di Niccolò Bonghi in via Porta Dipinta 41*”, in “*La Rivista di Bergamo*”, 12-13, geni-giugno, pp. 98-101.

[3] Brescia, Pinacoteca Tosio-Martinengo, Antifonario 14D, c. 75v.

[4] Brescia, Pinacoteca Tosio-Martinengo, Antifonario 8D, c. 108r; 12D, c. 40r.

[5] Gnaccolini Laura Paola, “*I corali del Duomo Vecchio di Brescia. Per le fonti di Giovan Pietro Birago e gli sviluppi della sua produzione giovanile*”, in *I corali della Cattedrale: testi, melodie, colori*, atti del convegno di studi [Bergamo, 6-7 giugno 2019], in c. di pubblicazione su “*Bergomum*”.

[6] Le opere sono state oggetto della tesi di laurea di E. Radavelli per il corso di diploma accademico di secondo livello - Ciclo unico quinquennale in Restauro - Dipartimento di arti applicate, Accademia di belle arti di Verona, anno accademico 2016/2017. In quell'occasione si è affrontato un approfondimento storico-iconografico confrontando le *nove tavolette da soffitto* con manufatti appartenenti alla medesima categoria provenienti da cinque diversi soffitti lignei policromi bergamaschi conservati in abitazioni private, permettendone una maggiore contestualizzazione culturale. La ricerca ha anche permesso di approfondire il tema dell'ubicazione originaria, già sollevata dallo storico G. Petrò, ipotizzata nell'unico grande salone presso palazzo Bonghi, attualmente Pensionato delle Suore Orsoline.

[7] In un primo workshop tenutosi al Getty Conservation Institute di Los Angeles nel 2009 Richard Wolbers propone l'utilizzo di solventi siliconici per il trattamento di pitture acriliche, particolarmente alterabili e sensibili a qualsiasi metodo di pulitura, sia esso acquoso o a solvente. L'attenzione rivolta ai solventi siliconici deriva dalle potenzialità che li caratterizza poiché sfruttabili anche nel restauro di opere non contemporanee ed eterogenee. Quest'aspetto viene approfondito da Paolo Cremonesi che nel Febbraio 2016 pubblica *Proprietà ed esempi di utilizzo di materiali siliconici nel restauro dei manufatti artistici*. La pubblicazione tratta di interventi eseguiti su supporti di tipotessile, cartaceo ed infine su manufatti gessosi, tutti poco compatibili con l'ambiente acquoso se non addirittura inconciliabili e soprattutto non necessariamente caratterizzati da resine acriliche.

[8] I valori prescelti sono stati preliminarmente rilevati mediante piaccametro e conduttivimetro. Tutte le varie prove e tutti i rilevamenti, numerosi e differenziati, sono stati condotti grazie all'aiuto indispensabile di Paolo Cremonesi che, oltre a fornirci utili consigli e chiare interpretazioni, ci ha sempre incoraggiate e sostenute, a cui va il nostro sentito ringraziamento.

[9] Confrontando idrocarburi di massima apolarità (Fd 100, secondo il modello dei Parametri Percentuali di Solubilità di J.P. Teas) al D5 P. Cremonesi si domanda come poter quantificare l'ancor più apolare e ricorre al parametro δ , scrivendo «[...] questa differenziazione è possibile: l'Esano ha δ 14.9, il Cyclomethicone D5® ha δ 11.9 (ricordiamo che in questo modello la polarità aumenta con l'aumentare del valore δ)». A cura di Cremonesi Paolo, *Proprietà ed esempi di utilizzo di materiali siliconici nel restauro di manufatti artistici - parte prima*, edizioni il Prato, Padova, 2016, p. 8.

[10] Le prove di pulitura eseguite preliminarmente mediante sistemi gelificati/addensati - soluzione acquosa supportata in Klucel G®, emulsione grassa neutra - applicati sia singolarmente che previo trattamento idrofobizzante, hanno di fatto rivelato considerevoli limitazioni applicative, conducendo ad un risultato poco soddisfacente. Abbiamo pertanto testato le macro-emulsioni polimeriche W/O gelificate in Velvessil Plus emulsifiable silicone gel® al 16.6% alle quali abbiamo conferito, in via definitiva, un valore di pH 6.8 per la pulitura delle architetture, mentre per incarnati e fondi blu manterremo valori neutri (pH 7) attenendoci compiutamente alle grandezze rilevate sulle diverse cromie (Sfondo blu, Incarnato, Architettura). La verifica

strumentale è stata attuata utilizzando quest'ultima miscela. Sottolineiamo che dal punto di vista pratico i numerosi test di pulitura effettuati hanno permesso di risolvere una criticità operativa legata alla stabilità delle macro-emulsioni polimeriche. Abbiamo appurato che la miscelazione manuale delle emulsioni polimeriche W/O gelificante in *Velvesil Plus emulsifiable silicone gel®* comporta - causa il continuo rimestamento mediante pennello - una parziale separazione delle fasi. La semplice risoluzione a tale problematica consiste nell'utilizzo di un miscelatore da cucina, il *Deluxe Cordless Mini Mixer* della *NORPRO®* che, mediante il particolare attacco *Stir*, rende l'emulsione compatta e omogenea. Per la preparazione delle soluzioni tampone minerali neutre ci si è attenuti alla seguente ricetta: in 100 ml di acqua demineralizzata aggiungere 0.5 ml di acido fosforico (acido debole) e idrossido di sodio (base forte) all'1% (preparato aggiungendo 1 ml di idrossido di sodio al 50% in 49 ml d'acqua demineralizzata) unito poco alla volta tramite una pipetta graduata fino al raggiungimento del valore pH desiderato.

[11] Il trattamento idrofobizzante è stato effettuato solo in corrispondenza delle aree sottoposte a verifica strumentale, dovendo verificare l'eventuale residuo silconico sottosuperficiale. In fase di intervento invece, la pre-idrofobizzazione è stata esclusa dalla prassi operativa in quanto non ottimizzava in alcun modo l'applicazione del gel e neppure il risultato della pulitura.

[12] Volpin Stefano, "Controllo analitico della rimovibilità del *Velvesil Plus®* da un supporto cartaceo", a cura di P. Cremonesi, *Proprietà ed esempi di utilizzo di materiali silconici nel restauro di manufatti artistici - parte prima*, edizioni il Prato, Padova, 2016, p. 69.

[13] Ringraziamo il Dott. Stefano Volpin per aver offerto le proprie competenze per noi indispensabili.

[14] Seccaroni Claudio, Moioli Pietro, *Fluorescenza X - Prontuario per l'analisi XRF portatile applicata a superfici policrome*, Collana Arte e Restauro, Nardini Editore, Firenze, 2002, p.31.

[15] *Idem*, p.32.

[16] La tavoletta in questione è stata mantenuta priva di trattamenti conservativi per evitare qualsiasi inquinamento dei dati analitici rilevati mediante spettrofotometria XRF.

[17] Il tema riguardante la permanenza del gelificante silconico è stata affrontata da Stefano Volpin nel caso-studio "Controllo analitico della rimovibilità del *Velvesil Plus®* da un supporto cartaceo" condotto appunto su manufatti cartacei, posti a contatto con entrambi i materiali silconici e successivamente indagati tramite spettrofotometria XRF. InP. Cremonesi (a cura di), *Proprietà ed esempi di utilizzo di materiali silconici nel restauro di manufatti artistici - parte prima*, edizioni il Prato, Padova, 2016, p. 69.

[18] Le analisi sono state condotte dal dott. Alessandro Marelli di Adamantio srl utilizzando un XVP-SEM ZEISS EVO 50 operante con filamento in esaboruro di lantanio (LaB6) lavorando a pressione variabile.

BIBLIOGRAFIA

1. Aldrovandi A., Lalli C., Lanterna G. and Matteini M., "Laser Cleaning: A Study on Greyish Alteration Induced on Non-Patinated Marbles", J. Cult. Herit, 2000, 1(2), p.S55-S60.
2. Angelova L.V., Ormsby B., Richardson E., "Diffusion of water from a range of conservation treatment gels into paint films studied by unilateral NMR: Part I, Acrylic emulsion paint", Microchemical Journal, Volume 124, Elsevier Editore, Gennaio 2016, pp. 311-320.
3. Cremonesi P., "L'uso di tensioattivi e chelanti nella pulitura di opere policrome", Collana i Talenti, edizioni il Prato, Padova, 2004, p.15.
4. Cremonesi P., "Proprietà ed esempi di utilizzo di materiali silconici nel restauro di manufatti artistici parte prima", edizioni il Prato, Padova, 2016, p.8-p.69.
5. Delegou E.T., Avdelidis N.P., Karaviti E. and Moropoulou A., "NDT&E Techniques and SEM-EDS for the Assessment of Cleaning Interventions on Pentelic Marble Surfaces. X-Ray Spectrom", 2008, 37, p. 435-443.
6. Gigante G.E., Ridolfi S. and Ferro D., "Diagnostic Investigations and Statistical Validation of EDXRF Mapping of the Burial Monument of Pope Sixtus IV by Antonio Pollaiuolo (1493) in the Vatican", J. Cult.Herit, 2012, 13(3), p. 345-351.
7. Lanterna G., "L'uso Del SEM Nella Scienza Della Conservazione / The Use of SEM in Science for Conservation", OPD Restauro 1999, 11, p.39-58.
8. Moropoulou A., Zendri E., Ortiz P., Delegou E.T., Ntoutsis I., Balliana E., Becerra J., and Ortiz R., "Scanning Microscopy Techniques as an Assessment Tool of Materials and Interventions for the Protection of Built Cultural Heritage", Scanning, 2019.
9. Rouchon V., Pellizzi E., Duranton M., Vanmeert F. and Janssens K., "Combining XANES, ICP-AES, and SEM/EDS for the Study of Phytate Chelating Treatments Used on Iron Gall Ink Damaged Manuscripts", J. Anal. At. Spectrom, 2011, 26(12), p. 2434-2441.
10. Seccaroni C., Moioli P., "Fluorescenza X - Prontuario per l'analisi XRF portatile applicata a superfici policrome", Collana Arte e Restauro, Nardini Editore, Firenze, 2002, p.4-p.31.
11. Wolbers R., *The Cleaning of Modern paints*. Appuntidel workshop, Lodi, 2014.

MEMORIE DELLA GRANDE GUERRA: IL RESTAURO DEL MONUMENTO IN MURATURA E CEMENTO DEDICATO AI CADUTI DELLA BRIGATA EMILIA. EX CIMITERO MILITARE DI KAMNO, TOLMINO, SLOVENIA

Elisa Melchiorri*, Alice Musarò, Laura Lenzi***, Michele Di Foggia****, Giacomo Bollini*******

*Restauratrice di Beni Culturali, diplomata presso la Scuola di Restauro dell’Accademia di Belle Arti di Bologna, Sasso Marconi (Bo), 333.8078075, elisa.melchiorri@libero.it

** Restauratrice di Beni Culturali, diplomata presso la Scuola di Restauro dell’Accademia di Belle Arti di Bologna, Parma, 329.9731853, alice.musaro@gmail.com

*** Restauratrice di Beni Culturali, diplomata presso la Scuola di Restauro dell’Accademia di Belle Arti di Bologna, Medicina (Bo), 339.1049753, lauralenzi90@gmail.com

**** Docente di Tecniche diagnostiche presso la Scuola di Restauro dell’Accademia di Belle Arti di Bologna, Bologna, 377.9473581, micheledifoggia@gmail.com

***** Storico specializzato sulla Grande Guerra, collaboratore del Museo Civico del Risorgimento di Bologna, 338.6710466, giacomo.bollini@yahoo.it

Abstract

Kamno è una frazione del comune di Tolmino che si trova in Slovenia esattamente a metà strada tra i comuni di Caporetto e Tolmino. Fu teatro di numerose battaglie durante la Grande Guerra tra cui anche quella di Caporetto. Accanto al cimitero civile di questo paese sorse, durante il conflitto mondiale, un grande cimitero militare, dove venivano sepolti i morti recuperati in prima linea o quelli deceduti nelle sezioni di sanità presenti nelle case del paese.

Il camposanto arrivò ad ospitare fino a 1876 sepolture di soldati italiani e 27 di soldati austriaci.

Nei primi mesi del 1916, a ridosso del lato a monte del cimitero, nell’angolo sud-est, fu costruita dai soldati della brigata Emilia (119° e 120° fanteria), una lapide monumentale in malta cementizia modellata in diretta a ricordo dei propri commilitoni caduti e ivi sepolti.

Si tratta di un esempio pregevole di bassorilievo Liberty, oltre ad essere un’opera unica per tecnica esecutiva e tipologica su questo territorio.

La stele versava nel 2015 in pessime condizioni conservative, causate dalla sua ubicazione esterna.

Oltre all’azione meccanica e fisica degli agenti atmosferici, i danni risalgono al forte terremoto del 1976 che ha interessato quei luoghi. L’opera per decenni si è presentata completamente coperta dalla folta vegetazione, che non ne permetteva un’immediata visione dello stato conservativo.

Il lavoro è stato preceduto da ricerche d’archivio e dal reperimento di immagini storiche.

Il restauro, per motivi logistico organizzativi, è stato suddiviso in quattro fasi distinte realizzate tra giugno 2017 e settembre 2018, sotto la sorveglianza dei funzionari dell’Istituto per la tutela dei Beni Culturali di Slovenia prof.ssa Ernesta Drole e dott.ssa Marta Bensa.

La prima fase ha riguardato il consolidamento parziale delle superfici, per preservare i lacerti di modellato originale ancora presenti. In seguito alla fase di messa in sicurezza, è stato concordato con la Soprintendenza slovena la necessità di recuperare una continuità estetico-strutturale dell’opera. Per le integrazioni, si è utilizzata una malta idraulica appositamente studiata a base di calce naturale compatibile con i materiali originali, sia da un punto di vista estetico, che chimico-fisico. Con questa si è proceduto quindi al risarcimento di quelle porzioni di modellato mancanti e ripetitive che necessitavano di essere raccordate ai lacerti della decorazione originale ancora presenti.

A questo punto è stato valutato come intervenire sulle parti figurative perdute, optando per la messa in opera di riproposizioni plastiche semplificate, riconoscibili a distanza ravvicinata evidenziandole con piani ribassati, basate sulle fotografie d’epoca in cui l’opera si presentava ancora integra.

Questo monumento commemorativo, oltre ad essere pregevole opera d’arte, è espressione fisica della memoria e come tale doveva essere nuovamente fruibile per continuare a raccontare una pagina della nostra storia.

Introduzione

Il cimitero Piscicelli di Kamno (Camina) è uno dei tanti cimiteri di guerra che sorsero durante la Grande Guerra nelle primissime retrovie del fronte per seppellire i numerosissimi caduti che venivano portati a valle dalle alture soprastanti il paese, dove correvano le prime linee, e i soldati che morivano nelle sezioni di sanità ospitate nelle case del paese.

Il cimitero nacque accanto a quello civile del paese, a sud dell’abitato, e prese inizialmente il nome di “cimitero della brigata Salerno” a causa dei numerosi caduti di questa brigata che vi furono inizialmente sepolti nei primi mesi del 1915, quando i suoi reparti vennero ripetutamente lanciati all’attacco delle posizioni di monte Sleme,

monte Mrzli e monte Vodil, facenti parte delle opere difensive austroungariche della cosiddetta testa di ponte di Tolmino. La grande quantità di cadaveri che vennero inizialmente inumati nel nuovo cimitero di Kamno, fece sì che le prime sepolture non fossero curate ed ordinate, ma solo gigantesche fosse comuni riempite man mano di terra e calce.

Col passare del tempo, il cimitero divenne sempre più organizzato, e nei primi mesi del 1916, a ridosso del lato a monte del cimitero, nell’angolo sud-est del camposanto, venne costruita dai soldati della brigata Emilia la lapide commemorativa oggetto di questo intervento.



Figura 1 e 2. A sinistra vista su mappa della posizione geografica di Kamno. A destra la stele alla data della sua realizzazione nel 1916.

Il 24 ottobre 1917, nel primo giorno della battaglia di Caporetto, presso Kamno si svolse un tentativo disperato di difesa del fondovalle dell’Isonzo che vide impegnato un battaglione del 147° reggimento fanteria della brigata Caltanissetta al comando del tenente colonnello Maurizio de Vito Piscicelli. Obiettivo del combattimento era quello di resistere alle prime puntate offensive tedesche provenienti da sud, dalla direzione di Tolmino, per dare il tempo alle truppe italiane impegnate sulla dorsale Sleme-Mrzli-Vodil di sganciarsi ordinatamente senza essere catturate in massa.

Il combattimento per la difesa dell’abitato di Kamno fu molto duro e riuscì parzialmente nel suo intento.

Nel combattimento, che si svolse anche a ridosso del cimitero, perse la vita il tenente colonnello Maurizio de Vito Piscicelli alla cui memoria venne decretata la medaglia d’oro al valor militare, l’unica assegnata per i combattimenti del 24 ottobre 1917, prima giornata della battaglia di Caporetto. Per questo motivo, già nel primo dopoguerra, il cimitero assunse il nome di “cimitero Piscicelli”.

Con la costruzione del grande sacrario militare di Caporetto nel 1938, i piccoli cimiteri di guerra della valle dell’Isonzo vennero smantellati e le salme traslate nel grande sacrario. Il cimitero Piscicelli cadde in disuso e iniziò progressivamente ad andare in rovina. Le lapidi vennero tolte e i muri perimetrali distrutti.

Rimangono oggi visibili solo alcuni tratti del vecchio muro di cinta ed una delle entrate. Le colombaie per gli ossari vennero inglobati dalla vegetazione. Anche la grande lapide a ricordo dei caduti della brigata Emilia subì man mano i danni del tempo, in particolar modo col terremoto del Friuli del 1976, quando crollò parzialmente.

Descrizione dell’opera e stato conservativo

Il manufatto è una stele monumentale realizzata in malta modellata con bassorilievo in stile Liberty.

La struttura è composta da una base che frontalmente forma due gradini (dimensioni in pianta circa cm 70x290), ai lati della quale si innalzano due pilastri (cm h 250x50 circa ognuno) originariamente sormontati da un grande arco a coronamento dell’intera opera. Sopra i gradini e per tutta la loro lunghezza, si dispiega un cartiglio entro il quale vi è scolpita una scritta in caratteri maiuscoli che recita: “AI CADUTI DELLA BRIGATA EMILIA MCMXVI”.

Al centro di questa architettura, delimitato da una cornice scanalata sulla quale sono presenti alcuni lemnischi intrecciati, si trova il pregevole bassorilievo nel quale è rappresentato un corteo funebre che rende omaggio ai militari caduti. Sulla sinistra sono poste alcune figure femminili intente a suonare delle trombe a tubo dritto, attributo iconografico tipico della Fama; al centro si distinguono il profilo di un muso e la criniera di un cavallo al fianco del quale compare un giovane uomo a torso nudo che tiene fieramente con la mano sinistra il bastone di un imponente stendardo drappeggiato, che si dispiega lungo tutta la porzione destra dell’opera e per gran parte

del primo piano. Su di esso troneggia la croce simbolo della famiglia reale italiana del periodo: i Savoia. A completamento della raffigurazione, vi sono poi in primo piano quattro putti circondati da mazzi di rose: i tre di sinistra sono ritratti di profilo e sembrano porgere fiori ai caduti, mentre il quarto sulla destra è rappresentato di schiena mentre con l'indice della mano sinistra sembra indicare agli spettatori la croce regale dello stendardo posta subito sopra la sua testa.



Figura 3 e 4. A sinistra stato di conservazione dell'opera nel 2015. A destra esempio di riassetto sconnesso realizzato forse a seguito del terremoto del 1976.

Nel 2015 la stele versava in precarie condizioni conservative causate principalmente dalla sua ubicazione esterna: durante il primo sopralluogo effettuato, si presentava completamente coperta dalla folta vegetazione che non ne permetteva un'immediata identificazione. Su tutta la superficie erano presenti muschi e piante superiori che trovavano sussistenza all'interno delle diffuse crepe, anche profonde, che attraversavano l'opera.

Sappiamo che nel 1976 la zona dell'alta e media valle del fiume Isonzo in Slovenia venne colpita da un importante terremoto di magnitudo 6.5 della scala Richter con epicentro situato tra i comuni di Gemona e Arzignano in Friuli Venezia Giulia. Furono interessati in particolare i comuni di Tolmino, Caporetto, Canale d'Isonzo e Plezzo: questo evento potrebbe aver fortemente danneggiato l'opera, provocando il crollo di buona parte di essa. A seguito del terremoto, è stata ipotizzata la messa in atto di un intervento manutentivo dell'opera, testimoniato dalla presenza di un riassetto sconnesso di alcuni elementi figurativi e di diffuse stuccature realizzate con malte cementizie, materiale meccanicamente più tenace rispetto alla malta originale costituente l'opera. Pertanto anch'esso ha contribuito nel tempo a provocare danni di natura meccanica inducendo fratture sulla superficie della stele. Inoltre, essendo un materiale altamente igroscopico, ha creato una riserva d'acqua continua che ha permesso il proliferare di muschi e piante superiori.

Durante la Grande Guerra, queste steli venivano realizzate come modello originale in malta da forma persa; malta composta con ogni probabilità di calce naturale e pietre sedimentarie reperite in loco e frantumate. Una volta formate le figure, venivano successivamente fissate al supporto murario retrostante realizzato in sassi ed opportunamente regolarizzato tramite una stesura di malta da rinzafo. Tale procedimento operativo è supportato dalla presenza di due strati di malta sovrapposti e ancora ben visibili.

Indagini diagnostiche

E' stata realizzata una campagna diagnostica allo scopo di identificare i materiali costituenti le malte e le cromie presenti, non solo per progettare al meglio l'intervento di restauro, ma anche per renderlo un momento di approfondimento sulla tecnica esecutiva di quest'opera ancora così poco conosciuta e studiata.

La fase di prelievo dei campioni è avvenuta direttamente su alcuni frammenti recuperati durante le prime operazioni di pulitura, scegliendo sia tra le parti spezzate o separate ma ancora visibili nella loro posizione originale, sia tra quelle cadute spontaneamente e recuperate a piè d'opera.

Dato che la stele presentava due distinti strati di malte sovrapposte, è stato deciso di prelevare frammenti che le possedessero entrambe, così da indagarne le differenze compositive.

I campioni raccolti hanno peso variabile tra 2 e 30 g.

La scelta del punto di prelievo è stata condotta sulla base di una valutazione analitica visiva e meccanica, ovvero valutando colori, macrostrutture, granulometria, aggregati, coesione ed eventuali alterazioni.

I campioni sono stati inizialmente indagati mediante microscopio digitale illuminato DinoLite con ingrandimento da 10x a 150x, il quale, possedendo queste potenzialità di ingrandimento, ha permesso di cogliere particolari più approfonditi rispetto alle prime valutazioni visive svolte durante il sopralluogo.

In questo modo sono state evidenziate: la struttura vacuolare della malta; la presenza di più strati sovrapposti di malta caratterizzati da colorazioni differenti; la presenza di inclusioni di minerali dalla granulometria maggiore a quella mediamente rilevata; la distribuzione granulometrica degli aggregati nell'impasto.

In seguito sono stati sottoposti a Spettrofotometria infrarossa in trasformata di Fourier (FT-IR) e spettroscopia Raman. Alcuni piccoli frammenti di campioni sono stati finemente macinati con mortaio e analizzati in riflettanza totale attenuata (ATR) su cristallo di diamante, una modalità di misura che non prevede una particolare preparazione del campione e non è distruttiva. L'interpretazione dello spettro FT-IR, ottenuto dall'analisi, è stata eseguita per confronto con la banca dati del laboratorio e con quella riportata in varie

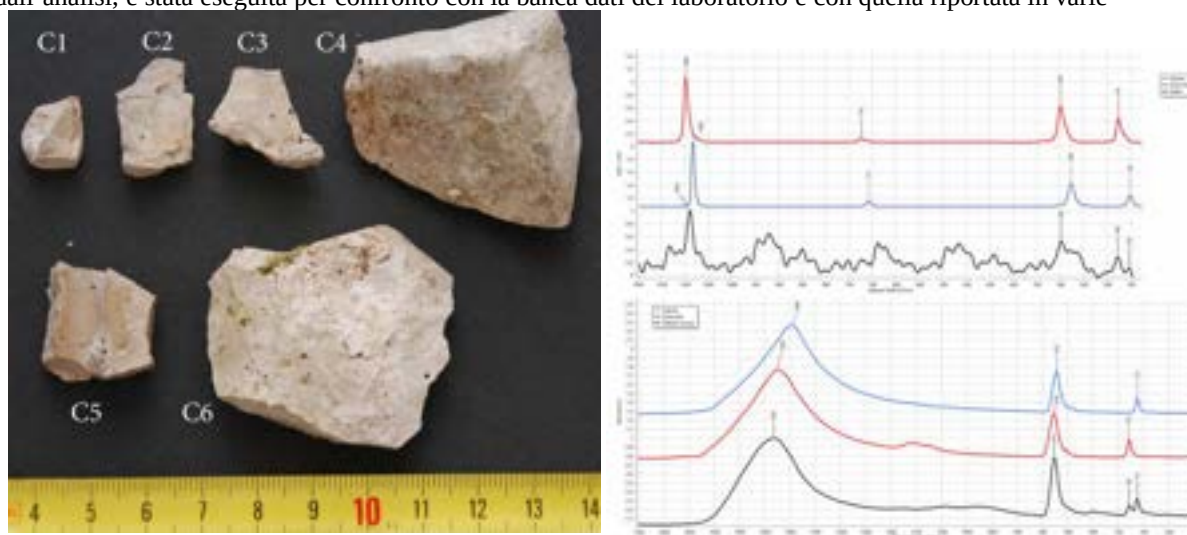


Figura 5 e 6. A sinistra i campioni prelevati. A destra in alto: spettro Raman della malta confrontato con gli spettri. A destra in basso: spettro FT-IR in modalità ATR di campioni di materiale proveniente dal greto del fiume Isonzo, confrontato con gli spettri della calcite e della dolomite.

pubblicazioni scientifiche [1]. In particolare le assegnazioni sono state effettuate in base alle frequenze vibrazionali di standard di riferimento puri o miscelati a particolari matrici (calcite, calcite e gesso, ecc.), registrate nelle stesse condizioni sperimentali.

Quindi si è proceduto con l'analisi in spettroscopia Raman per la caratterizzazione delle malte e dei pigmenti, utilizzando uno spettrometro equipaggiato di microscopio e usando un laser verde (532 nm) come sorgente di irraggiamento. Lo spettro Raman della malta è riportato in figura 6 (in alto) ha evidenziato la presenza di due fasi calcaree con struttura cristallina diverse, ovvero la calcite e la dolomite (rispettivamente carbonato di calcio e carbonato misto di calcio e magnesio). Entrambi i minerali sono stati rinvenuti anche nell'analisi FT-IR condotta su campioni prelevati nel greto del fiume Isonzo (fig. 6 in basso), confermando l'ipotesi che la malta sia stata realizzata con materiali di partenza di facile reperimento e tipiche della zona carsica che circonda l'abitato di Kamno. Lo studio di campioni di modellato, ha invece mostrato la presenza di sola calcite (fig. 7), derivante dall'uso di una calce molto pura di origine industriale.

L'analisi Raman si è rivelata molto utile nell'individuazione della natura del pigmento blu presente sulla stele (fig. 8) che è risultato compatibile con lo spettro della lazurite, ovvero il minerale da cui si produce il blu oltremare. L'ipotesi più probabile è quella che si tratti di un pigmento di origine sintetica (ma di composizione chimica analoga e per questo motivo non facilmente distinguibile da quello naturale), in dotazione ai militari per segnalare sulle mappe le zone più o meno favorevoli allo scavo delle trincee [2]. Infine, entrambe le tecniche spettroscopiche hanno permesso di individuare la natura della patina dorata e del pigmento verde trovato al di sotto di questo strato. In figura 9 è mostrato lo spettro Raman (in alto) che ha rivelato la presenza di cuprite e lazurite: quest'ultimo è stato appena descritto come costituente del pigmento blu presente in altre parti della stele, mentre la cuprite (ossido rameoso con formula chimica Cu_2O) suggerisce invece che la doratura sia invece a base di una lega di rame (presente ad esempio nell'ottone), ossidatosi a causa degli agenti atmosferici. Nello spettro FT-IR (fig. 9 in basso), è stata confermata la presenza del blu oltremare (lazurite), mentre non è stato possibile osservare i picchi diagnostici della cuprite a causa della loro frequenza che è in una zona dello spettro non accessibile allo strumento (al di sotto dei 600 cm^{-1}); la presenza di calcite è dovuta ad una contaminazione dello strato di modellato sottostante.

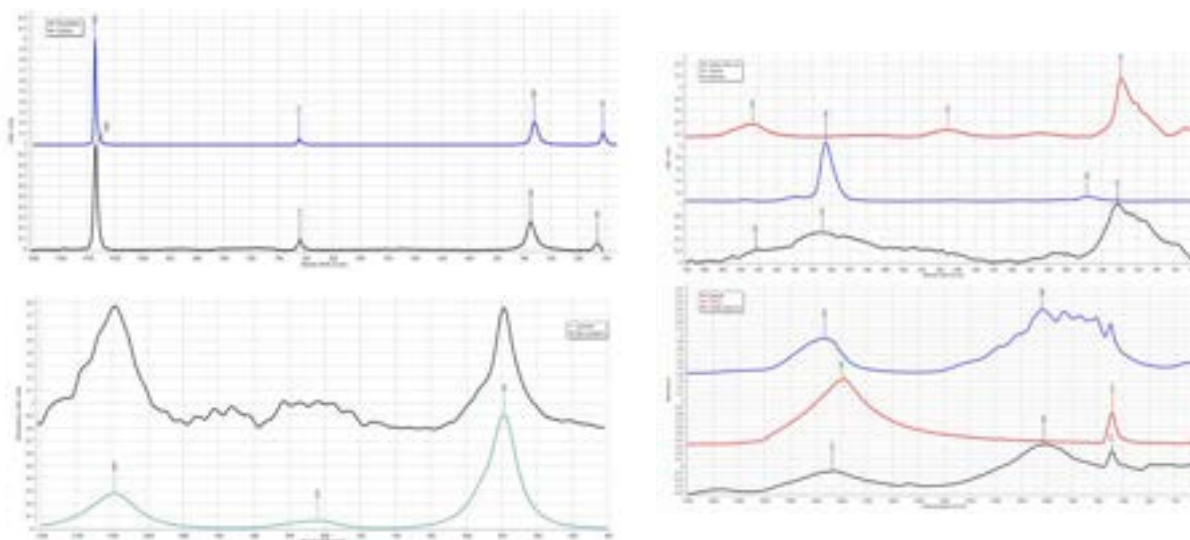


Figura 7, 8, 9. A sinistra in alto spettro Raman del modellato, confrontato con lo spettro di riferimento della calcite. A sinistra in basso spettro Raman del pigmento blu, confrontato con lo spettro della lazurite (blu oltremare). A destra in alto: spettro Raman della patina dorata confrontato con gli spettri di riferimento della cuprite (Cu_2O) e della lazurite. A destra in basso: spettro FT-IR in modalità ATR dello stesso campione confrontato con gli spettri della calcite e della lazurite.

Il restauro

La prima fase dei lavori si è svolta dal 2 al 9 giugno 2017.

Considerato il precario stato di conservazione in cui si presentava la stele, è stato necessario eseguire per prima cosa un consolidamento preventivo delle superfici.

A seguito del decespugliamento, sono stati effettuati il recupero, la pulitura ed una prima mappatura dei frammenti originali ritrovati a piè d'opera. Inoltre risultava ora più evidente su tutta la superficie dell'opera la massiccia presenza di muschi e piante superiori, proliferati grazie anche alla presenza di stuccature cementizie che hanno fornito loro una costante riserva d'acqua.

In un contesto come quello in cui ci si trovava, ovvero su di un terreno adibito a pascolo per il bestiame a seguito dell'abbandono dell'area cimiteriale, diventava di fondamentale importanza l'utilizzo di prodotti biocidi e diserbanti a basso impatto ambientale, non tossici ed ecocompatibili. Essi però dovevano risultare efficaci tanto quanto i biocidi tradizionalmente usati.

Per questi motivi si è scelto di procedere tramite l'utilizzo di:

- un prodotto per la pulitura enzimatica costituito da matrici microstrutturate per la rimozione selettiva di patine biologiche ed organiche;
- diserbanti biologici non residuali di origine vegetale a base di acidi caprico e caprilico.

E' stata poi realizzata una pulitura a secco dell'intera lapide per la rimozione di depositi incoerenti accumulatisi con il tempo ed una contemporanea messa in sicurezza dei frammenti erratici della stele.

Si è resa quindi necessaria una puntuale ablazione manuale, tramite l'utilizzo di mazzette, scalpelli di piccole dimensioni e spatole, di tutte le stuccature cementizie presenti e non compatibili con il supporto originale ed in grado anzi di creare nel tempo ulteriori stress meccanici all'opera.

La rimozione delle stuccature ha portato alla luce la presenza di un'armatura composta di tondini di ferro ormai arrugginiti, posizionati probabilmente a sostegno del riassetto dell'opera a seguito del terremoto avvenuto nel 1976. E' stato necessario quindi realizzare un trattamento passivante antiruggine della vecchia armatura per evitare che provocasse in futuro altre problematiche all'opera.

In seguito è stato effettuato il consolidamento in profondità della stele tramite iniezioni di malta specifica, per riconferire coesione e stabilità al materiale che si presentava ormai alterato a seguito dei processi di degrado. Quindi sono stati ricollocati definitivamente i frammenti erratici precedentemente messi in sicurezza tramite l'utilizzo di resina epossidica bicomponente.

È stato condotto uno studio finalizzato alla realizzazione di una serie di saggi per l'esecuzione di una malta a base di calce naturale che risultasse idonea a quella originale per cromia e granulometria, da utilizzare per effettuare le stuccature necessarie. Le caratteristiche e le proporzioni tra i vari materiali dovevano essere tali da ottenere un impasto fresco con una buona lavorabilità, ma che dopo l'indurimento risultasse una malta con caratteristiche fisiche (porosità, permeabilità all'acqua), meccaniche (resistenza, deformabilità, aderenza), di aspetto e durabilità adeguate al nostro scopo. Per questi motivi la malta utilizzata è stata composta di calce

naturale; polvere micronizzata di cocciopesto giallo; polvere di pozzolana marrone e polvere micronizzata di marmo di Carrara.

Si è poi proceduto all'utilizzo della malta ottenuta per eseguire le stuccature sottolivello con l'obiettivo di ripristinare la continuità strutturale e rendere più stabile la superficie dell'opera.



Figura 10 e 11. A sinistra aspetto della stele a seguito del decespugliamento. A destra aspetto dell'opera al termine della prima fase dei lavori.

La seconda fase dei lavori si è svolta dal 30 giugno all'8 luglio 2018.

Alla ripresa delle lavorazioni, per prima cosa, sono stati rimossi i licheni ancora presenti, seppur già neutralizzati, sul cartiglio in basso recante l'iscrizione dedicatoria.

A seguito di questa ulteriore pulitura sono state rinvenute tracce di colore oro in alcuni punti circoscritti della lapide. E' stato immediatamente realizzato uno studio puntuale per comprendere dove fossero localizzate le tracce ed è stata effettuata una mappatura in conseguenza della quale si è compreso che, con ogni probabilità, lo sfondo dell'opera fosse ricoperto da questo colore. Utilizzando una fotografia scattata nel 1916 si evince infatti che lo sfondo dell'opera risulta essere più scuro rispetto al modellato e proprio in corrispondenza dello sfondo sono state ritrovate le tracce color oro.

In accordo con i funzionari dell'Istituto per la tutela dei Beni Culturali di Slovenia, è stata accuratamente vagliata la possibilità di smontare e riposizionare i lacerti collocati in maniera disconnessa nel corso dei precedenti interventi manutentivi. Tuttavia, alla luce del rinvenimento retrostante degli elementi d'armatura in ferro, è stato deciso di non intervenire in questo senso per non causare ulteriore stress al manufatto. Si sarebbe infatti trattato di un'operazione troppo invasiva, poiché l'opera è stata realizzata con materiali meccanicamente meno resistenti del cemento applicato in seguito, quindi si sarebbero potute creare ulteriori fratturazioni e perdite dei frammenti originali. E' stata anche concordata la necessità di ristabilire una continuità estetico-strutturale dell'opera. Si è proceduto quindi al risarcimento di quelle porzioni di modellato mancanti e ripetitive che necessitavano di essere raccordate ai lacerti della decorazione originale ancora presenti, come ad esempio: parti del drappo in primo piano, del mazzo di rose in basso a sinistra, del tubo della tromba suonata dalla figura femminile a sinistra e parte delle pieghe della sua veste.



Figura 12 e 13. A sinistra fotografia risalente agli anni Sessanta del Novecento. A destra la stele al termine della fase di stuccatura.

L'ultima fase dei lavori si è svolta dal 25 agosto al 2 settembre 2018.

A questo punto delle lavorazioni è stato necessario valutare, in stretta collaborazione con i funzionari dell'Istituto per la tutela dei Beni Culturali di Slovenia, come intervenire sulle parti figurative perdute: trattandosi infatti di un monumento commemorativo della Grande Guerra, la lapide doveva tornare ad essere completamente fruibile, anche ai non addetti ai lavori, per ricominciare a raccontare ciò che quel luogo ha rappresentato e tutt'ora rappresenta. Come descritto in precedenza, l'opera aveva subito nel tempo gravi perdite del modellato e secondo i funzionari sloveni non era pensabile progettare su di essa un restauro di tipo strettamente conservativo, in quanto ciò avrebbe significato trascurare il messaggio originale che voleva essere trasmesso ai posteri con la sua realizzazione. Per questo motivo si è optato per la messa in opera di riproposizioni plastiche semplificate, riconoscibili a distanza ravvicinata evidenziandole con piani ribassati, basate sulle fotografie d'epoca in cui l'opera si presentava ancora integra. Tenendo come riferimento la fotografia della stele scattata negli anni Sessanta del Novecento, che era quella che presentava maggiore definizione dei particolari, è stato possibile quindi riproporre le volumetrie delle figure mancanti adottando il metodo operativo appena descritto. Utilizzando una riproduzione in scala 1:1 della fotografia storica già menzionata, sono state riportate sulla superficie dell'opera, tramite la tecnica dello spolvero, i contorni delle figure perdute. Consultando costantemente l'immagine stampata per avere ulteriori riferimenti a cui potersi affidare, utilizzando la traccia dei contorni riportati e seguendo i riferimenti originali ancora presenti sulla superficie dell'opera, sono state realizzate le volumetrie mancanti che sono state volutamente modellate con una malta dalla differente granulometria rispetto all'originale e lasciate quasi prive dei particolari in quanto l'intervento doveva rispettare il principio della riconoscibilità.



Figura 14 e 15. A sinistra momento del riporto dei contorni delle figure tramite spolvero. A destra fotografia in luce radente nella quale è possibile notare la riconoscibilità dell'intervento data anche dalla differente granulometria della malta utilizzata.

Le integrazioni sono quindi state ritoccate pittoricamente con l'intento di uniformare le discontinuità cromatiche createsi soprattutto lungo i bordi di raccordo con l'opera originale, in modo da ripristinare la leggibilità della raffigurazione. Durante il ricollocamento delle parti del gradino spezzate dalla crescita della rigogliosa vegetazione, è stato ritrovato, qualche centimetro al di sotto del terreno, il selciato originale risalente al 1916 e visibile nelle fotografie storiche risalenti a quel periodo. Per riportarlo interamente alla luce è stata rimossa completamente la terra che lo ricopriva e si è poi provveduto ad un lavaggio con acqua in pressione. L'ultima operazione effettuata a conclusione dell'intervento di restauro è stata l'applicazione di una protezione finale sull'intera superficie dell'opera come trattamento consolidante, idrorepellente e biocida preventivo, così da prolungare i benefici apportati con i lavori di restauro.

Conclusioni

L'opportunità di lavorare su questa opera commemorativa è stata resa possibile grazie all'iniziativa di un'associazione bolognese di studiosi e appassionati della Grande Guerra che, in occasione della ricorrenza del suo centenario, volevano rendere omaggio a tutti i soldati che vi avevano preso parte, in particolar modo a quelli provenienti dall'Emilia Romagna. Oltre ad essere stata una grande sfida professionale a causa delle precarie condizioni conservative, operare su questa stele è stato un privilegio in quanto i funzionari dell'Istituto per la tutela dei Beni Culturali di Slovenia ci hanno informato essere un'opera unica per tecnica esecutiva e tipologica su questo territorio, tanto da essere stata oggetto negli anni di svariati tentativi di recupero, mai andati a buon fine.



Figura 16 e 17. Ritrovamento del selciato originale risalente al 1916.



Figura 18 e 19. A sinistra aspetto dell'opera al termine dell'intervento di restauro. A destra particolare dell'opera al termine dell'intervento di restauro.

È stata quindi una fase molto delicata quella dedicata allo studio, compiuto di concerto con i funzionari preposti, di come procedere in merito alle parti figurative andate perdute. Da un lato vi era l'esigenza deontologica di rispettare i principi del minimo intervento possibile e della sua riconoscibilità, dall'altro vi era la necessità di rendere l'opera commemorativa nuovamente fruibile a chiunque si recasse in quel luogo decretato alla memoria. Pertanto sono stati vagliati i possibili approcci, valutando quali fossero quelli che rispondevano meglio ad entrambe le imprescindibili esigenze, giungendo al metodo operativo appena descritto.

Sono state quindi gettate le prime basi di un'auspicabile collaborazione per poter redare delle linee guida utili a salvaguardare altri manufatti commemorativi realizzati durante la Grande Guerra, così da evitare i totali rifacimenti e le creazioni di falsi storici, purtroppo già presenti su quel territorio e realizzati da personale non competente, che esulano completamente dai principi fondanti di un intervento di restauro conservativo.

NOTE

[1] Gli spettri FT-IR e Raman sono stati confrontati con quelli presenti nel database <http://rruff.info> (ultimo accesso: 15 luglio 2019) con particolare riferimento ai seguenti materiali: dolomite

(<http://rruff.info/dolomite/display=default/R040030>), calcite (<http://rruff.info/calcite/display=default/R040070>), lazurite (<http://rruff.info/lazurite/display=default/>) e cuprite (<http://rruff.info/cuprite/display=default/R050374>)..

[2] P. Doyle, F. Bostyn, P. Barton, J. Vandewalle. The underground war 1914-18: the geology of the Beecham dugout, Passchendale, Belgium. *Proceedings of the Geologists' Association* (2001) 112, 263-274.

SULLA DORATURA DI ALCUNI BRONZETTI NEL MUSEO GREGORIANO EGIZIO

Alessia Amenta *, Alice Baltera **, Flavia Callori *, Fabio Morresi ****, Ulderico Santamaria *******

*Curatore Reparto Antichità Egizie e del Vicino Oriente Antico, Musei Vaticani, alessia.amenta@scv.va

**Restauratore presso il Laboratorio Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, alicebaltera@gmail.com

***Responsabile Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, lrmc.musei@scv.va

****Assistente Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, fabio.morresi@scv.va

*****Responsabile Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, ulderico.santamaria@scv.va

Abstract

Il contributo presenta l'approfondimento sulla doratura di alcuni bronzetti dorati, afferenti al Reparto Antichità Egizie e del Vicino Oriente dei Musei Vaticani. Tale studio, avviato contestualmente al restauro degli oggetti è stato affiancato da analisi scientifiche, condotte dal Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Restauro dei Musei Vaticani.

Durante le operazioni di restauro il riscontro di alcuni particolari aspetti esecutivi, ha suggerito l'approfondimento della tecnica di "doratura a foglia" su bronzi egizi di piccole dimensioni. È stata così rintracciata una modalità per la doratura del metallo poco diffusa. Questa consiste nell'applicazione sulle superfici del bronzo, preventivamente elaborate, di uno strato preparatorio ad impasto che può variare per aspetto e composizione, sul quale veniva stesa la foglia d'oro. Tale approfondimento rivela che la tecnica della doratura a foglia d'oro con preparazione ad impasto, documentata principalmente su manufatti di dimensioni importanti, era impiegata anche su bronzi di piccole dimensioni e realizzata con una tecnica altrettanto elaborata.

Introduzione

Il restauro di tre bronzetti dorati, afferenti al Reparto Antichità Egizie e del Vicino Oriente dei Musei Vaticani, ha reso possibile l'osservazione e l'approfondimento scientifico della tecnica esecutiva per la doratura del bronzo nell'antico Egitto. Û

Si tratta di un elemento decorativo in forma di ureo (inv. 37386), in origine completamente dorato e decorato con elementi policromi (fig.1a), di una statuetta del dio Amon stante (inv. 37411), con evidenti elementi dorati (fig.1b), e del dio Harpocrate assiso (inv. D6929), in origine completamente dorato e che doveva combinarsi con la figura della *Isis lactans* (oggi mancante) (fig.1c).

Statuine in bronzo di figure antropomorfe o animali sono molto diffuse in tutti i musei del mondo, generalmente avulse da un contesto archeologico. Sono generalmente interpretate come "votive", ovvero dediche alle divinità per ottenerne la benevolenza, da parte di privati in contesto templare o all'interno di abitazioni. La loro datazione è motivo di dibattito. Solo in alcuni casi l'esecuzione particolarmente raffinata e dettagliata della figura permette di evidenziare alcuni elementi stilistici che possono riferirsi ad un momento storico più delimitato; altrimenti è la presenza di un'iscrizione a tradire il contesto e offrire maggiori informazioni. Durante l'Età Tarda è comunque attestata una grandissima produzione di statuine di divinità in bronzo, antropomorfe, teriomorfe o composite, a testimoniare la grande vitalità delle pratiche religiose di quel tempo [1], che indusse ad una produzione massiva, talvolta seriale [2]. Divennero facilmente preda della febbre collezionistica del XIX secolo, perché di piccole dimensioni e facilmente trasportabili, dai costi contenuti e quindi smerciabili sul mercato antiquario anche come semplici *souvenir* per viaggiatori e turisti appassionati.

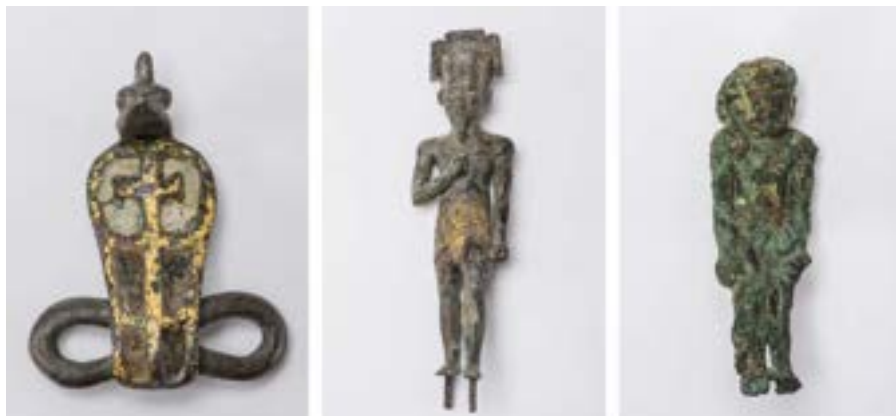


Figura 1. Ureo inv. 37386 (a), dio Amon inv. 37411 (b), dio Harpocrate inv. D6929 (c), dopo il restauro.

Cenni sulla “doratura a foglia” dei bronzi egizi

Per “doratura a foglia” si intende il procedimento che permette la doratura di oggetti, applicando sulla loro superficie una foglia d’oro estremamente sottile [3], fissata sul metallo con sostanze adesive [4]. Nell’antico Egitto è la tecnica più diffusa, probabilmente perché permetteva di decorare gli oggetti impiegando piccoli quantitativi del prezioso metallo (fig.2) [5].

La foglia d’oro poteva essere stesa direttamente sulla superficie del bronzo o su una preparazione a impasto [6]. Per favorire il contatto con la superficie del metallo, sia dell’oro che della preparazione, il bronzo poteva essere lasciato grezzo o preparato all’aggrappo con i seguenti metodi: abrasione [7], punteggiatura, tacchettatura [8], o altrimenti per mezzo di un tessuto (di lino) fatto aderire sul bronzo con l’aiuto di resine adesive [9].

La tecnica che impiegava la preparazione a impasto è attestata a partire dal tardo Nuovo Regno, ma è poco conosciuta e documentata in letteratura [10]. Essendo solitamente l’impasto di colore chiaro e compatto, esso è citato generalmente in letteratura come “strato di gesso” o “stucco” [11]. I risultati di alcune indagini pubblicate evidenziano principalmente due materiali costitutivi: il gesso [12] o la calcite [13], ma sono stati trovati anche impasti a base di dolomite [14] o minerali d’argilla [15]; per favorire la sua adesione e lavorazione, tale strato era sicuramente mescolato con una sostanza legante, di difficile identificazione [16], verosimilmente la medesima impiegata anche per far aderire la foglia sulla preparazione stessa [17]. La perfetta adesione dell’oro si otteneva tramite un’accurata levigatura della superficie dello strato preparatorio, che in alcuni casi era decorato con incisioni [18].

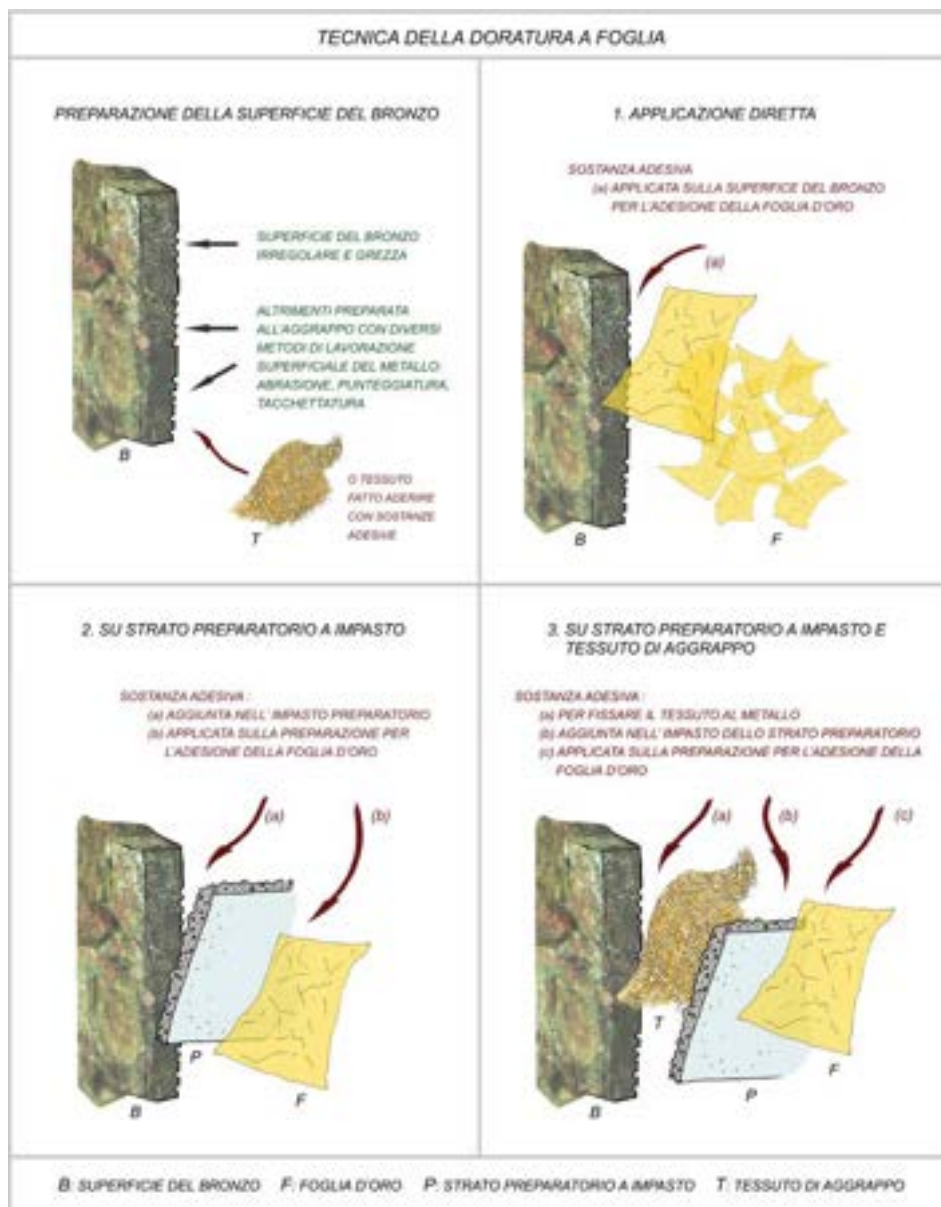


Figura 2. Rappresentazione grafica delle tecniche di doratura a foglia impiegate nell’antico Egitto (A. Baltera).

Schede dei bronzetti e approfondimento tecnico

1. Ureo, inv. 37386 (fig.1a)

PROVENIENZA: sconosciuta, già Collezione Grassi.

DATAZIONE: Età Tarda (700-300 a.C.).

DIMENSIONI: *Corpo*: alt. 8,2cm; prof. 4,1cm.

BIBLIOGRAFIA: Grenier 2002, n°366.

Elemento decorativo a forma di ureo, realizzato a fusione piena in lega di rame. Il ventre del cobra è dorato e decorato con cellette a fondo chiuso per l'inclusione di materiali decorativi policromi, in parte ancora visibili. Dallo stesso getto di fusione sono stati realizzati anche due tenoni strutturali, che vincolavano il cobra a due altri elementi andati perduti.

Doratura (fig.3)

L'ureo è dorato con la tecnica di applicazione della foglia d'oro direttamente sulla superficie del bronzo tramite l'impiego di un adesivo che non è stato possibile identificare (*infra*). Esaminata al microscopio ottico, la foglia risulta arricciata, disomogenea e costituita da piccoli frammenti sovrapposti, di cui non è possibile recuperare la forma e le dimensioni [19]. Sul bordo delle cellette la foglia è ripiegata verso l'interno della celletta stessa e il restauro ha evidenziato nuove tracce di doratura, che comproverebbero la totale doratura dell'ureo.



Figura 3. Rappresentazione grafica della tecnica di doratura a foglia impiegata sull'ureo, inv. 37386 (A. Baltera).

2. Statuetta del dio Amon, inv. 37411 (fig.1b)

PROVENIENZA: sconosciuta, già Collezione Grassi.

DATAZIONE: Età Tarda (700-300 a.C.).

DIMENSIONI: *Corpo*: alt. (con tenoni) 25,8cm; alt. (senza tenoni) 23,8cm;

BIBLIOGRAFIA: BOSTICCO 1953, p. 214, Fig. 4; GRENIER 2002, n° 6.

La statuetta è realizzata a fusione piena in lega di rame e decorata con incisioni e doratura, oggi evidente soltanto sul copricapo, sul retro della collana larga e sul gonnellino. Tracce minime d'oro restano anche sul laccio che lega la barba posticcia e sulla barba stessa, nonché su alcuni punti del corpo, a suggerire una doratura più ampia, di non facile ricostruzione. Dallo stesso getto di fusione sono stati ottenuti anche due tenoni strutturali a sezione quadrangolare posti sotto i piedi che dovevano servire a vincolare la statua ad un supporto.

Sulla testa è il copricapo, sul quale si inserisce un elemento indipendente, anch'esso in lega di rame, che costituisce la corona tipica di Amon. Frontalmente le piume sono definite da cellette a fondo chiuso.

La divinità è raffigurata con il braccio destro piegato al petto e il braccio sinistro steso lungo il fianco; le mani sono strette a pugno e presentano un foro circolare per l'inserzione di attributi oggi mancanti.

Sul volto gli occhi sono incastonati con un impasto di colore grigiastro, mentre le linee del loro contorno, delle sopracciglia, della barba posticcia e della collana larga sono incise. La gamba sinistra è avanzata e mutila del piede. I fianchi sono cinti dal gonnellino *shendyt*.

Doratura (figg. 4 e 5)

La statua risulta dorata a foglia con due tecniche differenti, una per il copricapo e l'altra per lo *shendyt*.

La foglia d'oro sul copricapo è applicata su uno strato preparatorio ad impasto che aderisce alla superficie del bronzo tramite un tessuto, identificato come lino, adeso al bronzo con una sostanza adesiva [20]. Di tale materiale è ancora possibile riconoscere l'andamento della trama grazie ad alcuni filati mineralizzati di colore bruno (fig.7a). L'impasto preparatorio è formato da uno strato di appena un millimetro di spessore, composto principalmente da carbonato di calcio (figg.8a-c). In corrispondenza delle aree in cui è andata perduta la foglia d'oro è possibile apprezzare l'accurata lavorazione superficiale di questa preparazione, che appare estremamente compatta e levigata, per consentire una perfetta stesura dell'oro. Il suo colore disomogeneo, tra il grigio e l'azzurro, è da riferirsi all'alterazione cromatica del bronzo per la risalita di alcuni prodotti di corrosione, quali il rame e il piombo [21]. La doratura dello *shendyt* è stata invece realizzata con l'applicazione della foglia d'oro direttamente sulla superficie del metallo.

L'osservazione al microscopio ottico ha individuato tracce di doratura anche sul volto, sulla barba e in vari punti del corpo, suggerendo che questa potesse essere molto più estesa. A sostegno di questa ipotesi si aggiunge il riscontro di graffiature sulla superficie del bronzo, forse eseguite intenzionalmente per favorire l'adesione della foglia d'oro sottilissima.

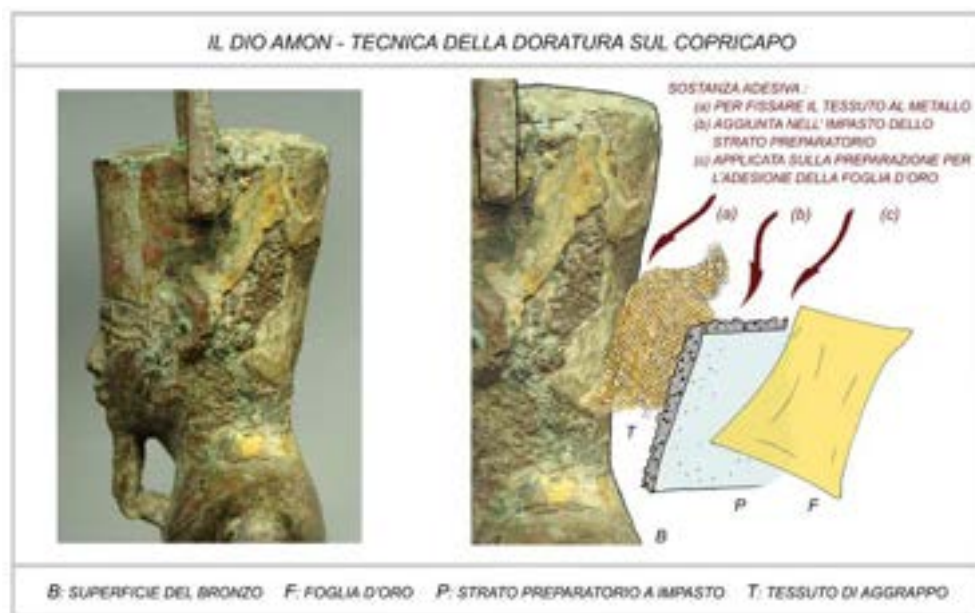


Figura 4. Rappresentazione grafica della tecnica di doratura a foglia eseguita sul copricapo del dio Amon, inv. 37411 (A. Baltera).



Figura 5. Rappresentazione grafica della tecnica di doratura a foglia eseguita sullo *shendyt* del dio Amon, inv. 37411 (A. Baltera).

3. Statuetta del dio Harpocrate, inv. D6929 (fig.1c)

PROVENIENZA: sconosciuta, già Coll. Pontificio Istituto Biblico (dono della Sacra Famiglia del Cairo).

DATAZIONE: Età Tarda (700-300 a.C.).

DIMENSIONI: *Corpo*: alt. 8,5cm; prof. massima: 3,5cm.

La statuetta è ottenuta a fusione piena, in lega di rame e dorata a foglia. La figura è nuda, con le braccia distese lungo i fianchi e le mani chiuse a pugno. Sul lato destro della testa ricade la tipica treccia giovanile.

Doratura (fig. 6)

Le operazioni di restauro hanno evidenziato che alcune zone della statua presentano una doratura con la foglia applicata direttamente sulla superficie del bronzo, mentre altre una “doppia doratura”, eseguita con due diverse tecniche di doratura a foglia sovrapposte, come conferma lo studio della relativa sezione stratigrafica (figg.7b, 10a, b). Per meglio specificare, la foglia d'oro a contatto diretto con il metallo, verosimilmente la più antica, è caratterizzata da una lega d'oro poco purificata e ricca di argento, mentre quella superiore, la più recente, da oro praticamente puro. La doratura sottostante è applicata a foglia direttamente sul bronzo, sopra la quale è stesa un'altra foglia d'oro applicata su uno strato preparatorio a impasto [22].

Al microscopio ottico, in corrispondenza di alcuni sottosquadri, sono visibili tracce di tessuto mineralizzato, di cui si apprezza ancora la trama e l'ordito dei filati ritorti identificati come fibre di lino (fig.7c). Questo tessuto sembrerebbe essere stato impiegato secondo necessità, per favorire l'aggrappo della seconda o “nuova” doratura. Il cattivo stato di conservazione di questa piccola statua non ha permesso un'immediata interpretazione dei suoi complessi aspetti tecnici, che testimoniarebbero un raro esempio di “riutilizzo” di un bronzetto.

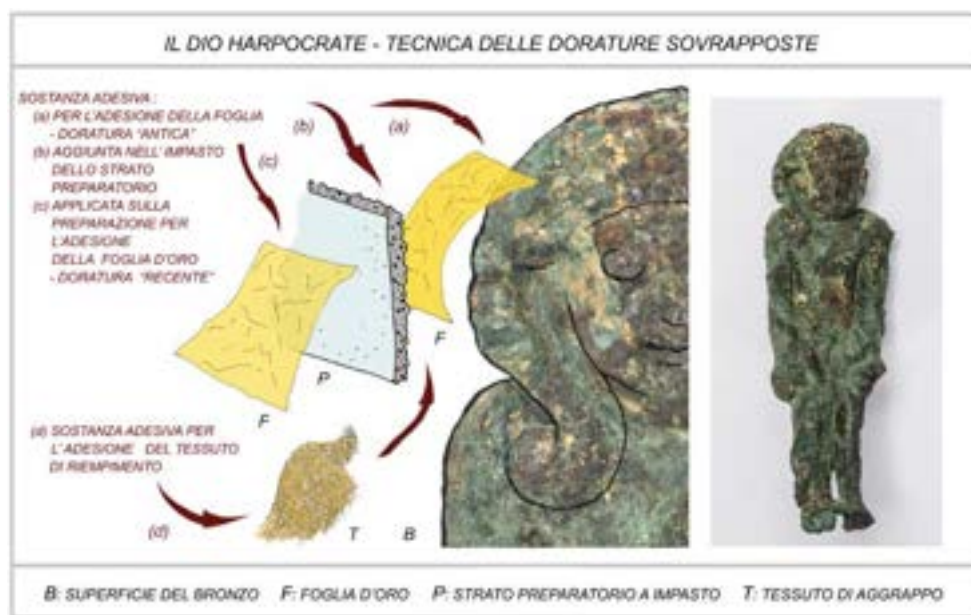


Figura 6. Rappresentazione grafica delle due tecniche di doratura sovrapposte sul dio Harpocrate, inv. D6929 (grafici A. Baltera).

Considerazioni

Le statuine oggetto del nostro studio, ci permettono di apprezzare e riconoscere le diverse modalità di applicazione della foglia d'oro.

Si consideri per primo il bronzetto a forma di ureo che presenta la tecnica di doratura a foglia più semplice, quella tramite applicazione diretta sulla superficie del metallo. L'elemento tecnico che caratterizza questo esemplare consiste nella disposizione della foglia, che appare arricciata, ripiegata e applicata in modo “disomogeneo”, come se si trattasse di più foglie, di piccole dimensioni, applicate una accanto o sopra l'altra. Ciò suggerirebbe che, in un'economia di laboratorio, si utilizzassero anche i più piccoli “ritagli” del prezioso metallo, come ha rivelato lo studio di un micro-campionamento elaborato e documentato in luce riflessa.

Inoltre, la foglia risulta ripiegata verso la superficie interna delle cellette, ricavate sul corpo del cobra per l'applicazione di altri materiali decorativi, a dimostrare che la statua veniva prima dorata e poi decorata e arricchita con l'aggiunta di impasti silicei o di pietre.

Le statuine del dio Amon e del dio Harpocrate sono particolarmente interessanti, poiché sono dorate ciascuna con due modalità diverse di “tecnica a foglia”, impiegata per motivi differenti.

La statua di Amon è dorata sia con il “metodo diretto”, sia con la preparazione ad impasto, con il proposito di ottenere due differenti effetti decorativi. Per accentuare la luminosità del copricapo, con cui si identifica il dio stesso, l’oro è stato applicato su un impasto compatto e molto ben levigato, che aderisce fortemente al bronzo grazie ad un “aggrappo” di tessuto, a sua volta fatto aderire per mezzo di un adesivo (fig.7a).

Sul pannello dello *shendyt* invece la foglia d’oro è applicata direttamente sul bronzo con una sostanza adesiva; si otteneva così una doratura con effetto più contrastato, ad esaltare le pieghe modellate del gonnellino. L’effetto irregolare è confermato dalle osservazioni dirette al microscopio ottico, che rivelano una foglia discontinua e disordinata e dallo studio della sezione stratigrafica che evidenzia una sovrapposizione sorprendente di più strati d’oro, fino ad arrivare a sette differenti stesure (figg. 9a, b).

La statuetta di Harpocrate presenta anch’essa queste due stesse tecniche di applicazione della foglia d’oro, non però per diversificare la lucentezza degli elementi decorativi, ma più verosimilmente a causa di un suo “riutilizzo”, che avrebbe comportato la rielaborazione estetica delle superfici.

Le osservazioni al microscopio, in alcune aree del volto, delle braccia e sull’addome, hanno infatti chiarito che l’oggetto era stato in origine dorato con l’applicazione diretta della foglia e che solo successivamente era stato rielaborato con una doratura su strato preparatorio (fig.7b). In corrispondenza di alcuni sottosquadri sono state individuate tracce di tessuto mineralizzato, utilizzato secondo necessità per favorire l’aggrappo della nuova doratura su quella sottostante (fig.7c).



Figura 7. Particolare del copricapo del dio Amon con il tessuto di aggrappo sotto l’impasto preparatorio (inv. 37411), stereomicroscopio (290x) (a); particolare in cui è visibile la successione delle dorature sovrapposte separate dallo strato preparatorio (inv. D6929), stereomicroscopio (200x) (b); particolare del tessuto mineralizzato (inv. D6929) stereomicroscopio (300x) (c).

In merito all’impasto preparatorio, questo studio ha rintracciato due tipologie di strato preparatorio, differenti per aspetto e composizione. Il primo, sulla statua di Amon, è composto da un materiale depurato e compatto di colore chiaro (carbonato di calcio), misto ad un legante organico, riconosciuto nella forma mineralizzata di ossalati di calcio. Il secondo, rilevato in traccia sull’Harpocrate, è costituito da un impasto più grossolano e poroso, di colorazione tendente al tono delle terre, la cui composizione non è stata definita con esattezza a causa della presenza di numerosi prodotti di corrosione del bronzo.

La tecnica della doratura a foglia d’oro con preparazione ad impasto era dunque impiegata anche su bronzi di piccole dimensioni, che risultano complessi nella loro tecnica al pari dei bronzi più grandi [23]. Per quanto è stato possibile verificare, l’uso dell’impasto per la stesura della foglia è stato ritrovato più generalmente su bronzi di medie-grandi dimensioni o su elementi decorativi, che sono da ricollegarsi a bronzi di dimensioni molto maggiori rispetto ai nostri.

Il nostro studio è stato completato esaminando la ricca collezione di statue egizie in bronzo dorato conservate presso i Musei Vaticani; nessuna evidenzerebbe la tecnica con preparazione ad impasto, sottolineando così la preziosa testimonianza dei nostri esemplari in questione.

Studio tecnico-scientifico

Le statuette sono state sottoposte a indagini scientifiche, finalizzate al riconoscimento dei materiali costitutivi e all’approfondimento della tecnica di doratura a foglia di bronzi egizi.

Sono state effettuate le seguenti indagini su tutti e tre i bronzetti:

- analisi XRF per la determinazione della concentrazione degli elementi chimici [24]
- indagine radiografica per lo studio della costruzione dell’oggetto
- sezioni stratigrafiche per la caratterizzazione delle lamine d’oro [25]
- analisi merceologica per l’identificazione del filato mineralizzato [26].

In breve si riassumono i risultati ottenuti sulla composizione del bronzo, che confermano leghe ternarie del rame come materiale costitutivo:

<i>Ureo</i>	rame (61,46%), stagno (9,44 %) e piombo (28,48%)
<i>Amon</i>	rame (80-90%), stagno (3-12%) e piombo (4-5%)
<i>Harpocrate</i>	rame (55,02%), stagno (8,82 %) e piombo (33,90%)

1. Ureo, INV. 37386

Indagini micro-stratigrafiche mediante PLMO e SEM-EDS

Il microcampione 37386-1 in sezione stratigrafica, analizzato al SEM-EDS, mostra una lamina metallica composta da una lega di oro (95-96%) e argento (4-5%); in minor misura si rileva la presenza di rame (0,1%). Nel campione non si riscontra la presenza di una preparazione della doratura. Si rilevano tracce di ferro (0,11%) e nichel (0,41%).

2. Statuetta del dio Amon, inv. 37411

Indagini micro-stratigrafiche mediante PLMO e SEM-EDS

Sulla statuetta del dio Amon è stata eseguita la caratterizzazione delle dorature e degli strati preparatori su tre campionamenti (microprelievi 37411-1, 2, 3).

Lo studio della successione stratigrafica del microcampione 37411-1 prelevato sul retro del copricapo, evidenzia al di sopra degli strati A, B e C, una lamina metallica (D) composta da una lega di oro (98%), argento (1,4%) e rame (1%). Le analisi stratigrafiche SEM-EDS hanno permesso di recuperare la metodologia di applicazione della foglia d'oro: al di sopra di un tessuto di lino è steso uno strato preparatorio di carbonato di calcio, ottenuto dalla frantumazione di pietra calcarea misto a legante organico oggi mineralizzato (presenza di ossalati di calcio); sopra questa preparazione è stata poi applicata la foglia d'oro (microprelievo 37411-1) (figg.8a-c).

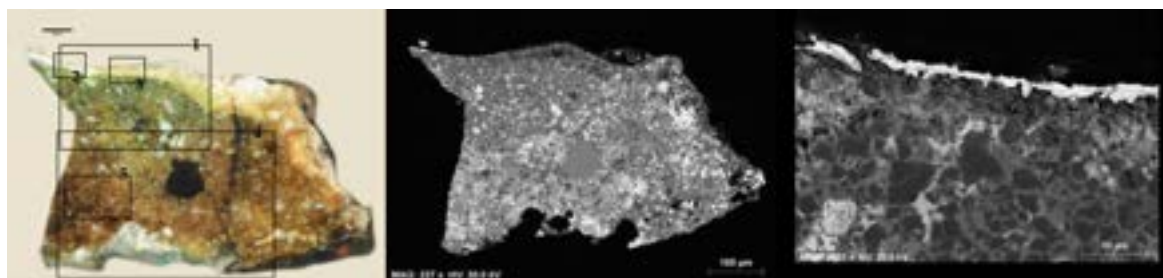


Figura 8. Microprelievo 37411-1: sezione stratigrafica in luce riflessa con successioni stratigrafiche in evidenza (a), immagine SEM backscattering (227x) (b), immagine SEM backscattering (2991x)(c).

La preparazione a base di stucco carbonatico presenta al suo interno grani bianchi e bruni a base di piombo (associabili a cerussite e/o idrocerussite) e di colore verde (malachite). Questi composti sono da correlare a fenomeni di migrazione dei sali di piombo e rame dal nucleo in bronzo verso l'esterno; ciò è testimoniato dalla morfologia dei cristalli, e in particolare di quelli di cerussite/biacca, che presentano un *habitus* fibroso, in alcuni casi anche raggato.

Una diversa tecnica di applicazione della foglia d'oro è riconducibile a un semplice incollaggio di tante foglie d'oro mediante un adesivo di natura organica, di probabile natura proteica per la presenza di ossalati di calcio (microprelievo 37411-1) (figg.9a, 9b).

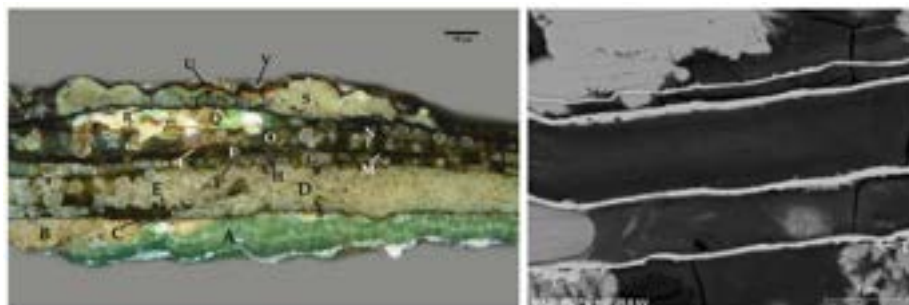


Figura 9. Microprelievo 37411-3: foto in luce riflessa della sezione dove sono evidenti le successioni stratigrafiche e le lamine metalliche negli strati C, E, H, N, P (200X) (a), immagine SEM backscattering (b).

Indagine merceologica mediante MO e SEM-EDS

Sulla statuetta è emersa l'armatura di un tessuto mineralizzato, sia sul retro del copricapo che sul gonnellino. I campionamenti hanno consentito l'identificazione della natura e lo stato conservativo delle fibre: filato di colore beige con fibre di natura cellulosica, dal diametro compreso tra 10–30µm, classificabili come lino (microprelievi 37411-2, 3). Mediante microanalisi eseguite con sonda EDS in microscopia elettronica è stato caratterizzato il materiale di deposito riscontrato sulle fibre analizzate. Su tutti i campioni sono stati rilevati i medesimi elementi in percentuali variabili: C, O, Si, Cl, Pb, Ca, F, Na, P e Ni. Il processo di mineralizzazione riscontrata sul tessuto

in esame è stato confermato dalle analisi in microscopia ottica ed elettronica, che evidenziano l'impregnazione e la penetrazione, all'interno del lumen delle fibre, di prodotti di corrosione del bronzo; tale corrosione impedisce l'osservazione e la caratterizzazione della tipologia di armatura del tessuto e della maggior parte dei caratteri diagnostici morfologici tipici delle singole fibre. Il tessuto rinvenuto sul retro del copricapo si trova al di sotto dello strato di doratura, mentre quello presente sul gonnellino risulterebbe più superficiale e in alcuni punti è sovrapposto allo strato di doratura stesso [27].

3. Statuetta del dio Harpocrate, inv. D6929

Indagini micro-stratigrafiche mediante PLMO e SEM-EDS

Sono state esaminate lo strato preparatorio della doratura e la composizione della lamina metallica. La sezione stratigrafica del campione 6929-1 al microscopio ottico e al SEM-EDS ha messo in evidenza la presenza di più dorature (Figg.10a, b). Nella parte inferiore del campione si possono osservare due lamine molto diverse tra loro per composizione chimica (strati A e B): quella direttamente a contatto con il bronzo (A) è costituita da una lega di oro con elevati tenori d'argento (Ag 20-25% e Au 75-70%), mentre quella sovrastante (B) è contraddistinta da una lega di oro (96%), argento (2%) e rame (2%). Per quanto riguarda le lamine che compongono lo strato A si osserva una marcata oscillazione dei tenori di oro e argento nelle diverse misurazioni, a testimonianza del fatto che la lega non è omogenea. Al di sopra di queste due dorature si riscontrano due strati di prodotti di corrosione dal colore verde chiaro, formati essenzialmente da carbonati di rame (malachite) e piombo (cerussite e/o biacca). Il carbonato di piombo, in particolare, è caratterizzato da cristalli dall'*habitus* fibroso, indici della migrazione dall'interno verso l'esterno dei sali di piombo. Si rileva inoltre anche l'abbondante presenza di fosfati e cloruri. Lo strato più superficiale di doratura è costituito da due lamine sovrapposte e contraddistinte da un titolo molto elevato (Au 97-99%). La tecnica di doratura per le lamine degli strati B e E, sulla base delle evidenze analitiche, è con molta probabilità associabile all'uso di un adesivo di origine organica. Al contrario non è possibile definire con certezza quella relativa alla lamina dello strato A, poiché non sono presenti gli strati sottostanti.

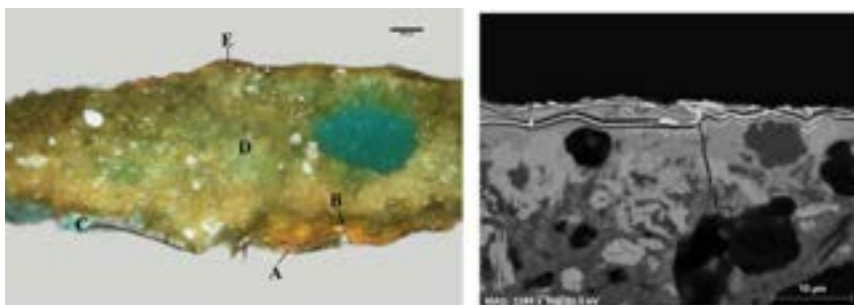


Figura 10. Campione D6929-1: foto in luce riflessa della sezione stratigrafica (a), Immagine SEM dove in superficie sono ben visibili le due lamine d'oro sovrapposte (b).

Indagine merceologia mediante PLMO e SEM-EDS

Sul retro del fianco sinistro dell'Harpocrate si ritrova l'armatura di un tessuto apparentemente posizionato al di sopra delle tracce di doratura rinvenute. Il tessuto si presenta in gran parte mineralizzato, a causa dei prodotti di corrosione. Un microprelievo sul tessuto ha confermato anche in questo caso si tratta di fibre di lino (D6929-2).

NOTE

[1] Fitzenreiter 2014b; Fitzenreiter 2014c.

[2] Loeben 2014.

[3] Bronzi egizi attestano uno spessore della foglia anche al di sotto di mm. 0,005, cfr. LUCAS 1962, p. 231; OGDEN 2000, p.160. Sui procedimenti per la produzione della foglia d'oro, cfr. SHIRLEY 1965; ODDY 2000 pp. 3-4. Sulla tecnica più in generale, cfr. OGDEN 2000.

[4] Probabilmente di natura organica, cfr. ODDY 1993, p.174.

[5] La tecnica di doratura più antica è la "doratura a lamina", datata già intorno al 3000 a.C., cfr. ODDY 1993, p.171; OGDEN 2000, p. 160; ODDY, PADLEY e MEEKS 1978. Per le leghe d'oro, cfr. HATCHFIELD, NEWMAN 1991.

[6] L'impasto poteva essere di lieve spessore, come sul copricapo del dio Amon e sull'Harpocrate, oppure composto da più strati, cfr. DELANGE, MANTOVA e MEYOHAS 1995, p.137.

[7] DELANGE, MANTOVA e MEYOHAS 1995.

[8] Ben visibili, per esempio, su alcune statuette conservate al British Museum: divinità con testa di sciacallo (inv. EA 11497), testa di Isis-Serqet (inv. EA 30492), Harpocrate (inv. EA 4338); cfr. ODDY, PEARCE e GREEN 1988; OGDEN 2000, p.160. Cfr. inoltre la statuina conservata nei Musei Vaticani, inv.18439.

[9] DELANGE, MANTOVA e MEYOHAS 1995. Per le sostanze adesive, cfr. SERPICO 1995; TCHAPLA, BLETON, GOURSAUD e MEGANELLE 1999; MOULHÉRAT 2000; MATHE, HOVANEISSIAN, ARCHIER e VIEILLESCHAZES 2006.

[10] OGDEN 2000, p.159; GRIFFIN 2000, pp. 51-52.

- [11] I manufatti in legno dorato trovano l'impiego di una preparazione molto affine, cfr. RIFAI, EL-HADIDI, 2010, pp.17-21; EL-HADIDI 2017.
- [12] Come per la statuetta di Osiride BM inv. EA 60718, cfr. GRAEME, TAYLOR e CRADDOCK 2015, pp. 113-114.
- [13] Le preparazioni a base di calcite sono ottenute con l'impiego di terra calcarea, cfr. ODDY, PEARCE e GREEN 1988, p. 37; ODDY, PEARCE e GREEN 1993, p. 175.
- [14] Rinvenuto negli scavi di Kameiros sull'isola di Rodi, su un bronzetto di cobra, probabilmente un ureo per una figura più grande (British Museum, inv. EA 63593), su cui l'impasto preparatorio è risultato composto da calcio magnesio carbonato, cfr. ODDY, PEARCE e GREEN 1988, p. 35.
- [15] Minerali di argilla addizionati al gesso riscontrati su un esemplare proveniente da Rodi (British Museum, inv. EA1861), cfr. ODDY 1988, p. 35.
- [16] Probabilmente di natura organica "possibly animal glue", cfr. ODDY 1993, p.175; DELANGE - MANTOVA - MEYOHAS 1995, p. 139; OGDEN 2000 p.160.
- [17] ODDY fa riferimento a Lucas e Harris, che citano Plinio, cfr. ODDY-PEARCE-GREEN 1988, p. 37.
- [18] Vedi l'Osiride conservata al Louvre (inv. N 3390), cfr. DELANGE-MANTOVA-MEYOHAS, 1995, pp.137-143, Fig. 9.
- [19] Le osservazioni sono state confermate dalla sezione stratigrafica, che evidenzia la disposizione dei diversi strati di doratura, piegati e ripiegati più volte su se stessi, composti dalla stessa lega d'oro.
- [20] Se ne esclude la natura proteica, grazie anche alla collaborazione di Clara Granzotto e Enrico Cappellini (Università di Copenhagen) per lo studio della composizione delle sostanze adesive, utilizzando la FT-IR e tecnologia nano LC-MS/MS.
- [21] Le analisi scientifiche hanno riscontrato sulla superficie della preparazione, al di sotto della foglia d'oro, uno strato uniforme di carbonato di piombo (intenzionale?).
- [22] Questo impasto si presenta con una consistenza friabile e colorazione marrone chiaro, che potrebbe confondersi con un generico deposito terroso. La presenza diffusa dei prodotti di corrosione del bronzo non ha consentito di determinarne l'effettiva composizione.
- [23] Per un approfondimento sugli esemplari di grandi dimensioni tecnicamente affini ai nostri bronzetti, vedi le figure delle "divine adoratrici" della serie Karomama, cfr. RAVEN 1993; DELANGE-DI MANTOVA- MEYOHAS 1995; AUBERT-AUBERT 2001; DELANGE- MEYOHAS- AUCOUTURIER 2005.
- [24] Sistema portatile XRF Gen. raggi X: Mod.: XTF 5011, V_{max} : 50 kV I_{max} : 1.0 mA; S/N ; Anodo: Au. Detector: Mod.: X-RAY detector AMP-TEK XR-100T; Preampl.: AMPTEK A250, MCA: Mod. AMPTEK PX2T; Software: WinMCA. Parametri per l'analisi XRF: 30 kV, 900 μ A, 100 sec.
- [25] Analizzate al microscopio ottico a luce polarizzata (MO-PL) e SEM-FEM con EDS.
- [26] Eseguita al microscopio ottico a luce polarizzata (MO-PL) e SEM-EDS, Quantax EDS Bruker.
- [27] Ciò indicherebbe che la statuetta era stata probabilmente avvolta in un tessuto.

BIBLIOGRAFIA

1. Aubert J. F., Aubert L. 2001. *Bronzes et or égyptiens*, Paris.
2. Bosticco S. 1953. "Notizia della raccolta di antichità egiziane Carlo Grassi entrata nel Museo Gregoriano", in *Aegyptus* 33, 1953, pp. 209-221.
3. Delange E., Di Mantova A., Meyohas M. 1995. "Une extraordinaire statue de bronze doré conservée au Louvre", in C. Browns, F. MacAlister, M. Wright (eds.) *Conservation in Ancient Egyptian Collections*, London 1995, pp. 137-145.
4. Delange E., Meyohas M. E., Aucouturier M., "The statue of Karomama, a testimony of the skill of Egyptian metallurgists in polychrome bronze statuary", in *Journal of Cultural Heritage* 6, 2005, pp. 99-113.
5. Fitzenreiter M. 2014b. Motive ägyptischer figürlicher Kleinbronzen", in M. Fitzenreiter, C. Loeben, D. Raue, U. Wallenstein (Hrsg.), *Gegossen Götter. Metallhandwerk und Massenproduktion im alten Ägypten*, Rahden/Westf., pp. 163-167.
6. Fitzenreiter M. 2014c. "Funktion und Kontext ägyptischer Kleinbronzen", in M. Fitzenreiter, C. Loeben, D. Raue, U. Wallenstein (Hrsg.), *Gegossen Götter. Metallhandwerk und Massenproduktion im alten Ägypten*, Rahden/Westf., pp.169-174.
7. Graeme M. A., Taylor J. H., Craddock P. 2015. "The conservation and technical investigation of a hollow-cast. Egyptian bronze", in *Technical Research Bulletin (British Museum)* 9, pp. 111-120.
8. Grenier J.-C. 2002. *Les bronzes du Museo Gregoriano Egizio*, Aegyptiaca Gregoriana V, Città del Vaticano.
9. Griffin, P. S. 2000. "The selective use of gilding on Egyptian polychrome bronzes", in T. Drayman-Weisser (ed.), *Gilded Metals: History, Technology and Conservation*, London, pp. 49-72.
10. El-Hadidi N. M. N. 2017. "The effect of preparative layers on the anatomical structure and chemical composition of native Egyptian wood", in A. Amenta, H. Guichard (ed.), *Proceedings of the First Vatican Coffin Conference (Vatican Museums, 19-22 June 2013)*, Città del Vaticano, pp. 199-207.
11. Hatchfield P., Newman R. 1991. "Ancient Egyptian gilding methods", in D. Bigelow, E. Cornu, G. Landrey, C. van Horn (ed.), *Gilded Wood, Conservation and History*, Madison - USA, pp. 27-47.

12. Loeben C. 2014. "Verfahren der Massenreproduktion im Alten Ägypten", in M. Fitzenreiter, C. Loeben, D. Raue, U. Wallenstein (Hrsg.), *Gegossen Götter. Metallhandwerk und Massenproduktion im alten Ägypten*, Rahden/Westf., pp. 59-82.
13. Lucas A., Harris J. R. 1962. *Ancient Egyptian Materials and Industries*, London.
14. Mathe C., Hovaneissian M., Archier P., Vieillescazes C. 2006. "Identification de résines végétales datant de l'Égypte ancienne par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse", in *Archeo Sciences, Revue d'Archéométrie* 29, Jan., pp. 157-171.
15. Moulherat C. 2000. "Une exemple de conservation providentielle: Les textiles archéologiques minéralisés par le produits de corrosion", in *La conservation-restauration en archéologie: Objets composites, traces et prélèvements. Actes des XIV^{es} Journées des Restaurateurs en Archéologie (Saint-Denis, 25-26 Juin 1998)*, Cahiers Techniques 5, pp. 51-58.
16. Oddy A. 1993. "Gilding of metals in the Old World", in P. T. Craddock, S. La Niece (eds.), *Metal Plating & Patination: Cultural, Technical & Historical Developments*, London 1993, pp. 171-176.
17. Oddy A. 2000. "A history of gilding with particular reference to statuary", in T. Drayman - Weisser (ed.), *Gilded Metals: History, Technology and Conservation*, London, pp. 1-19.
18. Oddy W. A., Padley T. G., Meeks N. D. 1978. "Some unusual techniques of gilding in antiquity", in *Proceedings of the 18th International Symposium on Archaeometry and Archaeological Prospection (Bonn, 14-17 March 1978)*, Bonn, pp. 230-242.
19. Oddy A., Pearce W. A., Green P. L. 1988. "An unusual gilding technique on some Egyptian bronzes in conservation of Ancient Egyptian materials", in S. C. Watkins, C. Brown (ed.), *Proceedings of the United Kingdom Institute for Conservation Conference (Bristol, 15-16 December 1988)*, London, pp. 35-39.
20. Ogden J. 2000. "Metals", in P. T. Nicholson, I. Shaw (ed.), *Ancient Egyptian Materials and Technology*, Cambridge, pp. 148-176.
21. Raven M. J. 1993. "The Lady of Leiden, a monumental bronze figure and its restoration", in L. Limme, J. Strybol (ed.), *Aegyptus Museis Redivida. Miscellanea in Honorem Hermann De Meulenaere*, Bruxelles, pp. 129-140.
22. Rifai, M. M., El-Hadidi N. M. N. 2010. "Investigation and analysis of three gilded wood samples from the tomb of Tutankhamun", in J. Dawson, C. Rozeik, M. M. Wright (ed.), *Decorated Surfaces on Ancient Egyptian Objects: Technology, Deterioration and Conservation. Proceedings of a Conference held in Cambridge (7-8 September 2007)*, Cambridge, pp. 16-24.
23. Serpico M. 1998. "Chemical analysis of coniferous resins from ancient Egypt using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)", in E. Eyre (ed.), *Proceedings of the 7th International Congress of Egyptologists (Cambridge, 3-9 September 1995)*, Orientalia Lovaniensia Analecta 82, Leuven, pp. 163-164.
24. Tchapla A., Bleton J., Goursaud S., Méganelle P. 1999. "Contribution à la connaissance des substances organiques utilisées en Égypte ancienne. L'apport de techniques physico-chimiques d'analyse", in *Encyclopédie religieuse de l'Univers végétal. Croyances phytoreligieuses de l'Égypte ancienne*, Orientalia Monspelliensia X.1, pp. 445-488.

LEGA DI RAME: UN NUOVO SUPPORTO PER IL BUSTO DEL SETTIMIO SEVERO DEI MUSEI VATICANI; SPUNTI DI RIFLESSIONE OFFERTI DALL'OSSERVAZIONE DELLE SUPERFICI INTERNE

Flavia Callori*, U. Santamaria**, G. Cornini***, M. Serlupi Crescenzi****, C. Lega*****, F. Morresi*****,
F. Castro*****, F. Francescangeli*****, C. M. Omodei Zorini*****, C. Serino*****

*Responsabile del Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, 06 69864196,
flavia.callori@scv.va

**Responsabile dei Gabinetti di Ricerche Scientifiche applicate ai Beni Culturali, Musei Vaticani,
ulderico.santamaria@scv.va

***Curatore del Reparto per le Arti Decorative, Musei Vaticani, maria.serlupi@scv.va

**** Assistente del Reparto per le Arti Decorative, Musei Vaticani, claudia.lega@scv.va

***** Delegato Scientifico, già curatore del Reparto per le Arti Decorative dei Musei Vaticani, guido.cornini@scv.va

***** Assistente dei Gabinetti di Ricerche Scientifiche applicate ai Beni Culturali, Musei Vaticani,
fabio.morresi@scv.va

***** Laboratorio dei Gabinetti di Ricerche Scientifiche applicate ai Beni Culturali di Diagnostica, Musei Vaticani, fabio.castro@scv.va

***** Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, fabiana.fancescangeli@scv.va

***** Laboratorio di Restauro Metalli e Ceramiche, Musei Vaticani, chiara.omodeizorini@gmail.com

***** Restauratore, Equilibrarte, srl, tel. 3478813217, carlo.serino@gmail.com

Abstract

Al momento del restauro il ritratto di Settimio Severo dei Musei Vaticani (n. inv. 67904) si presentava composto da più elementi: un busto metallico di forma cava (in lega di rame), vincolato alla base lapidea sottostante mediante un'anima interna (di gesso e inerti vari) e un perno di ancoraggio metallico (in ferro). La testa dell'imperatore appariva suddivisa a sua volta in cinque elementi distinti, allettati sul riempimento in gesso e variamenti giuntati a mezzo di saldature in piombo e stuccature di superficie.

Il reperto, acquisito nel 1804 (già Biblioteca Apostolica Vaticana) trovò la sua storica collocazione nel Museo Profano durante il primo quindicennio dell'Ottocento, nell'ambiente "semiconfinato" di una nicchia, e fu dunque sottoposto sin da allora alle variazioni termoigrometriche dello spazio museale.

Nel 2014, la segnalazione di tracce di corrosione del ferro, affioranti sulla superficie del gesso, ha sollevato perplessità circa l'effettiva idoneità ed efficacia del supporto storico e ha motivato una campagna di indagini diagnostiche rivolta a valutare la stabilità delle condizioni conservative. Sulla base di quanto appurato, la Direzione Lavori ha ritenuto opportuno procedere alla rimozione del riempimento in gesso e alla sua sostituzione con un supporto interno idoneo (chimicamente inerte e stabile a invecchiamento), amovibile (onde favorire l'eventuale ispezione delle superfici interne) e tale da riproporre inalterato l'aspetto estetico dell'opera precedente al restauro. Il supporto è stato realizzato dal dott. Carlo Serino (in resina epossidica armata con fibra di carbonio) sulla base del rilievo scanner 3D a luce strutturata delle superfici interne ed esterne del busto, eseguito dai *Gabinetti di Ricerche Scientifiche applicate ai Beni Culturali* dei Musei Vaticani. Grazie alla soluzione adottata è stato possibile preservare l'aspetto del busto giunto ai nostri giorni, ricomponendo le diverse parti del bronzo nella loro disposizione originaria, con un sistema di controforme removibili e vincoli meccanici reversibili.

Pur rispondendo a un'esigenza conservativa l'intervento di restauro ha offerto l'occasione di approfondire la conoscenza di questo particolare manufatto, verso il quale si era già rivolta l'attenzione del personale tecnico e scientifico dei Musei Vaticani negli anni '70: le evidenti disomogeneità stilistiche e peculiarità tecniche del getto di fusione apparvero sin da allora tali da lasciar supporre la giustapposizione di elementi originariamente non pertinenti. L'attenta osservazione delle diverse valve in bronzo e la lettura accurata delle tracce lasciate dalle tecniche esecutive hanno offerto interessanti spunti di riflessione circa la corrispondenza cronologica delle diverse parti, e hanno condotto la Direzione Lavori a considerare nuove ipotesi interpretative circa la finalità stessa dell'opera.

Tecniche esecutive

Al momento dell'intervento il busto di Settimio Severo appariva dunque composto dalla giunzione di diversi elementi in bronzo (figg.2-6): il volto, il collo, la capigliatura e la calotta cranica.

Il volto era reso in una sola valva dal profilo regolare, lungo la linea del mento, delle orecchie sino alla sommità del cranio (fig.2-4). Tale andamento, congiunto all'assenza di profondi sottosquadri (nella capigliatura e all'interno delle orecchie) ha suggerito l'impiego per il viso di una procedura di riproduzione già consueta nel 1800 negli studi accademici, la formatura mediante **"maschera facciale"**, la quale giustificerebbe anche la deformazione plastica assiale riscontrata sulla parte sinistra del viso e ricorrente durante la fase operativa di distacco del calco dal modello [1]. E' stata evidenziata inoltre la presenza di impronte lasciate da gocce di cera liquida, non rifinita durante il **processo di fusione indiretta** (fig.11), sia sulla superficie interna del volto che sulla superficie interna del collo [2], attestando in tal modo l'impiego di questa tecnica per diverse parti del busto. Protuberanze globulari del getto non pertinenti al modellato (ad esempio in corrispondenza della pupilla dell'occhio sinistro, fig.8) offrono ulteriore sostegno a tale ipotesi. Si tratta di convessità minute, dovute a bolle d'aria intrappolate nel calco-in fase di formatura- e riprodotte in un primo tempo nella cera e successivamente nel bronzo.

Per quanto riguarda il processo di formatura si segnalava infine la esistenza di un "canale di deflusso", emerso durante lo svuotamento del busto in corrispondenza delle superfici interne ed esterne della nuca, e ivi lasciato in fase di rifinitura (fig.6-7).

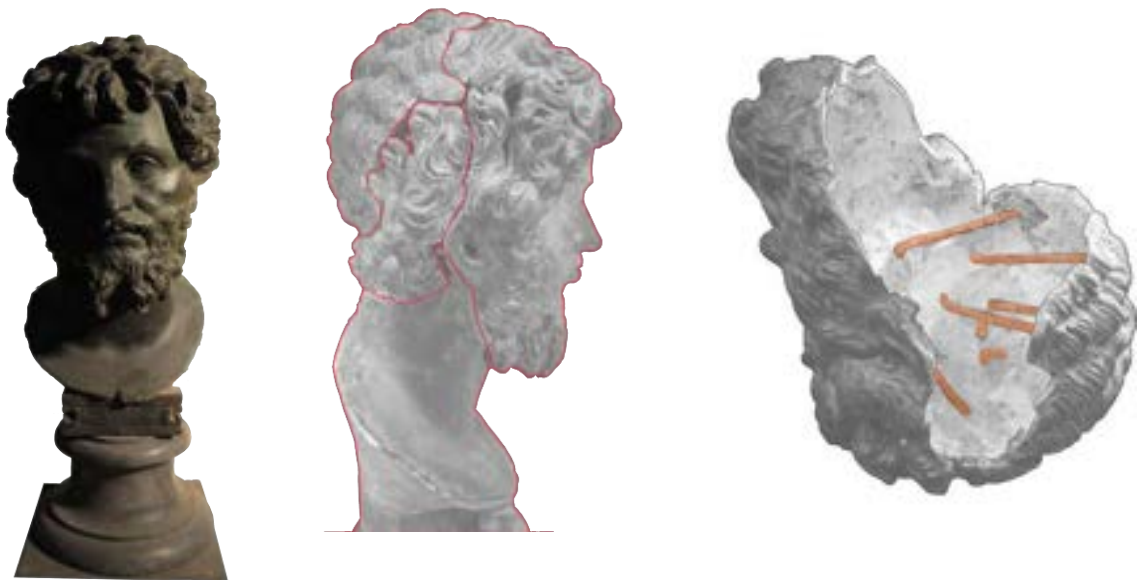


Figura 1-2-3. Prospetto frontale del busto prima dell'intervento di restauro; suddivisione delle diverse valve del busto, base grafica

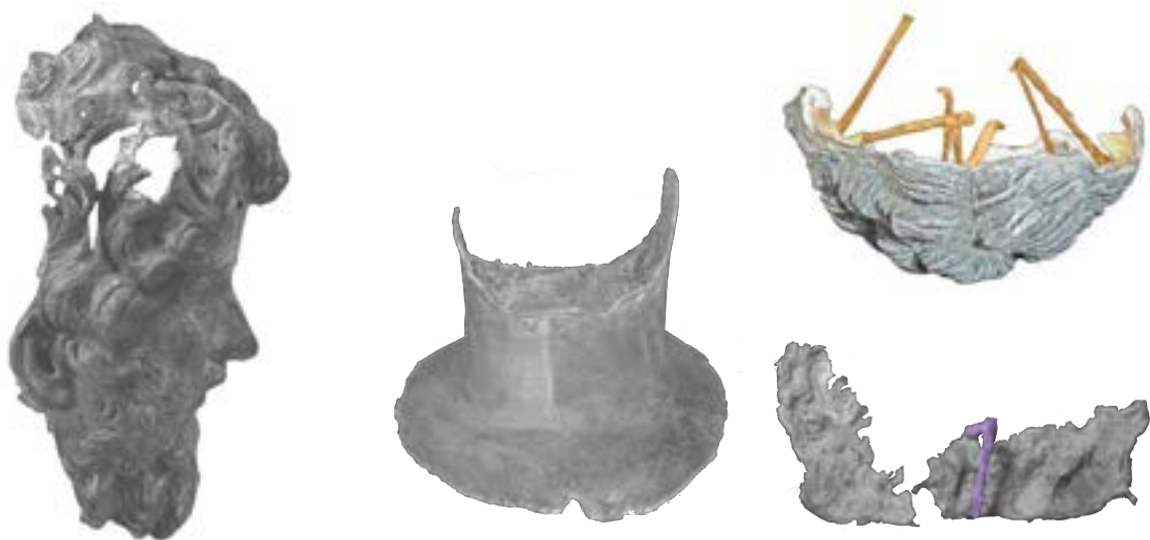


Figura 4-5-6: base grafica delle diverse parti del busto scomposte: il volto, il collo, la calotta cranica e la capigliatura della nuca.

La rimozione del materiale di riempimento (gesso) ha portato in luce inoltre un numero considerevole di lacune del getto (per lo più in corrispondenza della capigliatura e della barba fig.12), trascurate in fase di rifinitura e

diffuse al punto da essere interpretate inizialmente quali difetti di esecuzione, imputabili forse all'imperizia del fonditore [4]

Lo svuotamento e la scomposizione delle diverse valve avevano messo in luce ulteriori fattori di difformità, riguardanti anche gli spessori dei getti di fusione: regolare e più consistente per la calotta cranica e per il collo rispetto al volto e alla nuca.

Allo stesso tempo, l'esame visivo diretto delle superfici interne della calotta cranica aveva permesso di evidenziarne peculiarità tecniche che la distinguevano nettamente dal resto delle valve, quali la suddivisione in due parti (giuntate meccanicamente con lastrine rettangolari imperniate) e l'ancoraggio all'anima interna per mezzo di sei perni di allettamento in ferro (fig.6) non chiaramente distinguibili in radiografia prima dello smontaggio? Tali considerazioni di ordine tecnico, affiancate all'evidente differenza stilistica delle tre valve, in cui si scompone la capigliatura, lasciavano supporre una diversa origine e datazione cronologica delle distinte parti.

E' interessante segnalare a tale riguardo che i profili delle valve risultano per lo più combacianti gli uni con gli altri, fatta eccezione per quella della calotta cranica, la quale in più punti sormonta le altre con discontinuità dei piani. In particolare, in corrispondenza anatomica con la sutura coronarica, la calotta, sopralivello, è accolta in una sede ricavata sulla valva del volto, mediante una "spalletta verticale" di raccordo (fig.9-10). La superficie a cui la calotta si sovrappone risulta tuttavia modellata con ciocche di capigliatura (fig.10), fattore che ne suggerisce quindi l'originaria esposizione alla vista e la successiva manipolazione dei volumi, in epoca da definirsi.



Figura 7-8: vista posteriore del busto, si noti differenza stilistica nella resa delle ciocche tra la calotta cranica e la nuca; cerchiato in rosso il canale di deflusso della cera non rimosso in fase di rifinitura; a destra il particolare dell'occhio sinistro con la protuberanza globulare in corrispondenza dell'incavo della pupilla.



Figura 9-10: vista zenitale, spalletta di raccordo tra la calotta e la valva del volto; a destra la porzione di capigliatura nascosta dalla sovrapposizione della calotta.

La consulenza del *Laboratorio Restauro Materiali Lapidari e Calchi* ha offerto fondamentali chiavi interpretative circa "l'originalità" delle diverse parti del busto e i loro rapporti cronologici. [8] Secondo il collega Andrea Felice, lo spessore consistente ed omogeneo del getto e la rivettatura centrale interna spostano la fusione della calotta ad un'epoca antecedente la diffusione della brasatura nell'Europa occidentale (orientativamente al più tardi a fine 1700). Sulla base di quanto esposto egli attribuisce alla calotta cranica una datazione posteriore rispetto alle tre valve della testa, a seguito di una fusione distinta dal resto del manufatto, a completamento del medesimo, come confermato anche dall'analisi dei materiali costitutivi.

Le discordanze sino ad ora esposte non erano sfuggite all'osservazione degli storici e curatori dei Musei nel corso dell'ultimo secolo e a tale scopo erano state condotte già nel 1973 delle analisi distruttive (prelievo mediante "carotaggio") per identificare la composizione della lega metallica e ricostruire il percorso storico conservativo del manufatto [5]. Le indagini sono state ripetute con tecniche non distruttive nel 2018 (fig.13), confermando la distinzione della lega della calotta (Cu-Zn) dal resto delle valve, con una percentuale di zinco pari al 10% circa. [6].

Per quanto riguarda le tecniche esecutive è infine necessario evidenziare un ultimo aspetto emerso dal dialogo con il collega Andrea Felice: le lacune della capigliatura sul volto hanno un profilo sinuoso, tale da richiamare il comportamento di un fluido piuttosto che l'andamento rettilineo e spezzato delle fratture del metallo in fase solida (fig.15). Lo spessore decrescente e la sezione curvilinea del getto (fig.16 e 17) in corrispondenza delle mancanze suggeriscono la presenza di vere e proprie vuoti già esistenti nel modello in cera e non imputabili alla lega metallica utilizzata, la quale viceversa presenta una elevata percentuale di fondenti (circa il 20% p/p di piombo), adatta a raggiungere anche i più esigui spessori dell'intercapedine. Le lacune che interessano il volto di Settimio Severo non sarebbero dunque il frutto di un'irregolarità della colata [7] bensì di lacune già esistenti nella forma in cera.



Figura 11-12: prospetto interno della valva del volto, trace di fusion indiretta e presenza diffusa di lacune del getto.

Tale situazione si configura come una scelta tecnica da parte del fonditore. Sulla base di quanto condiviso dunque l'originaria ipotesi che vedeva in questo busto il frutto di una "fusione non andata a buon fine" è da considerarsi confutata. Grazie all'esame delle superfici interne si ritiene oggi probabile che l'opera fosse stata concepita già inizialmente in più parti, ipotesi avvalorata dalla presenza del canale di colata, sulla superficie interna della nuca, già menzionato. Questi elementi erano abitualmente posti all'esterno della forma chiusa, avvolti dalla camicia, per agevolare le operazioni di nettatura. Affinché il canale risultasse esternamente alla forma, la fusione della capigliatura deve essere avvenuta separatamente da quella del volto.

Da quanto osservato, da un punto di vista formale si registra complessivamente l'intenzione del fonditore di interrompere la lavorazione ad un livello se non altro "non finito", impressione avvalorata dall'assenza di riprese a cesello e dalla consueta finitura dei piani (rimozione delle barbe e dei canali di colata, levigatura delle superfici), fasi operative indispensabili perché la fusione potesse all'epoca considerarsi compiuta. Alla luce di tali osservazioni l'intera interpretazione dell'opera subirebbe così un radicale capovolgimento.



Figura 13-14: ripresa in analisi in fluorescenza X (XRF) e particolare dei punti di misura.

Il busto di Settimio Severo potrebbe costituire un esempio dei prodotti indirizzati al mercato del Grand Tour – benché di fattura grossolana, oppure potrebbe essere stato progettato per una fruizione a distanza, privilegiando la visione dal basso, tale da non richiedere né il completamento della calotta, né la rifinitura dei piani. A tale riguardo è interessante osservare che la presenza di creste di fusione tra le ciocche di capelli, di canali di sfiato e di bolle di metallo (come quelle in corrispondenza della pupilla) non rimossi evidenziano una mancanza di attenzione per la rifinitura delle superfici che mal si confà anche all'ipotesi interpretativa di un "falso" [8]



Figura 15-16-17: dettagli delle superfici interne ed esterne in corrispondenza delle lacune del getto. Il profilo curvilineo delle sezioni attesta la presenza delle lacune già nel modello in cera.

Ricostruzione mediante sistema integrato 3D

In occasione del restauro del busto di Settimio Severo, che ha previsto lo smontaggio del collarino di gesso e la realizzazione di uno nuovo in resina sintetica, i Gabinetti di Ricerche Scientifiche applicate ai Beni Culturali hanno effettuato la scansione 3D del busto ad alta precisione tramite luce strutturata (la mesh del busto è formata da 6.536.566 milioni di triangoli, fig.18), al fine di acquisirne il modello matematico prima dell'inizio dell'intervento di restauro [9].

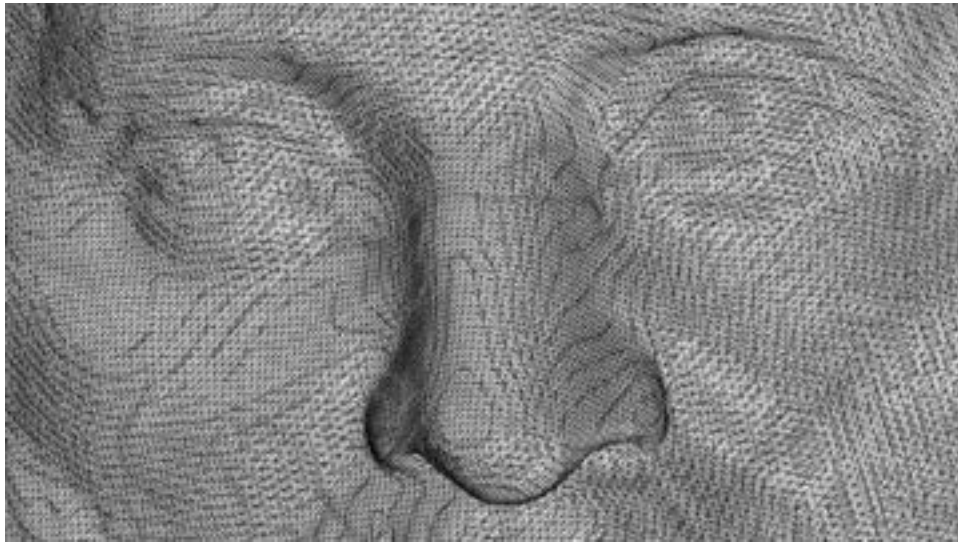


Figura 18: particolare dei triangoli della mesh della scansione del volto del busto.

Lo scopo della indagine è stato quello di rilevare il manufatto prima che venisse sottoposto a qualsiasi intervento, nella sua posizione originale, in modo tale da “congelare” la posizione del busto rispetto alla base e garantirne la corretta posizione in fase di realizzazione del nuovo collarino (fig. 19, 20 e 21).

Successivamente alla fase di smontaggio e ricomposizione dei frammenti pertinenti la testa, effettuata dai restauratori, e dopo la realizzazione del supporto di sostegno interno realizzato dalla ditta Equilibarte, si è proceduto a scansionare la superficie interna del collo e la superficie d’appoggio della base del busto, in modo di avere l’esatta morfologia delle superfici d’appoggio per il nuovo collarino (fig. 22 e 23).

Per ottenere la corretta inclinazione tra base e busto, si è proceduto alla sovrapposizione delle scansioni effettuate prima e dopo lo smontaggio tramite il software di modellazione 3D [10]. Una volta individuata la giusta inclinazione, è seguita la fase di realizzazione del nuovo collarino, modellato tramite il software 3D Rhinoceros. Dopo la realizzazione del solido, la cui forma estetica rispetta la morfologia e l’andamento della prima scansione, è stata eseguita la differenza Booleana [11] del collarino rispetto alla base e al busto, al fine di ottenere l’esatta

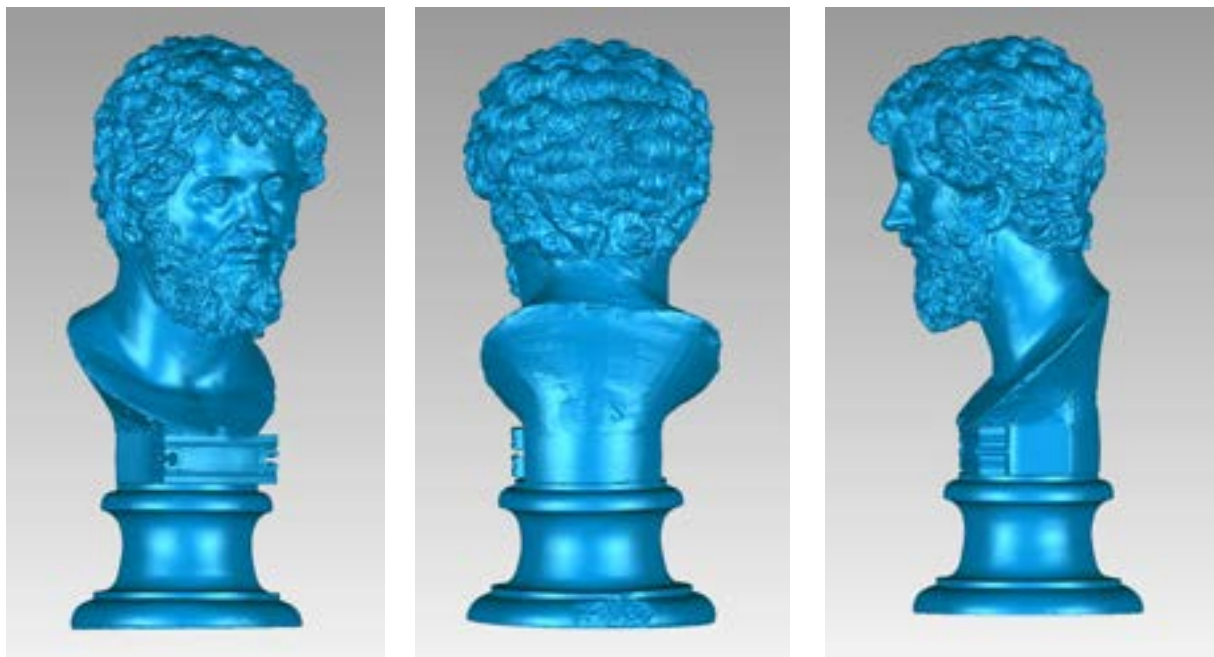


Figura 19-20-21: vista frontale, posteriore e laterale della scansione del busto prima dello smontaggio.

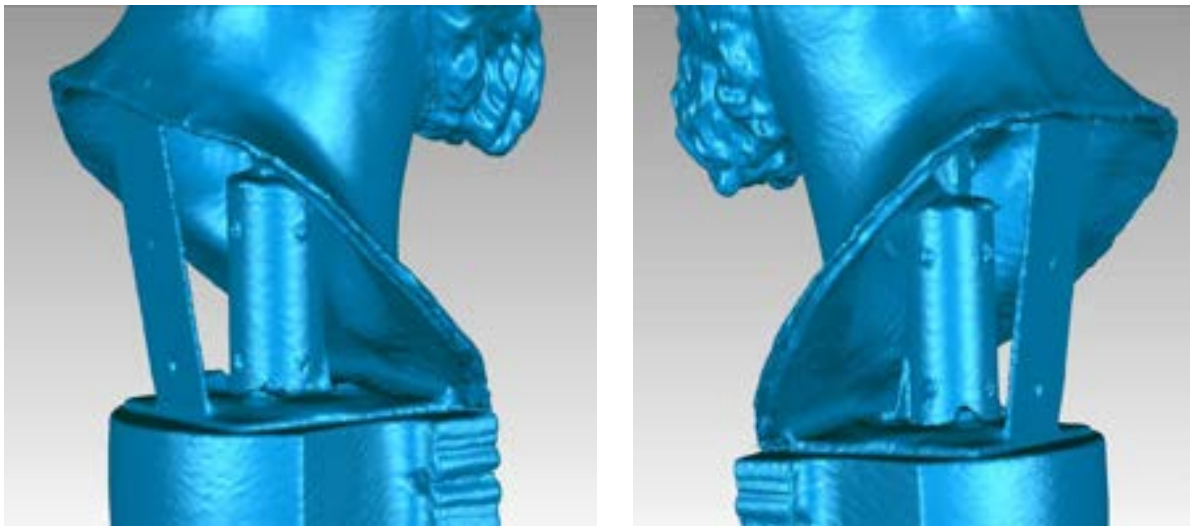


Figura 22-23: particolari della scansione della base e dell'interno del busto dopo la rimozione del gesso e l'inserimento del supporto di sostegno in fibra di carbonio e acciaio.

morfologia della superficie d'appoggio sia rispetto alla base che al busto (fig. 24-31).

In questa fase il collarino si presentava come un solido pieno e prima del suo inserimento bisognava creare lo spazio nel suo interno per l'ingombro del supporto di sostegno sottraendo al collarino la geometria del supporto in fibra di carbonio e acciaio applicando nuovamente la sottrazione booleana. È stato ritenuto opportuno sezionare il pezzo in due parti per rendere più agevole l'inserimento del nuovo collarino dati i tanti sottosquadri presenti che rendevano difficile la sua esatta collocazione (fig.32 e 33). Infine, il collarino è stato stampato tramite la stampante professionale 3D ProJet MJP 2500 con il materiale VisiJet M2R-WT [12].

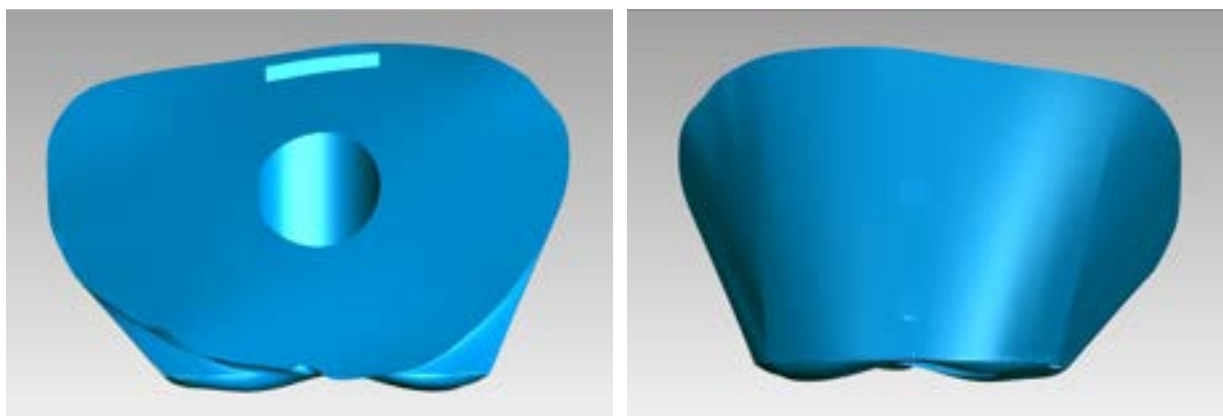


Figura 24-25: modellazione del nuovo collarino realizzato con il software di modellazione 3D Rhinoceros, vista frontale e posteriore.

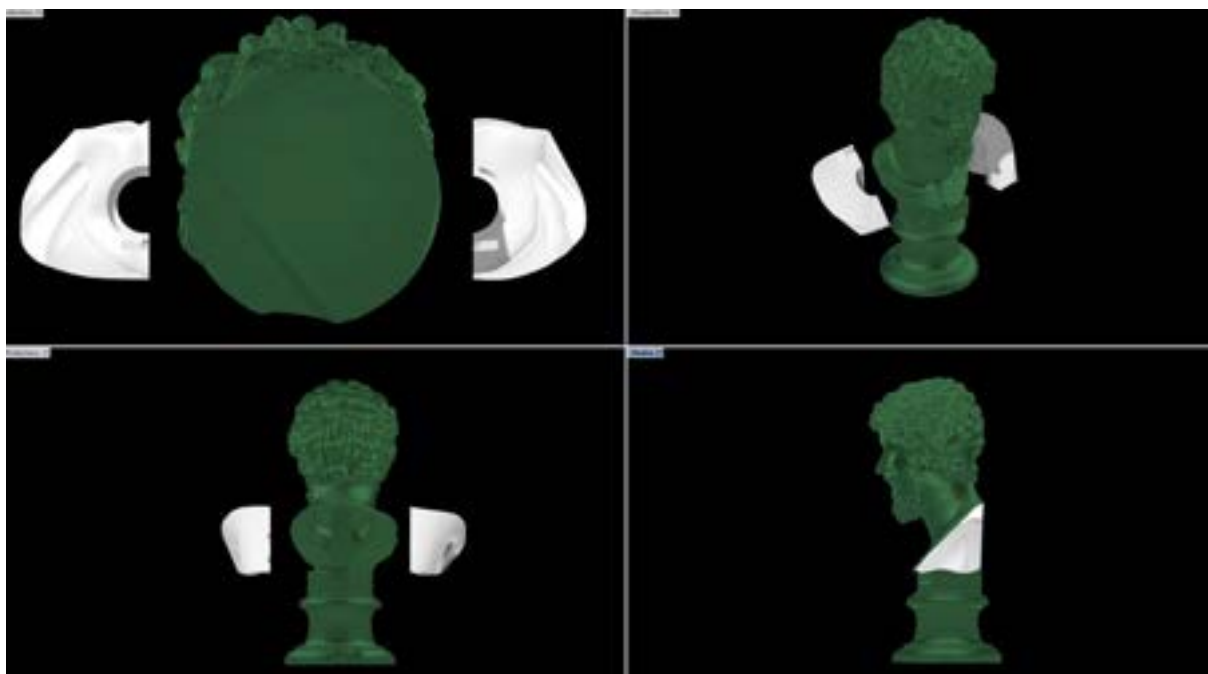


Figura 26-27-28-29: simulazione dell'inserimento del collarino, rendering vista inferiore, posteriore, prospettica e destra.

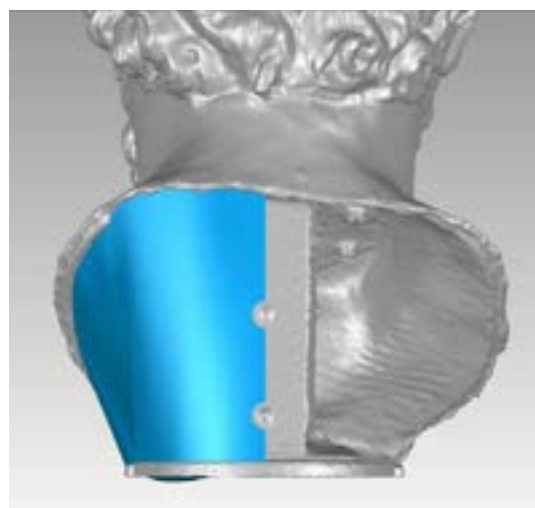
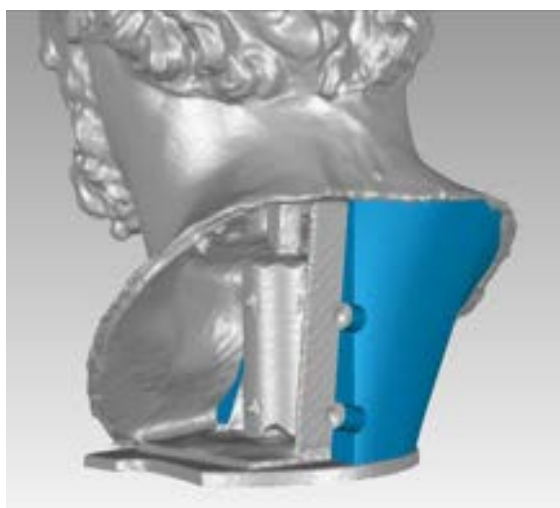


Figura 30-31: particolare dell'inserimento delle due metà del nuovo collarino, vista posteriore.

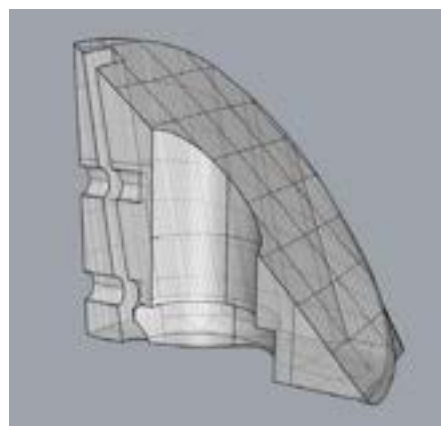
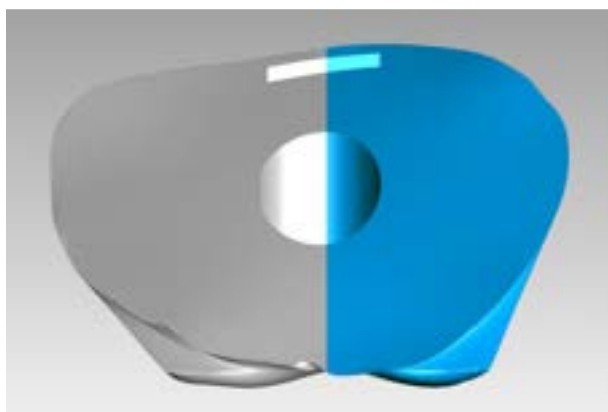


Figura 32-33: particolare della suddivisione del collarino e sezione prospettica dell'interno.

Il nuovo supporto interno [13]

Per la riproposizione del busto era necessario un supporto rigido su cui fissare meccanicamente e in modo reversibile i cinque componenti bronzei del busto; era anche richiesto che fossero conservati tutti gli elementi metallici interni (l'anima centrale a sezione quadrata che collegava la base lapidea al busto e i perni di allettamento in ferro saldati alla calotta posteriore) che testimoniavano la storia conservativa del manufatto. Le scansioni 3D del busto eseguite dal Laboratorio di Indagini Diagnostiche prima dell'intervento e dopo lo smontaggio dei singoli elementi che compongono il busto si sono rivelate fondamentali per la realizzazione del supporto: hanno infatti permesso di ricostruire la posizione reciproca dei diversi elementi del busto con la base marmorea ed una precisa progettazione del supporto.

In considerazione della forma complessa e articolata da realizzare, è apparso subito evidente che un materiale plastico rinforzato fosse la soluzione più adeguata alla realizzazione del supporto e si è optato in particolare per un composito costituito da un'armatura in fibre di carbonio e una matrice in resina epossidica bicomponente [14].



Figura 34-35: Gli stampi del collo e della testa.

Una volta ricomposto virtualmente l'oggetto, è stato progettato il supporto individuando le aree interne al manufatto in corrispondenza delle quali disporre un sostegno: un collare per tutta l'ampiezza del collo ed una fascia di circa 20-25 mm sui giunti tra gli elementi bronzei [15]. Per rendere possibile il montaggio in successione di tutte le parti del busto, il supporto doveva essere realizzato in due parti principali destinate a sorreggere una il collo e l'altra la testa. Dal modello virtuale del



Figura 36-37: Il supporto della testa (vista frontale e laterale) e il supporto del collo.

supporto sono stati ricavati due stampi che sono stati eseguiti in nylon sinterizzato mediante sinterizzazione laser selettiva (SLS), tecnologia che permette di realizzare geometrie molto complesse con una elevata definizione dei dettagli. Ogni stampo è stato realizzato in più parti per consentire la sformatura del laminato; sugli stampi sono stati colmati tutti i sottosquadri con cera dentistica e le superfici sono state trattate con una doppia mano di distaccanti, prima uno ceroso spray e quindi uno a base di alcool polivilico. Il composito è stato realizzato direttamente sullo stampo (nel caso della testa “nello” stampo) su una prima stesura di resina epossidica addensata con pigmento nero in polvere per avere la certezza che venisse seguita fedelmente la forma dello stampo stesso. La stratificazione è stata eseguita a mano e senza l'ausilio del vuoto che avrebbe potuto deformare gli stampi; l'operazione è stata eseguita in più passaggi fino a raggiungere uno spessore di 3-4 mm applicando non più di due o tre strati di tessuto alla volta.

Una volta realizzato il supporto è stato indispensabile un attento lavoro di verifica della corrispondenza con le valve di bronzo del busto: alcuni piccoli sottosquadri che non era stato possibile rilevare con la scansione hanno imposto infatti modifiche puntuali per eliminare ogni possibile interferenza.

Gli elementi bronzei del busto sono stati fissati al supporto meccanicamente: il collo si mantiene in posizione solo per il proprio peso ed è bloccato dagli altri pezzi montati in successione; il volto è fissato grazie agli ampi sottosquadri presenti e per agire sui quali il supporto è stato scomposto in più pezzi; le altre valve sono state fissate con fermi meccanici: gruppi di 3 o 4 piccoli ganci di acciaio inossidabile rivestiti di una guaina di polietilene di colore nero bloccano i singoli elementi bronzei; i ganci sono smontabili dall'esterno grazie a meccanismi ai quali si accede con una micro-chiave a brugola sfruttando le discontinuità tra una valva di bronzo e l'altra. Anche il fissaggio del supporto sulla base lapidea è esclusivamente meccanico e sfrutta come ancoraggio il perno metallico originario a sezione quadrata. Tra bronzo e supporto, anche per evitare fenomeni di corrosione, è stato disposto un materiale isolante e ammortizzante [16].



Figura 38-39: Il supporto della testa, veduta posteriore prima dell'inserimento del collarino, ganci di vincolo e veduta interna prima dell'inserimento della calotta.

NOTE

- [1] Come evidenziato da Fabiana Francescangeli e da Andrea Felice.
- [2] La medesima traccia si osserva anche sulla superficie interna del collo.
- [3] Si ringrazia il maestro Andrea Felice per lo studio dell'opera e condivisione delle notazioni.
- [4] fatta eccezione per quella in corrispondenza del sopracciglio destro del volto (fig.), dalla cromia nettamente distinta dal resto del fuso (che il puntamento XRF conferma essere una lega binaria a base di stagno e piombo).
- [5] I risultati vennero pubblicati nel Bollettino dei Musei Vaticani questa nota si riferisce alle stesse informazioni della nota successiva; metterei l'una o l'altra.
- [6] Le analisi della lega condotte negli anni '70 evidenziano una maggiore presenza di piombo nelle valve del volto, del collo e della nuca, rispetto alla calotta, ove emerge una consistente presenza di zinco (come pubblicato in: Georg Daltrop, *Il Reparto di Antichità Classiche*, nel Bollettino dei Musei Vaticani I,3, 1959.1974, pp 9-52, edito nel 1979).

Teste di Settimio Severo "COMPARAZIONI"					
OGGETTO	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe
Settimio Severo (parte post.inf.)	73.0	1.3	25.0	1	0.1
Settimio Severo (collo)	81	1.2	15.5	0.8	1.0
Settimio Severo (parte anteriore)	81	0.6	17.5	1	0.4
Settimio Severo (parte post.sup.)	85.5	1.3	1.5	9	0.6

Nel corso del 2018 vengono eseguite delle analisi in fluorescenza a raggi X (Strumentazione ARTAX (Bruker) X-ray tube MCB 50-0,7G Anodo Mo, apertura focale 1,5 mm- 0,1 mm, angolo 6°, finestra del fascio, 10 mm, filtro 0,2 Be. Parametri strumentali: voltaggio 30KV, corrente 900μA, live time 100s) nelle quali si evidenzia una maggiore affinità in relazione al piombo della lega del puntamento 1 (capigliatura del volto nascosta dalla calotta) con la lega delle tre valve più antiche (volto e nuca) mentre il puntamento n.2, oltre la spalletta di raccordo risulta più affine a quello della calotta.

punti di misura	Element	Fe	Cu	Zn	As	Sn	Pb
1 ciocca in prossimità calotta	Cnts	34145	570348	51323	/	868	77910
	%	3,64	64,09	4,47	/	2,60	25,20
2 ciocca al di là cresta	Cnts	34236	831776	76416	1680	2405	19148
	%	2,63	80,08	5,77	0,21	5,12	6,19
3 ciocca a sx distante prime due	Cnts	6336	563561	15973	1027	956	17895
	%	0,82	84,31	1,84	0,20	3,59	9,24

- [7] riconducibile a fattori reologici del fuso, ad un'erronea distribuzione dei canali, ad uno slittamento delle controforme o alla bassa temperatura di fusione.
- [8] La consulenza del *Laboratorio Restauro Materiali Lapidei e Calchi* ha offerto dunque fondamentali chiavi interpretative circa "l'originalità" delle diverse parti del busto e i loro rapporti cronologici e pertanto al nostro collega vanno tutti i nostri ringraziamenti.
- [9] Lo scanner utilizzato è il Cronos 3D Dual della Open Technologies a luce strutturata, camera 1,3 MPix; Campo di acquisizione (mm): 250; Spazio tra i punti (μm): 195; Distanza di scansione (mm): 520; Max dettaglio apprezzabile (μm): 30; Sorgente luminosa: Led; Software di scansione ed elaborazione: Optical Revenge 2.4 SR 4 Professional e Geomagic Wrap 2017.
- [10] Rhinoceros, software di modellazione 3D che consente di creare, modificare ed analizzare superfici sculturate.
- [11] 3D Sprint, software di gestione stampanti 3D che consente di effettuare alcuni calcoli sui modelli matematici tra cui la sottrazione Booleana tra mesh.
- [12] La stampante 3D ProJet MJP 2500 Plus utilizza la tecnologia di stampa MultiJet con un volume massimo di stampa di 294 x 211 x 144 mm. Il materiale di stampa utilizzato è il VisiJet M2R-WT di colore bianco.
- [13] Il nuovo support è stato progettato e realizzato da Carlo Serino (Equilibrarte srl).
- [14] Per la realizzazione del supporto è stato impiegato un tessuto di carbonio con armatura tela da 200 gr/mq e la resina epossidica bicomponente Raku-Tool EI-2500 con indurente EH-2970-1.
- [15] L'elaborazione dei file è stata eseguita da Danilo Salzano (Measure 3D srl).
- [16] Polietilene reticolato espanso a celle chiuse (Plastazote).

STORIA DI UNA SCULTURA ROMANA: IL RITRATTO DI POETA GRECO DEI MUSEI VATICANI

Carolina Vatteroni*, Guy Devreux**, Claudia Valeri***

*Restauratrice – materiali lapidei e superfici decorate dell'architettura, via E. Zerboglio 15, 56125 Pisa, tel. 3463636402, carolinavatteroni@hotmail.it

**Responsabile Laboratorio Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani, Musei Vaticani, 00120 Città del Vaticano, tel. 0669864019, guy.devreux@scv.va

***Assistente Curatore Reparto Antichità Greche e Romane, Musei Vaticani, 00120 Città del Vaticano, tel. 0669864518, claudia.valeri@scv.va

Abstract

L'oggetto di questo intervento è il busto Ritratto di poeta greco (inv. MV 143), proveniente dal Magazzino delle Corazze dei Musei Vaticani; una vera e propria esplosione degli elementi originali e di restauro intorno al perno di raccordo antico in ferro ha reso estremamente necessario l'intervento di restauro qui presentato. Il suo obiettivo principale è la restituzione dell'unità strutturale dell'opera, attraverso il risanamento delle soluzioni di continuità e dei distacchi, nel massimo rispetto della materia e quindi di tutte le integrazioni in gesso, in considerazione del fatto che l'assemblaggio ottocentesco e l'introduzione delle aggiunte rappresentano il punto di svolta fondamentale dell'intera vicenda conservativa.

L'elaborazione del progetto è stata frutto dell'adozione di un approccio interdisciplinare, che ha visto la collaborazione e il confronto tra archeologi e restauratori. Da un lato lo studio delle tecniche di assemblaggio tramandate dalla letteratura tecnica settecentesca, e dall'altro la ricostruzione cronologica della sequenza degli interventi cui il ritratto è stato sottoposto, hanno fornito le coordinate per la stesura di un progetto di restauro organico e rispettoso della fisionomia di tutte le fasi conservative, con le loro peculiari caratteristiche tecniche.

Difficoltà progettuali incontrate nel corso dell'intervento di ripristino strutturale, anche dovute alla compresenza di elementi in marmo e in gesso, hanno messo in evidenza i limiti e le criticità delle metodologie comunemente applicate ai materiali lapidei naturali e artificiali nel campo dei sistemi di incollaggio. Un opportuno studio e valutazioni preliminari hanno infine condotto alla definizione di una particolare metodologia che ha permesso di realizzare l'intervento in modo del tutto soddisfacente, sebbene sia rimasto evidente come il campo degli adesivi destinati ai materiali lapidei sia ad oggi ancora ampiamente lacunoso. Tale intervento conservativo può quindi essere uno sprone per elaborare uno studio organico sui sistemi adesivi applicati nel campo, e su quelli potenzialmente alternativi fino ad oggi esplorati, con l'orientamento verso un approccio reversibile del processo e l'utilizzo di materiali non tossici ed eco-sostenibili.

Introduzione

L'intervento oggetto di questo articolo rappresenta il frutto di una costante collaborazione e continuo confronto tra il *Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi* dei Musei Vaticani, in cui si è realizzato il restauro, e il *Reparto Antichità Greche e Romane*, che ha indirizzato e guidato la ricerca storica e tecnica, orientando le scelte conservative.

Affrontare la conservazione di oggetti conservati in antiche collezioni significa spesso, come in questo caso, doversi confrontare con opere che hanno subito profonde trasformazioni: il *Ritratto di poeta greco* è il frutto della combinazione in età moderna di due elementi, testa e busto, antichi, ma non pertinenti. Entrambi sono resti di copie romane da originali greci, completati da integrazioni in gesso coeve all'assemblaggio. La chiave della comprensione dell'opera nel suo stato attuale è stata l'analisi delle tracce delle possibili impostazioni originarie, degli interventi subiti e delle motivazioni che li hanno determinati, per il raggiungimento di una piena comprensione della storia conservativa, attraverso cui fornire oggi una presentazione dell'oggetto, la più corretta possibile.

L'obiettivo principale dell'intervento è stato quello di restituire all'opera la propria unità strutturale nelle condizioni che essa ha assunto in seguito all'ultima alterazione permanente occorsa, ovvero l'intervento ottocentesco che ne ha siglato, o seguito, l'ingresso nelle collezioni Vaticane. Questo rappresenta un punto di svolta fondamentale del suo tempo-vita perché ha originato una modificazione non solo dell'aspetto e dell'iconografia, attraverso l'unione di elementi estranei, ma del suo stesso valore storico di opera d'arte: non più solo una scultura antica, ma anche un prodotto del gusto del diciannovesimo secolo.

I primi anni dell'Ottocento rappresentano un critico momento di passaggio che si concluderà, anni dopo, con il rovesciamento della tendenza al completamento dei frammenti (amplissima la bibliografia sul tema, in particolare si vedano gli studi di O. Rossi Pinelli). L'apprezzamento per l'intrinseco senso di autenticità del frammento, che si imporrà solo in seguito alla nota vicenda dei Marmi Elgin, sta già nascendo in quegli anni,

mail “restauro interpretativo” è ancora considerato accettabile e utile, e, soprattutto, è richiesto dai collezionisti; sono gli anni in cui si crea la distinzione tra le opere riservate ai musei, quindi allo studio, e quelle destinate al mercato antiquario.

È all'interno di questo percorso conoscitivo che si sono poste le basi delle scelte conservative. Da un lato lo studio delle tecniche di assemblaggio e ricomposizione tramandate dalla letteratura tecnica settecentesca ha fornito un approccio multidisciplinare attraverso cui individuare i criteri di intervento; dall'altro la ricostruzione ipotetica (perché non corredata da fonti di archivio) della sequenza degli eventi cui il *Ritratto* è stato sottoposto, dall'interramento alle rilavorazioni antiche e a quelle moderne, ha fornito le coordinate per la stesura di un progetto di restauro organico e rispettoso della fisionomia di tutte le fasi conservative.

L'accettazione del rispetto brandiano delle tracce del passaggio dell'opera d'arte nel tempo fa del nostro *Ritratto* un documento complesso in cui, con opportuna sensibilità, nella molteplicità di legami e livelli, si può leggere la ricchezza della storia complessiva di un'opera antica.

Vicende conservative e stato di conservazione

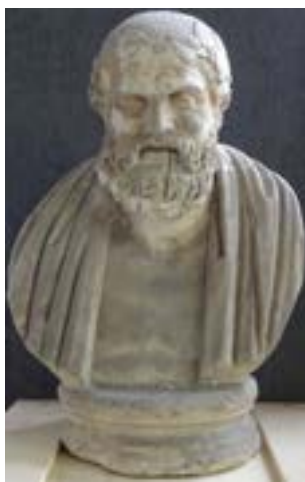


Figura 1 Ritratto di Poeta Greco prima dell'intervento

Il busto, compreso il basamento rotondo modanato, può essere datato nei primi decenni del II secolo d.C., sia per la sua foggia, sia in base alle caratteristiche stilistiche del panneggio (Kaschnitz, 1937: p. 279).

Sia il busto che la testa, antica ma non pertinente, sono realizzati in marmo, probabilmente pentelico, come si evince dalla grana fine, dalla tenue tonalità giallastra e dalle caratteristiche incursioni grigio-verdi micacee. A tal proposito va ricordato che le copie di ritratti originali greci erano prodotte nella maggior parte dei casi da botteghe di maestranze attiche, all'interno delle quali erano comunemente utilizzati marmi greci. L'intera calotta cranica, la parte posteriore delle spalle, la barba e parte del collo sono integrazioni in gesso; il naso è un'integrazione in marmo.

La definizione di “poeta” è legata alla corona di foglie di edera che cinge il capo della figura. Si tratta di un attributo riferito all'iconografia ellenistica che Paul Zanker definisce del «vecchio cantore» (Zanker, 2009: pp. 169 – 173), dovuto all'uso di premiare con una corona di edera i vincitori dei concorsi ditirambici e drammatici durante le feste religiose attiche in onore di Dioniso.

Per quanto riguarda il busto, si riconoscono tratti tipici dei ritratti ellenistici di filosofi stoici, e nello specifico del ritratto di Crisippo, la cui fisionomia è nota attraverso numerosi esemplari scultorei, tutti ugualmente caratterizzati dalla presenza dell'*himation* che avvolge le spalle curve lasciando scoperto il petto scarno (Richter, 1965: pp. 190 – 194; von den Hoff, 1994: pp. 96 – 116). È quindi estremamente probabile che, per quanto riguarda il solo busto, ci troviamo in presenza di una scultura, forse di età adrianea, che replica l'originale ritratto di Crisippo, probabilmente in bronzo e creato ad Atene negli anni finali del III sec. a.C.

Per l'elaborazione del progetto di intervento è stato necessario partire dallo studio della successione delle fasi conservative del manufatto; in questo senso, è stato possibile tentare una ricostruzione esclusivamente ipotetica, perché la storia dell'associazione delle due parti antiche e quella delle integrazioni non sono supportate da documenti d'archivio. La prima e unica pubblicazione relativa all'opera è all'interno del catalogo di Guido Kaschnitz-Weinberg, *Sculture del magazzino del Museo Vaticano*, pubblicato nel 1937 ma relativo alla ricerca condotta da Walter Amelung a partire dal 1920 all'interno dei magazzini, catalogo in cui l'opera è schedata con il numero «670 Ritratto di Poeta, Tav. CV», nel capitolo dedicato a *Ritratti Romani e Sculture Funerarie Romane*.



Figura 2 Numero di partita

L'altro dato che abbiamo è il numero «19» segnato in rosso sulla parte frontale della base, che è uno dei numeri di riferimento che la contabilità pontificia attribuiva ai lotti di opere acquistate in blocco dai mercanti negli anni dell'allestimento del Chiaramonti. Il numero di partita corrispondente al venditore era riportato sull'opera, come in questo caso, a pennello con vernice rossa. Il «19» identifica la partita venduta da Vincenzo Pacetti al Vaticano nell'agosto 1804: il suo nome ricorre spesso tra quelli dei restauratori che, negli anni degli allestimenti dei due nuclei, collaborarono a vario titolo con i Musei, sia per interventi di restauro dietro commissione che per vendite di frammenti singoli o partite di opere. La vicenda di questa vendita rientra nella sistematica campagna di acquisti di antichità promossa in seguito all'emanazione del

Chirografo del 1802 che proibiva l'esportazione di opere d'arte dallo Stato Pontificio, e favoriva l'acquisto di

opere da parte dei Musei (Liverani, Spinola, 2017: pp. 169 – 170). In seguito al trattato di Tolentino (1797), con il quale erano state cedute alla Francia napoleonica i maggiori capolavori del Museo Pio-Clementino, papa Pio VII dà il via all'allestimento del Museo Chiaramonti, che sarà inaugurato nel 1808. Come già per il Pio-Clementino, per il museo si promuove la seconda massiccia campagna di acquisti presso gli antiquari, da cui si costituirà una delle più ricche collezioni di ritratti romani.

Abbiamo notizia della vicenda della partita Pacetti attraverso due note manoscritte conservate rispettivamente presso l'Archivio Storico dei Musei e presso l'Archivio di Stato di Roma [1].

La successione degli eventi e degli accordi legati alla vendita è dettagliatamente annotata dal Pacetti nei suoi *Giornali*, due diari in cui ha annotato episodi e fatti della propria vita privata e professionale dal 1771 al 1819, oggi conservati presso la Biblioteca Alessandrina di Roma; da qui sappiamo che la trattativa ha avuto inizio il 15 giugno del 1802 e si è conclusa con il trasporto delle opere solo il 13 agosto del 1804 (Cipriani et al., 2011).

La posizione del numero, che era assegnata in modo del tutto casuale, non ci permette di capire se il Pacetti aveva venduto solo il busto, come materiale per integrazioni, o se aveva già realizzato il collegamento delle parti prima della vendita; in ogni caso, è noto che i Musei acquistavano spesso opere mutili o frammentarie che, secondo la prassi universalmente condivisa almeno fino ai primissimi anni dell'Ottocento, erano sottoposte a integrazione delle parti mancanti, o accumulate nei magazzini in previsione di un successivo impiego.

La presenza delle integrazioni in gesso è un altro dato significativo, perché la procedura abituale alla fine del Settecento prevedeva che la riproduzione in gesso rappresentasse una fase intermedia tra l'elaborazione di un modello in creta e la realizzazione dell'integrazione definitiva in marmo. In questo caso però è possibile che esse siano state realizzate in gesso intenzionalmente, come in numerosi altri casi di opere della Galleria Chiaramonti, perché all'inizio dell'Ottocento ci troviamo in una fase transitoria di cambiamento di mentalità, in cui dall'esigenza di integrare i frammenti si passa all'apprezzamento anche della natura frammentaria delle opere (Rossi Pinelli, 2003: p.65). Anche dal punto di vista tecnico il fatto che siano assenti in superficie le tipiche *bave* è segno che le parti sono state eseguite tramite *forma persa*, e questo escluderebbe la possibilità di una realizzazione dei calchi su parti originali antiche.

Inoltre, benché quella del formatore fosse una figura ben caratterizzata e specializzata, nel caso di Pacetti le carte attestano come gran parte del suo lavoro per committenti privati ruotasse intorno alla produzione di calchi, in parte affidati appunto a formatori di fiducia (nel suo caso Giuseppe Torrenti), ma in parte anche realizzati da lui stesso (Ramage, 2003: p. 104). Ciò potrebbe suggerire la possibilità che Pacetti abbia realizzato il collegamento e l'integrazione precedentemente alla vendita: ma questa resta solo un'ipotesi.

Come si è potuto verificare nel corso dell'intervento, il sistema di sedi di perni inutilizzati nella sistemazione attuale è indicativo del fatto che entrambe le parti hanno avuto almeno un passaggio collezionistico precedente.

In particolare, la calotta cranica è stata tagliata in modo netto in senso verticale e orizzontale, così da produrre superfici piane tali da facilitare l'assemblaggio di nuovi elementi, e conserva nella parte superiore parte di un perno segato, destinato a una precedente integrazione.

Altri due fori di alloggiamento intersecano quello centrale e in questa sistemazione non svolgono alcuna funzione strutturale; è possibile che siano stati utilizzati in una fase conservativa precedente o anche, come attestato in altri casi di restauri coevi, scavati come canali per versare all'interno della sede centrale del piombo fuso (Oliver, Higgs, Spataro, 2012: p.5; Bourgeois, 2003). Infine due fori di piccole dimensioni, anch'essi inutilizzati, sono presenti al di sotto del mento, anche in questo caso destinati a un'integrazione precedente o mai realizzata.

Il *Ritratto* che Guido Kaschnitz aveva lasciato nel 1936 all'interno dei magazzini si trovava ancora qui nell'autunno del 2016 quando, nel corso di un sopralluogo nel Magazzino delle Corazze, è stato rinvenuto ormai completamente fratturato intorno al proprio perno centrale, e si è constatata l'urgenza di un tempestivo intervento.



Figura 3 Intervento di messa in sicurezza



Figura 4 Smontaggio della foderatura

Vista la criticità del quadro fessurativo e la presenza di numerose parti suscettibili di distacco, per la movimentazione e il trasferimento nei locali del Laboratorio è stata realizzata un'operazione di messa in sicurezza, seguendo una metodologia appositamente predisposta: testa e busto sono stati avvolti separatamente in film di polietilene trasparente per imballaggi, per proteggerne la superficie e mettere in sicurezza le parti suscettibili di distacco, ed entrambe le parti, separatamente, sono state avvolte in bende impregnate di gesso sintetico a presa rapida [2]. Tra i due strati sono stati inseriti sottili listelli di

polietilene espanso, per creare delle fughe che avrebbe facilitato, poi, l'inserimento di una lamaper la rimozione delle bende.

Una volta rimosso il bendaggio in situazione di sicurezza, all'interno del Laboratorio, è stato possibile valutare con precisione lo stato di conservazione dell'opera, a partire dal quadro fessurativo, dal quale risultava che tutte le integrazioni in gesso (calotta cranica, parte posteriore delle spalle, barba e collo) avevano subito distacco, con perdita di materiale e frammenti a rischio di caduta; il viso era interessato per tutta la sua lunghezza da una fessurazione verticale e, anche in questo caso, in corrispondenza della narice sinistra erano presenti piccoli frammenti a rischio di caduta. Un'altra importante lesione sul busto con origine tra le clavicole, correva verticalmente per due terzi della lunghezza totale, per poi curvare al di sotto del panneggio e proseguire nella parte retrostante lungo il cordolo centrale.

Fatto salvo il complesso quadro fessurativo, lo stato di conservazione superficiale al di sotto dei depositi era generalmente buono: sulla superficie del busto erano diffusamente presenti tracce di incrostazioni da scavo, individuabili in particolare sul retro come un tessuto di "radichette" dovute all'origine archeologica del manufatto. Il volto presentava maggiori discromie dovute a trattamenti superficiali di raccordo tra il gesso della fronte e il marmo, scialbature e piccole integrazioni in gesso sulle palpebre e l'arcata sopraccigliare.

Erano presenti alcune piccole mancanze nei riccioli della barba e nella corona di edera, e mancanze maggiori sul cordolo inferiore del basamento, queste già segnalate nella scheda di catalogo del Kaschnitz. Al di sotto del basamento si trovavano tracce di malta riconducibili probabilmente a una precedente collocazione dell'opera (forse nel Vestibolo del Portico della Pinacoteca).

Intervento



Figura 5 Fasi dello smontaggio dei frammenti e del perno antico

Per permettere la restituzione dell'integrità strutturale è stato necessario partire dalla rimozione degli elementi nocivi, in modo da arrestare i processi di degrado: per questo motivo il perno centrale in ferro ossidato, non più funzionale e causa principale della presenza dei complessi fenomeni lesionativi, è stato rimosso e sostituito.

Per rendere possibile questo intervento e un riposizionamento corretto delle parti, i macroframmenti distaccati hanno dovuto essere separati. I primi ad essere smontati sono stati calotta cranica e spalle, per i quali non è stato necessario esercitare nessuna sollecitazione meccanica; piccoli frammenti distaccati sono stati immediatamente messi in sicurezza e poi incollati con resina acrilica pura. Lo smontaggio ha messo in vista le facce interne in marmo, segate in modo netto in senso verticale e

orizzontale per facilitare il collocamento di integrazioni. Ciò ha permesso di procedere allo smontaggio della parte sinistra del volto, dopo aver messo in sicurezza i frammenti a rischio di caduta, in corrispondenza del naso, con applicazione di scotch carta; questo secondo passaggio ha permesso di visualizzare come la frattura sia avvenuta esattamente in corrispondenza della sede di alloggiamento del perno.

Solo per la rimozione della parte destra della testa è stato necessario esercitare una lieve sollecitazione meccanica, perché il frammento era in parte adeso al gesso presente nella sede di alloggiamento del perno. In seguito è stato possibile rimuovere anche l'ultimo frammento in gesso, che costituisce la barba e la parte inferiore del collo.

L'ultima operazione ha visto la separazione del lato sinistro del busto, che costituisce la spalla e il panneggio, dal destro, che resta l'unica parte indipendente dal punto di vista statico, perché comprende il basamento. A questo

lato rimaneva ancorato il perno centrale, adesso completamente libero: si tratta di un elemento in ferro battuto a sezione quadrata, lungo 29 cm, con una leggera curvatura verso la parte frontale del manufatto di circa 13°, allettato in gesso. La rimozione è stata eseguita con azione meccanica, con impiego di vibroincisore e ablatore a secco; al termine, è stato conservato come testimonianza di una delle fasi conservative dell'opera.

Con le stesse modalità sono state pulite dai residui di gesso le altre cavità, ed è stato eseguito lo smontaggio della porzione di perno sommitale, che rigonfiandosi aveva provocato ulteriori micro-lesioni rendendosi anch'esso ulteriore fattore di degrado.

Il progetto di ripristino strutturale ha costituito il tema più difficile dal punto di vista metodologico, vista la necessità di far coesistere esigenze diverse, dovute alla complessità dello stato conservativo: l'opera si presenta scorporata in sette macro-frammenti, di cui quattro principali in marmo, costitutivi di testa e busto, e tre in gesso, di cui la calotta cranica funge da raccordo e completamente delle due sezioni superiori, mentre barba e spalle gravano sul busto e fungono da sostegno per la testa.

Il peso dei quattro frammenti in marmo e l'andamento pressoché verticale delle linee di fratturazione, tali da sottoporre il materiale a forze combinate di compressione e taglio, richiedono un adesivo di opportuna resistenza meccanica e, al contempo, sufficientemente fluido da non creare spessori tra le parti perfettamente combacianti, come evidenziato dalle prove di montaggio a secco. Inoltre, vista la natura stessa dell'opera, composta poi da altri tre elementi in gesso di restauro, è necessario che l'intero sistema di giunzione sia reversibile.

L'intervento di sostituzione del sistema di collegamento meccanico, inoltre, trova stretta correlazione con quello di incollaggio: la parte meccanica e quella adesiva, pur mantenendo le proprie autonome funzioni, devono concorrere a far parte di un unico sistema di giunzione, funzionale alla specificità dell'operazione di rimontaggio su quest'opera.

La ricollocazione e l'incollaggio delle parti sono stati pensati per favorire e agevolare eventuali futuri interventi, differenziando gli adesivi applicati all'interfaccia tra le parti combacianti in marmo e quelli utilizzati per collegare parti in marmo e in gesso, e ottimizzando la presenza del sistema delle precedenti sedi di alloggiamento dei perni sfruttandole come sedi di incollaggio e per l'inserimento di nuovi perni (Podany, Reisser, Sanchez, 2009; Devreux, Spada, 2010). Il criterio alla base delle scelte dei materiali è quindi di assicurare all'intervento la massima reversibilità, applicando opportuni adesivi nelle zone di giunzione tra i frammenti, e garantire al contempo adeguata resistenza meccanica, sfruttando le sedi di alloggiamento per l'applicazione di adesivi tenaci, asportabili meccanicamente in caso di necessità, e resi facilmente accessibili. Per questo motivo, a corredo dei dati esistenti in letteratura, è stata condotta una piccola campagna di test di resistenza meccanica degli adesivi selezionati, su provini in marmo e gesso.

In primo luogo, per i nuclei in marmo, interessati dalla presenza della sede del perno centrale, il progetto ha previsto la protezione dell'intera superficie di incollaggio con applicazione di uno strato-barriera solubile a base di Paraloid B72 in soluzione in acetone al 10% (Podany et al., 2001). In seguito alla completa essiccazione del film, sono stati applicati punti di resina epossidica fluida Araldite Ay103-1, in modo da utilizzare la minima quantità di adesivo e minimizzare le problematiche legate all'impiego di resine epossidiche.

Per l'inserimento degli elementi in gesso è stato utilizzato un sistema acrilico bicomponente a base acquosa (Plasticrete), isolato dal contatto diretto con il marmo da un sottile film di resina acrilica.

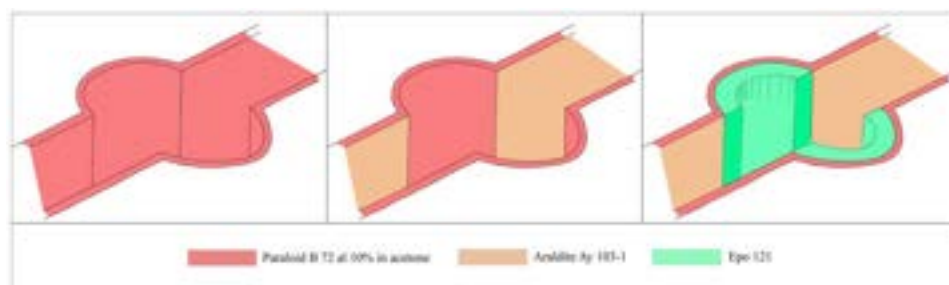


Figura 6 Restituzione grafica degli adesivi impiegati per l'incollaggio dei due nuclei principali

Per l'unione dei due nuclei principali il forodi alloggiamento è stato reimpiegato, in modo tale da renderlo anche ulteriore superficie di incollaggio e ottimizzare le proprietà meccaniche del sistema.

Innanzitutto è stato realizzato un nuovo perno in acciaio inossidabile, di diametro 12 mm, che riproduce per lunghezza e raggio di curvatura il perno antico.

All'interno del foro esistente, previa protezione della superficie con Paraloid B72 al 10% in acetone, è stato colato un sistema adesivo epossidico strutturale Epo 121, dotato di elevata resistenza meccanica.

Il nuovo perno, isolato da uno strato di vaselina, è stato inserito nella resina non polimerizzata in modo da creare intorno ad esso una controforma. Trascorse le 24 ore necessarie all'indurimento della resina e dopo aver estratto il perno, è stato scavato in corrispondenza della circonferenza un sottile canale che permette il passaggio di aria e impedisce l'effetto sottovuoto; con lo stesso procedimento si è intervenuti nella parte superiore e inferiore.

In questo modo la resina esercita la propria funzione adesiva nei confronti delle pareti del foro, e funge anche da controforma per il nuovo perno di restauro estraibile.



Figura 7 Inserimento della resina e posizionamento del nuovo perno

Il risultato di questo intervento è un sistema di giunzione in cui funzione adesiva e coesiva cooperano, pur restando indipendenti l'una dall'altra. È stata rispettata la piena reversibilità del sistema di collegamento, garantendo allo stesso momento un'ottima resistenza meccanica dell'incollaggio.

La delicata fase delle operazioni di pulitura è stata preceduta da una serie di valutazioni e prove preliminari volte a determinare le metodologie di intervento più adatte, considerando da un lato il fatto che l'opera è costituita da due materiali diversi, marmo e gesso, direttamente a contatto tra loro, e dall'altro la provenienza archeologica del manufatto, con le tracce che essa ha lasciato sulle superfici (patina nobile, radichette), che devono essere rispettate e conservate.

In base a queste premesse, le metodologie adottate sono state opportunamente diversificate in base alla natura del substrato, per garantire la realizzazione di un intervento rispettoso della patina del tempo e un risultato finale omogeneo nei livelli di pulitura, che permetta una buona leggibilità dell'immagine.

In base ai risultati ottenuti dalle prove preliminari per la pulitura delle superfici in marmo è stato utilizzato triammonio citrato all'1% applicato a pennello, previa interposizione di carta giapponese seguito da risciacquo, avendo cura di isolare gli elementi in gesso e il numero di partita in vernice; sulle superfici in gesso si è intervenuti una formulazione a base di gel rigido agar-agar (Nevek) applicato a caldo a pennello.

Su alcune macchie di colore scuro si è intervenuti utilizzando una strumentazione laser a Nd-YAG in modalità Q-Switching, poiché questa è risultata la metodologia migliore in termini di efficacia e selettività.

L'intervento si è concluso con la realizzazione di stuccature in corrispondenza delle fratturazioni, con finalità sia conservative che estetiche. Infine, in via precauzionale e in vista di un possibile ricollocamento dell'opera nella sua posizione precedente, all'interno del Magazzino delle Corazze, si è proceduto all'applicazione di un sistema protettivo messo a punto dal Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi, costituito da una soluzione a bassa concentrazione di una resina alifatica a basso peso molecolare in ligroina, con aggiunta di uno stabilizzatore nei confronti degli effetti delle radiazioni ultraviolette.

Osservazioni

Le difficoltà progettuali incontrate durante l'intervento di restauro strutturale hanno messo in evidenza i limiti e le criticità delle metodologie comunemente applicate ai materiali lapidei nel campo degli incollaggi.

Sebbene un opportuno studio del manufatto e la valutazione puntuale di tecniche e materiali a disposizione abbiano condotto alla definizione di una metodologia del tutto soddisfacente, è rimasto evidente come il campo degli adesivi destinati ai materiali lapidei sia ad oggi ancora ampiamente lacunoso, perché di fatto mancante di un materiale in grado di soddisfare al meglio le diverse esigenze della pietra senza implicare problematiche applicative.

Gli studi sull'introduzione di uno strato di sacrificio costituito da Paraloid B72 (Podany et al., 2001) hanno dimostrato che una barriera sottile, omogenea, continua e perfettamente asciutta applicata prima di un ulteriore adesivo, fornisce un opportuno livello di reversibilità al giunto senza interferire nell'espressione della resistenza meccanica. Questo protocollo di intervento permette di ottenere risultati più desiderabili attraverso la diversa combinazione di materiali già in uso, senza introdurre un nuovo materiale innovativo; allo stesso tempo però non tiene conto delle problematiche di sicurezza per l'operatore legate alla manipolazione di sistemi epossidici, e lascia aperte quelle dovute all'invecchiamento e alla resistenza meccanica.

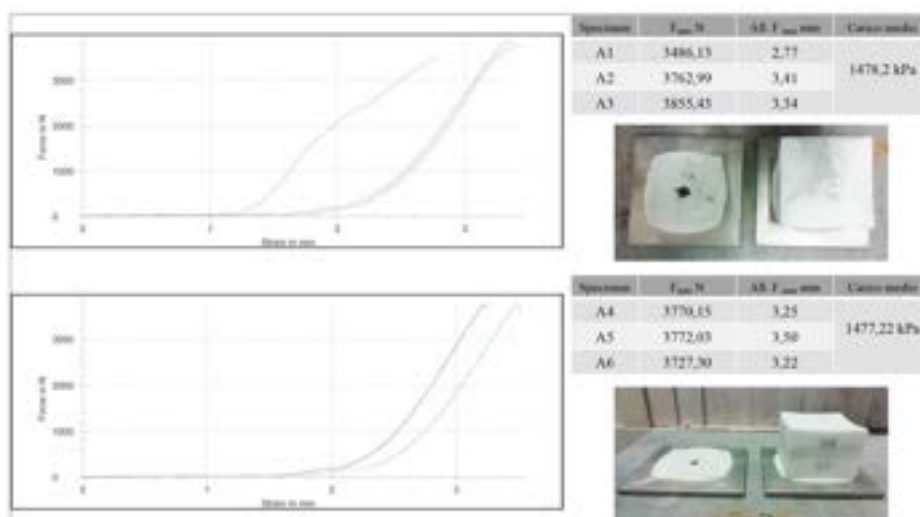


Figura 8 Esiti dei test di resistenza a trazione su provini

Prove di resistenza a trazione eseguite su provini standard in marmo e gesso hanno infatti dimostrato, in accordo con i dati di letteratura esistenti (Podany et al., 2009; Jorjani et al., 2009), che le resine epossidiche applicate (Epo 121 e Araldite AY 103-1) hanno resistenza meccanica superiore del materiale lapideo su cui sono state applicate [3].

Questo significa che non viene rispettato il presupposto teorico in base al quale i collegamenti dovrebbero manifestare caratteristiche meccaniche leggermente inferiori (o confrontabili) rispetto a quelle del materiale trattato nella zona del giunto, tali da evitare l'insorgere di ulteriori danni al materiale originale nel caso di un trauma meccanico.

In base a tali osservazioni, questo intervento ha fornito l'occasione per un nuovo studio sui sistemi adesivi applicati nel campo e su quelli potenzialmente alternativi fino ad oggi esplorati, orientato a un approccio di reversibilità del processo ed eco-sostenibilità dei materiali [4].

Conclusioni

Giunti al termine di questo studio, è importante sottolineare ancora una volta come i risultati qui presentati siano stati raggiunti grazie alla condivisione delle singole competenze professionali di restauratori e archeologi, all'interno della più ampia realtà dei Musei Vaticani.

Lo sfortunato stato di conservazione in cui versava l'opera prima del restauro ha reso il lavoro particolarmente formativo e stimolante, poiché ha permesso di condurre su di essa una sorta di "autopsia" e di prendere visione delle tracce tangibili delle sue precedenti vicende conservative. In questo modo, l'investigazione delle fonti storiche legate all'ingresso dell'opera nelle collezioni Vaticane si è intrecciata all'acquisizione della bibliografia sulle modalità di integrazione tra Settecento e Ottocento, fornendo così le basi per l'elaborazione del progetto di restauro; allo stesso tempo, l'osservazione e la documentazione sul campo dei materiali di restauro antichi e delle tecniche applicate ha contribuito alla distinzione degli stadi conservativi e al loro collocamento in una sequenza cronologica.

Le precedenti esperienze maturate all'interno del Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi nella realizzazione di collegamenti meccanici hanno fornito la base teorica su cui elaborare un progetto di ripristino strutturale efficace e rispettoso della natura dell'opera.

Infine, la completa adozione di un approccio multidisciplinare ha permesso di ampliare ulteriormente il campo di azione e di indagine, aprendo la strada a una nuova ricerca nel campo dei bio-adesivi, che si pone nell'alveo di un più ampio percorso verso il raggiungimento di processi di restauro reversibili ed eco-sostenibili.

NOTE

[1] Cfr. *Elenco di tutti l'oggetti d'antichità esistenti nel novo braccio del Museo Chiaramonti al Vaticano, collocati e disposti per comando della Santità di N. S. Papa Pio VII felicemente regnante con la direz. ne del Sig. Cav. Canova* in M. A. De Angelis, «Il primo allestimento del Museo Chiaramonti in un manoscritto del 1808», in *Monumenti Musei e Gallerie Pontificie, Bollettino XIII*, Città del Vaticano 1993; Fascicolo 69 dell'Archivio di Stato di Roma 28 Agosto 1804. *Nota degli oggetti venduti da Vincenzo Pacetti al prezzo di scudi 26.744* (ASR, CAMERALE II, AA.BB.AA., B. 28, FASC. 69) in P. Liverani, G. Spinola, «La vendita Pacetti ai Musei Vaticani», in *Bollettino D'Arte estratto dal Volume Speciale 2017 (VII)*, pp. 169 – 170.

[2] Le bende sintetiche sono prodotte da 3M e nascono per la costruzione di apparecchi ortopedici per l'immobilizzazione funzionale. Il prodotto è composto da un supporto in trama sintetica in bra di vetro semirigida, resina poliuretanica e catalizzatore aminico. La benda ha necessità di un tempo di imbibizione in acqua di 4-5 secondi; il tempo di presa iniziale è di circa 4 minuti e la completa asciugatura si ottiene dopo 30 minuti circa.

[3] Si ringrazia per la realizzazione dei test il dott. M. Mazzoni del laboratorio Stone Lab di IMM (Internazionale Marmi e Macchine Carrara S.p.a).

[4] Per la trattazione di questo argomento si rimanda all'articolo di prossima pubblicazione: C. Vatteroni, «Analysis on Adhesives for Stone Conservation: an Evaluation of Potential Sustainable Alternatives», preprint presentato per *Green Conservation of Cultural Heritage – 3rd International Conference, Porto, 10 – 12 Ottobre 2019*.

BIBLIOGRAFIA

1. Bourgeois B., "Secure for Eternity: Assembly Techniques for Large Statuary in the Sixteenth to Nineteenth Century", in *History of restoration of ancient stone sculptures*, Getty Publications, Los Angeles 2003, pp. 149 - 160
2. Cipriani A. et al., *Roma 1771- 1819: I Giornali di Vincenzo Pacetti*, Naus, Pozzuoli 2011
3. De Angelis M. A., "Il primo allestimento del Museo Chiaramonti in un manoscritto del 1808", in *Monumenti Musei e Gallerie Pontificie, Bollettino XIII*, Città del Vaticano 1993, pp. 81 - 126
4. Devreux G., Spada S., "Nuove esperienze nei sistemi di ancoraggio nel restauro dei manufatti lapidei", in *XI Congresso Nazionale IGIIC – Lo Stato dell'Arte – Accademia Delle Belle Arti di Bologna – 10/12 ottobre 2013*, pp. 39 - 46
5. Jorjani M. et al., "An evaluation of potential adhesives for marble repair", in *Holding It All Together. Ancient and modern approaches to joining, repair and consolidation*, Archetype Publication, London 2009, pp. 143 - 149
6. Kaschnitz G., *Sculture del Magazzino del Museo Vaticano*, Città del Vaticano 1937
7. Liverani P., Spinola G., "La vendita Pacetti ai Musei Vaticani", in *Bollettino D'Arte estratto dal Volume Speciale 2017 (VII) "Vincenzo Pacetti, Roma, l'Europa all'epoca del Grand Tour"*, Edizioni l'Erma di Bretschneider, Roma 2017, pp. 167 - 194
8. Oliver K., Higgs P., Spataro M., "The fall and rise of a Roman statue: the Kew Gardens Hermes", in *British Museum Technical Research Bulletin*, Vol 6, London 2012, pp. 1 - 12
9. Pietrangeli C., "Il Museo Clementino Vaticano", in *Atti della Pontificia Accademia Romana di Archeologia (serie III) Rendiconti, XXVII, 1-2*, Città del Vaticano 1951-52, pp. 87 - 109
10. Piva C., *Restituire l'Antichità. Il laboratorio di restauro della scultura antica del Museo Pio-Clementino*, Edizioni Quasar, Roma 2007
11. Piva C., "Restoring and making sculpture in Eighteenth-Century Rome", in *Rome, travel and sculpture capital*, a cura di T. Macsotay, Routledge, Oxon 2017, pp. 31 - 57
12. Podany J. et al., "Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier Within Structural Adhesive Bond: Evaluation of Strength and Reversibility", in *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol 40, 2001, pp. 15 - 33
13. Podany J., "Lessons from the past", in *History of restoration of ancient stone sculptures*, Getty Publications, Los Angeles 2003, pp. 13 - 24
14. Podany J., Risser E., Sanchez E., "Never Forever: assembly of sculpture guided by the demands of disassembly", in *Holding It All Together. Ancient and modern approaches to joining, repair and consolidation*, Archetype Publication, London 2009, pp. 134 - 142
15. Ramage N., "The Pacetti Papers and the Restoration of Ancient Sculpture in the 18th Century", in *Von der Schönheit Weissen Marmors: Zum 200. Todestag Bartolomeo Cavaceppi*, T. Weiss e A. Dostert, Mainz 1999, pp. 79 - 83
16. Richter G. M., *The Portraits of the Greeks*, Vol 1, Phaidon Press, London 1965
17. Rossi Pinelli O., "Artisti, falsari o filologi? Da Cavaceppi a Canova, il restauro della scultura tra arte e scienza", in *Ricerche di Storia dell'Arte*, nn. 13-14, Carocci Editore, Roma 1981, pp. 41 - 56
18. Rossi Pinelli O., «From the need for completion to the cult of the fragment», in *History of restoration of ancient stone sculpture*, Getty Publications, Los Angeles 2003, pp. 61 - 74
19. Rossi Pinelli O., *La Bellezza involontaria: dalle rovine alla cultura del frammento tra Otto e Novecento*, in *Relitti riletti*, a cura di M. Barbanera, Torino 2009, pp. 140-157
20. Spinola G., *Il Museo Pio-Clementino*, Tipografia Vaticana, Città del Vaticano 1996 - 2004
21. Spinola G., Valeri C., "Le collezioni d'arte classica", in *I Musei Vaticani nell' 80° anniversario della Roma dei Patti Lateranensi 1929-2009*, a cura di A. Paolucci, C. Pantanella, Edizioni Musei Vaticani, Città del Vaticano 2009
22. Valeri C., "L'Ercole Giacente "cosa molto rara". Da Villa d'Este ai Musei Vaticani, passando per lo studio di Vincenzo Pacetti", in *Bollettino D'Arte estratto dal Volume Speciale 2017 (VII) "Vincenzo Pacetti, Roma, l'Europa all'epoca del Grand Tour"*, Edizioni l'Erma di Bretschneider, Roma 2017, pp. 195 - 208
23. Zanker P., *La maschera di Socrate. L'immagine dell'intellettuale nell'arte antica*, Einaudi, Torino 2009

MUSEO ARCHEOLOGICO REGIONALE DI LIPARI LUIGI BERNABO' BREA I RESTAURI DEL CRATERE DI IPPOLITO E L'EVOLUZIONE DELLE METODOLOGIE D'INTERVENTO

Serena Bavastrelli*, Rosalba Gambino**, Fabrizia Capostagno***, Maria Clara Martinelli****,
Rosario Vilardo*****

*Restauratrice, via G. De Spuches n. 11, 90141, Palermo, +39329.7265941, serena_bavastrelli@teletu.it

**Restauratrice, vicolo Dadi n. 13, 90133, Palermo, +39328.7313293, rosalba.gambino@libero.it

***Restauratrice, via F. Maglienti n. 101, 92019, Sciacca (AG), +393293379662, fabriziacapostagno@libero.it

****Funzionario archeologo, Parco Archeologico delle Isole Eolie e Museo Luigi Bernabò Brea, via Castello n. 2, 98055, Lipari (ME), mariaclara.martinelli@regione.sicilia.it

*****Direttore, Parco Archeologico delle Isole Eolie e Museo Luigi Bernabò Brea, via Castello n. 2, 98055, Lipari (ME), rosario.vilardo@regione.sicilia.it

Abstract

“A sud del sarcofago 229, a m. 0,35 da esso, a livello della sua copertura, si incominciavano a trovare i primi frammenti di un grandioso cratere a calice rotto da lavori agricoli, di cui altri frammenti si spargevano su un'area di circa 4 mq. Il piede era ancora in situ nello strato di ghiaia del torrente, rinzalzato da due pietre.” Così gli archeologi Luigi Bernabò Brea e Madeleine Cavalier descrivevano nel 1965, il ritrovamento del cratere di Ippolito, opera esposta oggi al Museo archeologico di Lipari e attribuita al pittore di Maron (340 a.C.).

Il cratere è stato più volte oggetto di restauro.

Il primo intervento, di epoca classica, fu effettuato per il suo utilizzo in ambito funerario. Il vaso, frantumatosi accidentalmente, fu riparato con otto staffe di piombo, di cui ne restano importanti tracce ancora oggi. La loro posizione determina il numero e la dimensione dei frammenti della prima rottura avvenuta in antico. Il secondo intervento di restauro risale al 1960/70, in seguito al suo ritrovamento. Fu molto più complesso del precedente poiché il cratere, durante l'interro, aveva subito ulteriori degradi e i lavori agricoli lo avevano frantumato in numerosi frammenti. Le operazioni di restauro furono incentrate sulla ricomposizione formale dell'opera attraverso l'incollaggio dei frammenti, sulla ricostruzione di un'ansa mancante e su una parziale pulitura. Quando a marzo del 2019 il cratere è stato oggetto dell'ultimo intervento di restauro, le superfici si presentavano parzialmente pulite ma in ottimo stato di conservazione. Ciò che, invece, comprometteva seriamente la stabilità strutturale del vaso era l'invecchiamento della gommalacca usata come collante. Il cratere è stato smontato e restaurato in maniera completa, operazioni che hanno restituito leggibilità all'opera in tutta la sua bellezza.

La necropoli greca di Lipari: il contesto

Lipàra, (il cui più antico nome è *Meliginis*), secondo il racconto di Diodoro Siculo (V 1-4), fu fondata durante la cinquantesima Olimpiade (580-576 a.C.) da abitanti di Cnido, città dorica dell'Asia minore, insieme a un gruppo dall'isola di Rodi, superstiti della sfortunata spedizione di Pentatlo nella Sicilia occidentale.

Il primo abitato greco sorse sulla Rocca del Castello, dove una imponente stratigrafia archeologica attesta la successione dei più antichi insediamenti dal Neolitico fino all'età del Bronzo Recente.

La città greca [1] si estese alle pendici della Rocca, protetta da una prima cinta muraria e successivamente da una seconda cortina eretta nel IV secolo a.C. La Rocca divenne Acropoli della città dove sorgevano i principali edifici sacri e pubblici: fra essi il santuario di Eolo al quale appartiene l'unico monumento, il *bothros* votivo, risalente alla fondazione. Già intorno alla metà del VI secolo a.C. si inizia a seppellire nell'ampia area pianeggiante ad occidente della cinta muraria, l'attuale contrada Diana, che verrà adibita a necropoli senza soluzione di continuità per oltre otto secoli, sino alla tarda età imperiale romana. La necropoli greca e romana di contrada Diana è stata oggetto di indagini archeologiche sistematiche e organizzate in ampie trincee che furono condotte a partire dal 1948 da Luigi Bernabò Brea e Madeleine Cavalier, i quali curarono anche l'edizione integrale dei risultati in otto volumi della collana *Meliginis Lipara*. Sono state portate alla luce, fino ad oggi, circa 2740 tombe, rendendo unica la necropoli di Lipari tra le città della Magna Grecia [2]. Il rito funerario era misto, inumazione in sarcofago di pietra o di terracotta orientato in senso E-O ed incinerazione. Le sepolture ad inumazione presentavano oltre al corredo interno, un altro corredo, spesso anche unico, posto all'esterno entro un grande vaso (*pithos*, *stamnos*) e poi a partire dalla metà del IV a.C. entro un involucro di argilla cruda. Le sepolture ad incinerazione potevano avere il corredo deposto in un vaso seppellito in prossimità dell'urna funeraria. La tomba ad incinerazione [3] 229 bis fu scoperta nel 1952 durante lo scavo della trincea XIII. Il cratere, che doveva essere stato il contenitore delle ceneri del defunto, fu rinvenuto in frammenti sparsi su un'area di 4 mq e la frantumazione fu attribuita a recenti lavori agricoli. Manca quindi il corredo della sepoltura.

Il cratere a calice della tomba 229 bis

Il cratere a calice (Museo Lipari inv. 340. Altezza 50-51 cm; diametro orlo cm 51; diametro piede cm 20,6) a figure rosse, attribuito al *pittore di Maron* è stato datato al 340-330 a.C. Nel IV secolo si afferma la produzione di fabbrica siceliota e a Lipari si importano dalla Sicilia eleganti crateri a calice che vengono impiegati come urne cinerarie [4]. Sul cratere oggetto dell'intervento, le figure rosse sono rese in modo pittorico con una tecnica specifica che presenta l'uso del colore rosso e bianco applicato sulle figure e mostra affinità con la scuola Apula [5]. Le scene figurate sono descritte in Bernabò Brea e Cavalier 1965. Lato A del cratere: in un angolo al di sotto dell'orlo, Afrodite di profilo con il velo che copre il capo, fermato da un diadema, ornata da una collana e orecchini bianchi stringe la mano destra al petto. Eros, nudo con ali spiegate, si appoggia al corpo di Afrodite e con il braccio destro posa la mano a terra tra i fiori. I due personaggi sono il collegamento con la scena principale che occupa la superficie del vaso. In primo piano un carro tirato da quattro cavalli si distrugge. Le due ruote, entrambe spezzate, giacciono ai lati, la cassa del carro si impunta a terra, l'auriga è sbalzato in aria ancora stringendo le redini dei cavalli. I lembi della clamide che svolazzano indicano il movimento dell'azione. I quattro cavalli si impennano, l'asse del carro spezzato è tra loro in verticale. Il cavallo di colore rosso è nella posizione più tragica, volge il muso all'indietro, un altro si erge quasi in verticale. Il suolo è disegnato da linee ondulate con piante e fiori, mentre onde stilizzate indicano la presenza del mare (Fig.1).

Lato B: Tre figure stanti. A sinistra una donna in chitone cinto alla vita, ornata da diadema, orecchini, collana e armille a spirali, bianchi. Alza con la mano sinistra una cista e con la destra tiene una corona. Di fronte a lei, al centro, un giovane nudo che tiene un timpano con la mano sinistra. Una terza figura rivolta verso destra, è una donna avvolta nel *himation* che si guarda allo specchio. Dal terreno spuntano girali con foglie spinose. In alto una croce, un disco e un nastro a festone (Fig. 2).



Figure 1 e 2. Lato A e lato B. Il cratere dopo il restauro del 2019.

La scena principale (lato A) è interpretata come la morte di Ippolito sulla spiaggia per l'imbizzarrirsi dei cavalli spaventati da un grosso toro emerso dal mare. La tragedia di Euripide "Ippolito coronato" (428 a.C.) racconta di Ippolito, figlio di Teseo e Ippolita, regina delle Amazzoni, il quale, essendo esempio di bellezza, castità e dedizione alla natura, privilegiava il culto di Artemide e rifiutava Afrodite. La dea Afrodite per gelosia, suscitò nella giovane matrigna Fedra, una forte passione verso Ippolito, che la condusse al suicidio. Fedra prima di uccidersi accusò Ippolito, ingiustamente, di averle fatto violenza. Teseo ingannato dalla moglie esiliò il figlio Ippolito e invocò Posidone chiedendo la morte di Ippolito. Mentre si allontanava dalla città sulla quadriga, apparve un mostro marino che spaventò i cavalli. Questi imbizzarriti fecero cadere e trascinarono Ippolito sugli scogli causandone la morte.

Una seconda interpretazione [6] meno riconosciuta, vede la gara tra Pelope ed Oinomaos. Il re Oinomaos, padre di Ippodamia, obbligava i pretendenti della figlia a gareggiare con lui che possedeva cavalli divini e quindi sempre vittoriosi, perché gli era stato predetto che sarebbe stato ucciso per mano di suo genero. Pelope, spaventato di morire durante la gara, fece sabotare il carro di Oinomaos che durante la corsa si distrusse causandone la morte. In questo caso l'acqua simboleggerebbe il fiume Alfeo.

La perizia di restauro e la scoperta di una iscrizione

Nell'ambito del programma di revisione dei restauri eseguiti sui materiali più pregevoli delle collezioni archeologiche del Museo Luigi Bernabò Brea, è stato inserito il cratere di Ippolito nella perizia [7] 2018 – Regione Siciliana, Assessorato dei Beni Culturali e I.S., Capitolo di spesa 776089 - Spese per la tutela, il restauro e la conservazione delle opere d'arte mobili. In questi ultimi dieci anni si è constatata la necessità di intervenire con operazioni di restauro conservativo sui reperti archeologici facenti parte del patrimonio del Museo, soprattutto per prevenire cedimenti delle parti ricomposte con uso di gommalacca nei restauri degli anni '50-70. Inoltre si rendeva necessaria una accurata pulitura delle superfici che mostravano incrostazioni e opacità di vario tipo e non permettevano una completa fruizione del pregevole vaso esposto nella sala XXI del padiglione di età greca e romana. La pulitura della superficie interna ha reso possibile la visione di una iscrizione (fig. 3,1) eseguita a pennello con vernice rossa, dopo la cottura. Alcune lettere sono evanescenti per la perdita del colore applicato a freddo. L'iscrizione (Fig. 3,2) si trova sotto il bordo del piede che ha circonferenza di cm 64,68 e si estende su un terzo di esso. Le lettere alte circa 2 cm sono irregolari e mostrano i tratti del pennello usato con la mano destra. Una lettura possibile è: Γ Ν Α Θ [[Y -]] Ω = γναθ[[v-]] ω

Si osserva anche una Y incisa (Fig. 3,3), sempre dopo la cottura, sulla superficie esterna del bordo del piede che potrebbe essere un marchio di tipo commerciale. Tra le iscrizioni greche realizzate su ceramica rinvenute a Lipari [8] non vi sono confronti.



Figura 3. 1 e 2, Iscrizione ritrovata all'interno del piede dopo l'intervento di pulitura. 3, Y incisa sulla superficie esterna del piede.

Il restauro in antico

Il primo intervento di "riparazione", di epoca classica, fu fatto, probabilmente per permetterne il riutilizzo in ambito funerario. Il vaso, frantumatosi accidentalmente, fu riparato con otto grappe di piombo. Le grappe, conservano ancora oggi gran parte della piombatura, una in particolare la ritroviamo quasi integra (Fig. 4). Un buon risultato se consideriamo che durante il restauro degli anni '60 sono state tutte manomesse: alcune ricoperte da malta e altre ridipinte di un colore simile alla terracotta tali da non essere più visibili. Per molto tempo infatti durante i restauri di epoca moderna non si prestava interesse per questi elementi di riparazione antica, spesso considerati antiestetici. Lo studio degli interventi di epoca classica e le preziose informazioni che questi forniscono sono diventati di interesse storico-culturale solo negli ultimi decenni [9]. Osservando le grappe che ritroviamo sul nostro cratere, e soprattutto in quelle dove è andata persa parte della piombatura (Fig. 6), si può riconoscere la tecnica di realizzazione messa a punto per questo metodo di ancoraggio: la "sutura alveolare" [10]. Questo tipo di riparazione consiste nella preparazione di canalette fatte apposta per ricevere la sutura metallica. Le canalette potevano essere scavate o sulle due facce dei frammenti (struttura alveolare contrapposta)

o solo sulla faccia esterna della parete. Quelle ritrovate sul cratere di Ippolito sono scavate solo sulla parete esterna (fig. 5 e 7). All'estremità della canaletta venivano scavati due forellini che oltrepassavano tutto lo spessore della terracotta così da accogliere la sutura metallica e bloccarla nella parte interna della parete. Questa raffinata tecnica era stata studiata per ridurre l'impatto visivo delle staffe in forte rilievo che, in questo modo venivano a trovarsi precisamente incastonate nelle cavità apposite. Notiamo anche un'altra attenzione di tipo estetico che evidenzia la cura che il "riparatore" aveva nel preservare la leggibilità del disegno: le staffe non erano mai collocate, per quanto possibile, in corrispondenza dei contorni delle figure o sulle parti decorate.

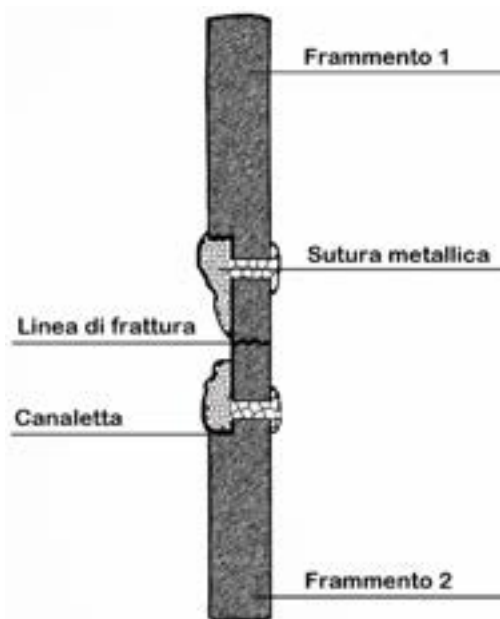
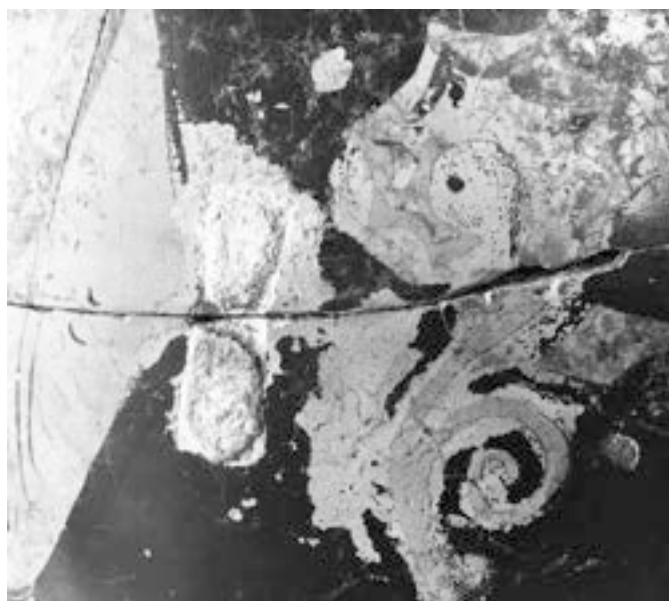


Figure 4 e 5. Grappa in piombo, quasi integra, su due frammenti. Sezione della grappa.

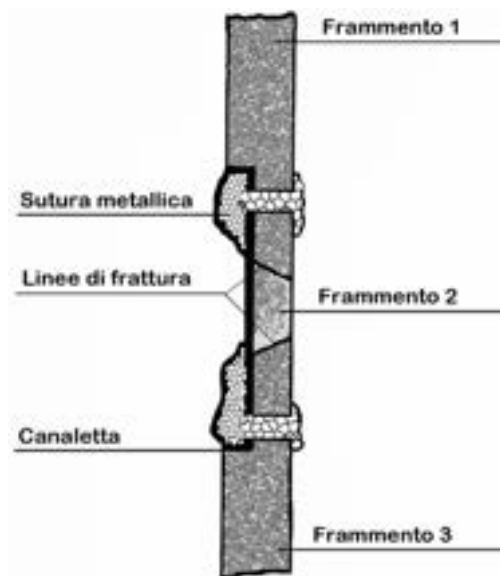


Figure 6 e 7. Grappa di piombo su tre frammenti, sul centrale, dove è andata perduta la sutura metallica è ben visibile la canaletta scavata. Sezione della grappa.

Non possiamo sapere con esattezza in quanti pezzi fosse rotto in antico il cratere, possiamo solo constatare che le 8 staffe agganciano un totale di 15 frammenti e sono tutte poste sulla pancia del cratere (Figg. 8,9,10 e 11).

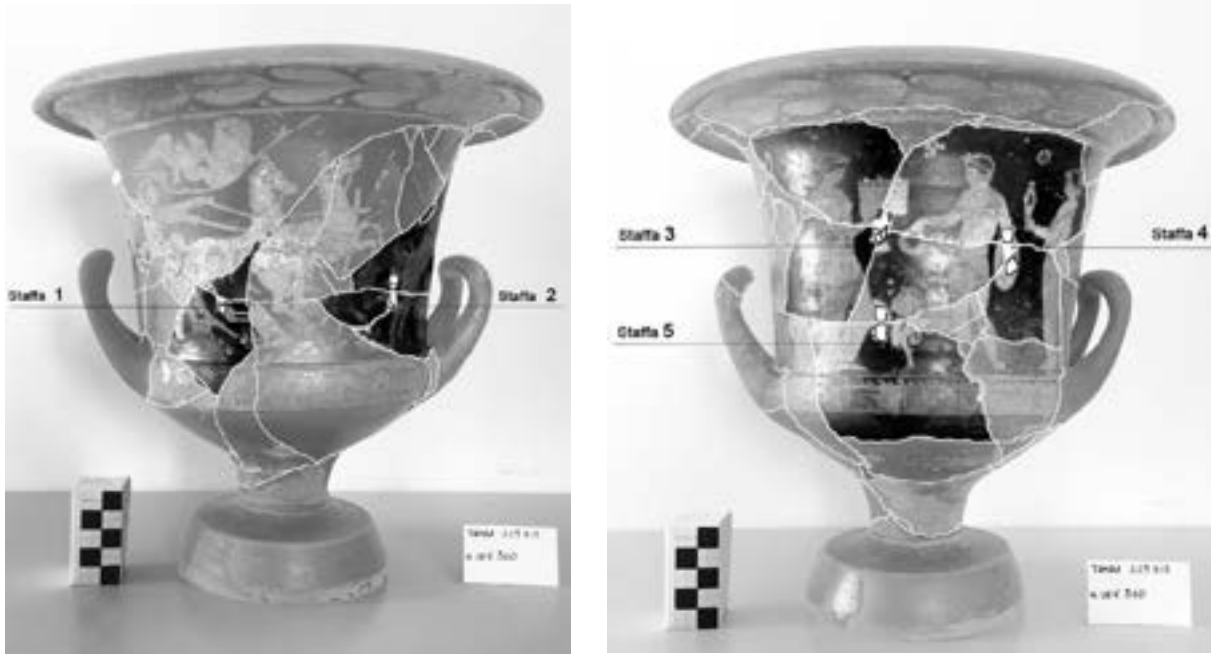


Figure 8 e 9. Sul lato A la grappa 1 in direzione dei piedi di Ippolito è posta tra due frammenti di cui oggi ne resta soltanto uno. La staffa 2, posta sotto la coda del cavallo impennato, agganciava tre frammenti. Sul lato B. La grappa 3 è posta al centro di quattro grandi frammenti che occupano quasi tutto lo spazio della parete. Al gruppo si collegano le grappa 4 e 5 che a loro volta ancoravano altri frammenti.



Figure 10 e 11. Sul lato C la staffa 6 scavata sulla vernice nera in direzione dell'ansa agganciava due frammenti. Sul lato D le staffe 7 e 8 sono entrambe poste su un gruppo di tre frammenti.

Il restauro degli anni '60

Non esistono documenti che attestino la data d'inizio dei lavori di restauro fatti sul cratere dopo il suo rinvenimento, sappiamo solo che furono eseguiti in un arco di tempo che va dagli anni '50 agli anni '70. In quel tempo si decise di effettuare il primo vero e proprio intervento di restauro, che ebbe come finalità principale la ricomposizione dell'opera, limitando le operazioni di pulitura solo alla rimozione della terra di scavo e in piccola parte sulle incrostazioni terrose. Il cratere fu incollato con gommalacca, applicata in gran quantità sia sulle superfici di frattura che “spalmata” all'interno, in prossimità delle rotture, forse per rafforzarne la tenuta. La rimozione delle depositi terrosi più tenaci, presenti su tutte le superfici, fu eseguita solo all'esterno del cratere, su buona parte della vernice nera e solo parzialmente sulle figure rosse. Questo fu fatto, probabilmente,

per evitare di asportare le porzioni di colore molto delicate come il bianco impiegato per dipingere per le coroncine e i gioielli delle figure o il rosso-bordeaux usato per colorare uno dei cavalli della quadriga. Le macchie di manganese, che ricoprivano buona parte della vernice rossa, non furono rimosse poiché consapevoli di non avere i mezzi necessari per affrontare specifiche problematiche.

L'intervento di stuccatura e la ricostruzione dell'ansa mancante, furono realizzati con uno stucco a base di gesso pigmentato con terre naturali (Fig.12). Le ventisette stucature furono grossolanamente ridipinte con terre e ossidi privi di legante. Infine, per la protezione e la verniciatura del manufatto furono date diverse stesure di cera microcristallina e gommalacca.



Figura 12, Lato A, B, C e D. Mappatura della seconda rottura.
In bianco si evidenziano le ricostruzioni fatte con malta a matrice gessosa.

Ultimo intervento. Marzo Maggio 2019

L'ultimo restauro, eseguito tra il mese di marzo e il mese di maggio del 2019 si è svolto nei locali adibiti a laboratorio del Museo Archeologico di Lipari. Il cratere è stato prelevato dalle vetrine di esposizione per il tempo dell'intervento e riposto a restauro ultimato. La vicinanza col museo ha permesso di studiare e confrontare reperti di simile entità presenti in situ **[11]**: alcune scelte operative attuate infatti, si legano volutamente alla linea adottata nei restauri eseguiti negli ultimi anni.

L'impiego della gommalacca come collante comprometteva seriamente la stabilità strutturale del vaso. Questa resina, come conseguenza del suo invecchiamento, tende a cristallizzarsi diventando rigida e perdendo così buona parte del suo potere adesivo, oltre che ad una evidente modifica delle solubilità iniziale. Il primo indispensabile passaggio è stato dunque lo smontaggio del vaso, con l'eliminazione totale del collante e contemporaneamente l'asportazione meccanica, delle vecchie stuccature. Queste ultime, sono state tutte rimosse ad eccezione della ricostruzione corrispondente dell'ansa, che, è stata opportunamente consolidata e in seguito ricollocata. Per asportare totalmente la gommalacca è stato necessario eseguire più cicli di impacchi assorbenti con alcol etilico denaturato 99° coadiuvati da un'azione meccanica a bisturi.

Dopo lo smontaggio, il cratere di Ippolito si presentava frantumato in 70 parti (fig. 13), quelle della prima rottura avvenuta in antico e quelle della seconda avvenuta a causa dei lavori agricoli eseguiti nel terreno dove giaceva il vaso. Le operazioni di pulitura di tutte le facce dei frammenti hanno interessato: la rimozione della gommalacca stesa in superficie, la rimozione di diversi strati di cera microcristallina, questa eseguita a tamponcino con White spirit D 40 denaturato, e infine la rimozione delle incrostazioni terrose eseguita a bisturi e con strumenti di precisione.

Il risultato ottenuto in questo stadio dell'intervento non risultava soddisfacente a causa delle innumerevoli macchie nere di manganese (fig.14) che ricoprivano l'80% della superficie rossa. Questi micro aggregati di manganese, estremamente deturpanti e pressoché impossibili da rimuovere meccanicamente, essendo radicati all'interno della porosità del materiale, sono stati rimossi/decolorati con l'ausilio del B.D.G. 86 **[12]**.

Per l'assemblaggio dei settanta frammenti sono state usate diverse tipologie di resina epossidica **[13]** in funzione dell'entità dell'incollaggio e della dimensione dei pezzi.

La fase di integrazione delle lacune è stata eseguita con stucco a base di cellulosa **[14]** pigmentata con ossidi e terre naturali. L'unico intervento pittorico è stato eseguito sull'ansa ricostruita e, per simulare l'effetto metallico della vernice nera, ci si è avvalsi dell'utilizzo della grafite **[15]**, successivamente protetta con una resina acrilica in soluzione.



Figura 13. Cratere dopo lo smontaggio, la pulitura.



Figura 14. Macchie di manganese prima e dopo il trattamento.

NOTE

- [1] Bernabò Brea, Cavalier, Villard 1998.
- [2] Ingoglia 2017; Ollà et al. 2018.
- [3] Bernabò Brea e Cavalier 1965, pp. 78-79.
- [4] Bernabò Brea 1979, pp. 122-123.
- [5] Trendall 1965 p. 276.
- [6] Bernabò Brea e Cavalier 1965 p. 79; Trendall 1965 p. 276.
- [7] Si ringraziano l'arch. Rosario Vilaro direttore del Parco Archeologico delle Isole Eolie, la d.ssa Maria Amalia Mastelloni, già direttore del Polo Eolie e del Museo di Lipari e la d.ssa Maria Carmela Ferracane responsabile per le risorse regionali nell'ambito del patrimonio culturale del Dipartimento dei Beni Culturali della Regione Sicilia. Si ringrazia inoltre il dott. Giuseppe Lumia, funzionario amministrativo del Parco Isole Eolie.
- [8] Fresi 2003.
- [9] Dimitris Roubis Mariangela Pignataro, *Per un'archeologia del restauro funzionale in antico sui grandi contenitori: esempi da difesa San Biagio (Basilicata Mt)*. Studi e ricerche della scuola di specializzazione in beni archeologici di matera. Edipuglia 16, 2016.
- [10] Giampaolo Nadalini, *Restauri antichi su ceramiche greche. Differenziazioni dei metodi*. (academia.edu)
- [11] Si ringrazia L'archeologa Maria Clara Martinelli funzionario archeologo del Museo Luigi Bernabò Brea.
- [12] Soluzione di idrazina e idrossilammonio cloruro.
- [13] UHU Plus 5 minuti. UHUPlus Endfest 90 minuti.
- [14] Polyfilla Interior
- [15] Matita Pitt grassa nera 5 B.

BIBLIOGRAFIA

- Bernabò Brea Luigi, *Il castello di Lipari e il museo archeologico eoliano*, ed. Flaccovio, Palermo, 1979.
- Bernabò Brea Luigi, Cavalier Madeleine, *La necropoli greca e romana nella Contrada Diana*, Meligunis Lipàra II, ed. Flaccovio, Palermo, 1965.
- Bernabò Brea Luigi, Cavalier Madeleine, Villard François, *Topografia di Lipari in età greca e romana, Parte I – L'Acropoli, Parte II – La città bassa*. Meligunis Lipàra IX, Regione Siciliana, Assessorato Beni Culturali ed Ambientali, Palermo, 1998.
- Fresi Marilia, *Iscrizioni su vasi e terrecotte*, in Bernabò Brea Luigi, Cavalier Madeleine, Campagna Lorenzo, *Le iscrizioni lapidarie greche e latine nelle isole Eolie*, Meligunis Lipàra XII, Regione Siciliana, Assessorato Beni Culturali ed Ambientali, Palermo, 2003, pp. 505-530.
- Ingoglia Caterina, *La necropoli greco-romana di Lipari: storia degli scavi e prospettive di ricerca*, in *Sicilia Antiqua* IV-2007, ed. Fabrizio Serra, Pisa-Roma, 2008, pp. 49-64
- Ollà Annunziata, Sardella Assunta, Spigo Umberto, Martinelli Maria Clara, Giordano Letterio, *Nuovi dati e materiali dalla necropoli di Lipari: la campagna di scavo 2012-2013*, in *Atti del Congresso Ollus leto datus est. Architettura, topografia e rituali funerari nelle necropoli dell'Italia meridionale e della Sicilia*, Reggio Calabria 22-25 ottobre 2013, vol. I – 046, Edizioni scientifiche MURC 2018, pp. 387-398.
- Trendall Arthur Dale, *I vasi figurati. The Lipari-vases and their place in the history of Sicilian Red-Figure*, in L. Bernabò Brea Luigi, Cavalier Madeleine, *La necropoli greca e romana nella Contrada Diana*, Meligunis Lipàra II, ed. Flaccovio, Palermo, 1965, pp. 271-289.

UNA “BOITE A MUSIQUE” FIRMATA EUGENE BORNAND

Giovanni Fasoli*

*Restauratore presso la Gioielleria Fasoli, Via Asinio Pollione n°7, 66100 Chieti (CH) tel. 0871.330703
cell.349.1916961, giovannifasoli1840@gmail.com

Il dispositivo, alla lettera: “scatola musicale”, è stato realizzato nella seconda metà dell’800, reca il seriale n°6328 della ditta ginevrina “E.ne Bornand & C.ie”, già avviata nella produzione di orologi a pendolo talvolta dotati di automi. E’ contenuto in una cassa in legno intarsiato, si compone di un accumulatore di energia meccanica costituito da una molla alloggiata in un barileto dotato di limitatore di carica del tipo a croce di Malta; di un limitatore del rilascio di tale energia costituito da un ingranaggio moltiplicatore ed una vite senza fine munita di elica a pale verticali; di un cilindro dotato di coppiglie in numero pari alle note eseguite nei quattro spartiti previsti; di una tastiera da 127 tasti, dieci dei quali muniti di sottostanti martelletti; di un gruppo di dieci campane a calotta sferica; di tre leve con funzione di azionamento e bloccaggio, scelta del brano, selezione della modalità esecutiva ripetuta o in successione.

Tale congegno è destinato all’esecuzione di musica meccanica in ambiente domestico. Basa il suo principio di funzionamento sulla rotazione indotta dalla carica a mano di una molla di derivazione orologiaia, di un cilindro opportunamente dotato di piccoli steli d’acciaio che, sollecitando 127 tasti di un’ampia tastiera a pettine e 10 martelletti di altrettante campane, è in grado di eseguire in modo automatico, a scelta o in successione, quattro melodie memorizzate nella disposizione degli steli.

Risultano di particolare interesse le complessità costruttive per il controllo, la compensazione o l’eliminazione degli effetti di risonanza (disarmonie o disallineamento degli elementi) indotti dalle vibrazioni della tastiera e delle campane, mediante l’impiego di soluzioni ottenute con materiali e forme di diversa natura: dagli elementi in piombo alle frazioni di piuma d’uccello, agli avvolgimenti in corda fino agli elementi in sughero e legno. Non meno suggestivo sorprende l’impiego di spessori ottenuti con dischi ricavati da carte da gioco del tempo, posizionati all’interno del barileto di carica per mantenere le spire della molla tra due piani esattamente paralleli.

Lo strumento è pervenuto in laboratorio non funzionante a causa della deformazione accidentale e alla perdita di gran parte degli steli del cilindro, per la mancanza del necessario limitatore di carica (cosiddetto “croce di Malta”), nonché per l’essiccazione dei lubrificanti originari. È stato quindi smontato in ogni singolo componente e sottoposto ad una completa detersione, differenziata a seconda della forma e dei materiali che lo compongono.

Per tutti gli elementi metallici realizzati integralmente in acciaio, in lega di rame e zinco, nichelati o meno, si è proceduto preventivamente con l’asportazione meccanica delle incrostazioni più consistenti, per poi proseguire con la dissoluzione chimica del rimanente, ivi comprendendo patinature ossidative e vecchi lubrificanti solidificati, mediante immersione prolungata in soluzioni progressivamente “aggressive” di acqua distillata, acetone puro, ammoniacale pura ed acido oleico, fino al risciacquo in acqua distillata, passaggio in alcool denaturato, asciugatura e lucidatura meccanica finale. Specifico che per il miglior risultato in termini di efficacia operativa ed economia della procedura, immancabilmente, vanno scelte soluzioni chimiche diverse per natura e concentrazione a seconda dello stato di conservazione e dell’integrità delle parti sottoposte ad intervento. Non ultimi, per quanto riguarda l’uso della chimica, il caso del fusto filettato di una vite, spezzato e ammorsato nella base in ottone, dissolto in soluzione di acido cloridrico in acqua distillata, portata e mantenuta a 50° di temperatura, o quello delle lievi patinature di ruggine eliminate in soluzione al 20% di acido fosforico, anch’essa diluita in acqua distillata alla stessa temperatura.

Per gli elementi in legno o cuoio e l’avvolgimento in corda sottile, con funzione di isolatori acustici, distanziatori e fissaggi del gruppo di campane, dato lo stato di conservazione, ci si è limitati al ripristino dell’avvolgimento, quindi ad una semplice spazzolatura meccanica delle restanti parti con utensili in pelo di capra. Il cilindro rotante, inaccessibile nella sua cavità e rivestito al suo interno di una sostanza cementante (pece o simile,) è stato trattato separatamente a secco e solo sulla superficie esterna, mediante tamponatura con creme disossidanti e lucidatura con spazzole rotative di diversa morbidezza, di origine sia sintetica che naturale. La scelta di procedere in tal senso, più che alla compresenza di materiali non separabili (ottone, acciaio, sostanza cementante) e diversamente sensibili all’uso dei detergenti, considera l’esilità delle innumerevoli coppiglie ed il conseguente rischio di innescare processi ossidativi. L’operazione ha consentito di individuare le coppiglie distorte o mancanti e, con precisione, i loro punti di infissione. Il fissaggio è stato effettuato ricostituendone le sedi mediante fori calibrati di diametro leggermente

inferiore all'originale e successiva infissione forzata di steli opportunamente ricavati da sezioni idonee di corde di chitarra con diametro di poco inferiore ai due decimi di millimetro. Da notare che il loro orientamento perfettamente radiale rispetto alla sezione del cilindro e l'allineamento alla tastiera non sono modificabili se non in maniera estremamente limitata e solo con un apposito punzone cavo.

La tastiera, compensata acusticamente nella parte inferiore con elementi in piombo di dimensione via via decrescente per le note gravi e sezioni di piuma incollate per alcune delle note acute, è stata sottoposta a spazzolatura, con utensili rotativi in ottone, solo nella faccia superiore, evitando di compromettere l'attento lavoro del *justifieur* (accordatore). Il ripristino del limitatore di carica è stato effettuato adattando un analogo elemento di risulta opportunamente portato a misura riducendone le dimensioni mediante tornitura.

Piccole operazioni di taratura in fase di riassettaggio hanno interessato l'orientamento dei bracci dei martelli e la loro altezza rispetto alle campane nonché, nel gruppo della frizione, la distanza tra la vite senza fine ed il suo ingranaggio per migliorarne la trasmissione. Il contenitore in legno intarsiato è stato sottoposto a trattamento antitarlo con soluzione normalmente concentrata a base di permetrina, anche al fine di prevenire la dispersione di polvere all'interno del meccanismo. L'intervento ha consentito il pieno recupero funzionale dello strumento.

Come per qualsiasi sistema dinamico di tipo meccanico, la conservazione ne prevede l'uso frequente: questo favorirà la distribuzione e l'integrità dei lubrificanti impiegati oltre a mantenere lucide le superfici di contatto dinamico. Infine è opportuno che tra gli interventi suddetti, quelli di detersione e lubrificazione vengano eseguiti periodicamente negli anni da personale competente.



Figura 1. Il contenitore in legno intarsiato



Figura 2. Lo strumento

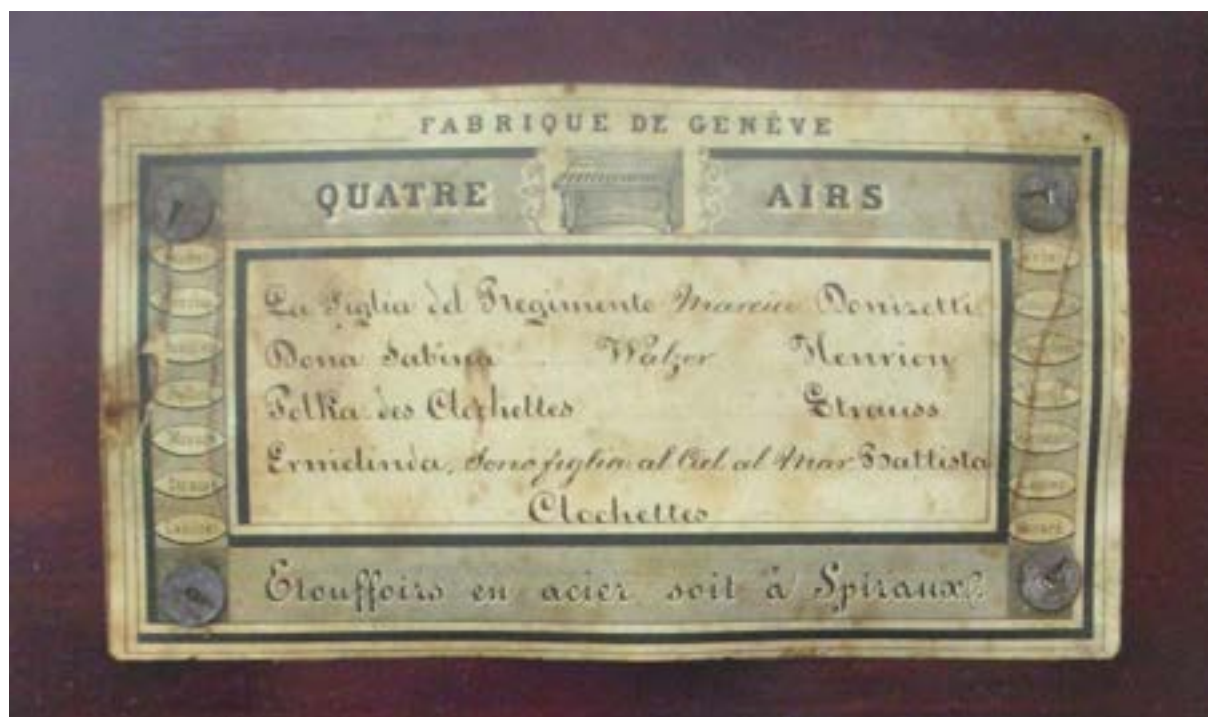


Figura 3. I titoli delle quattro arie

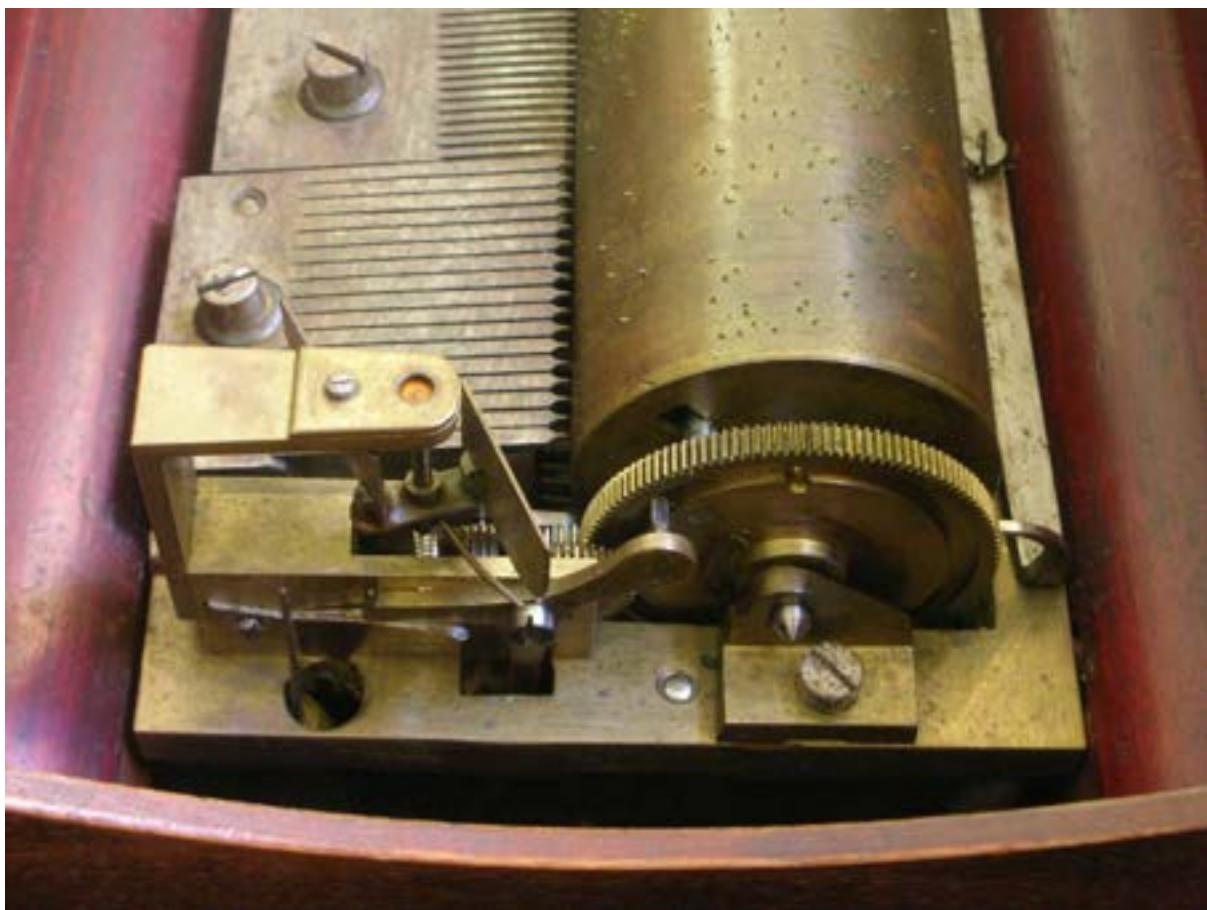


Figura 4. Un dettaglio della frizione



Figura 5. L'attribuzione con il seriale



Figura 6. Lo strumento estratto dal contenitore



Figura 7. Vista delle campane con i rispettivi martelli



Figura 8. Particolare del sistema delle campane con i loro isolatori



Figura 9. Dettaglio del cilindro con lo stato delle coppiglie



Figure 10 e 11. Il barileto di carica ed il suo contenuto al momento dell'apertura

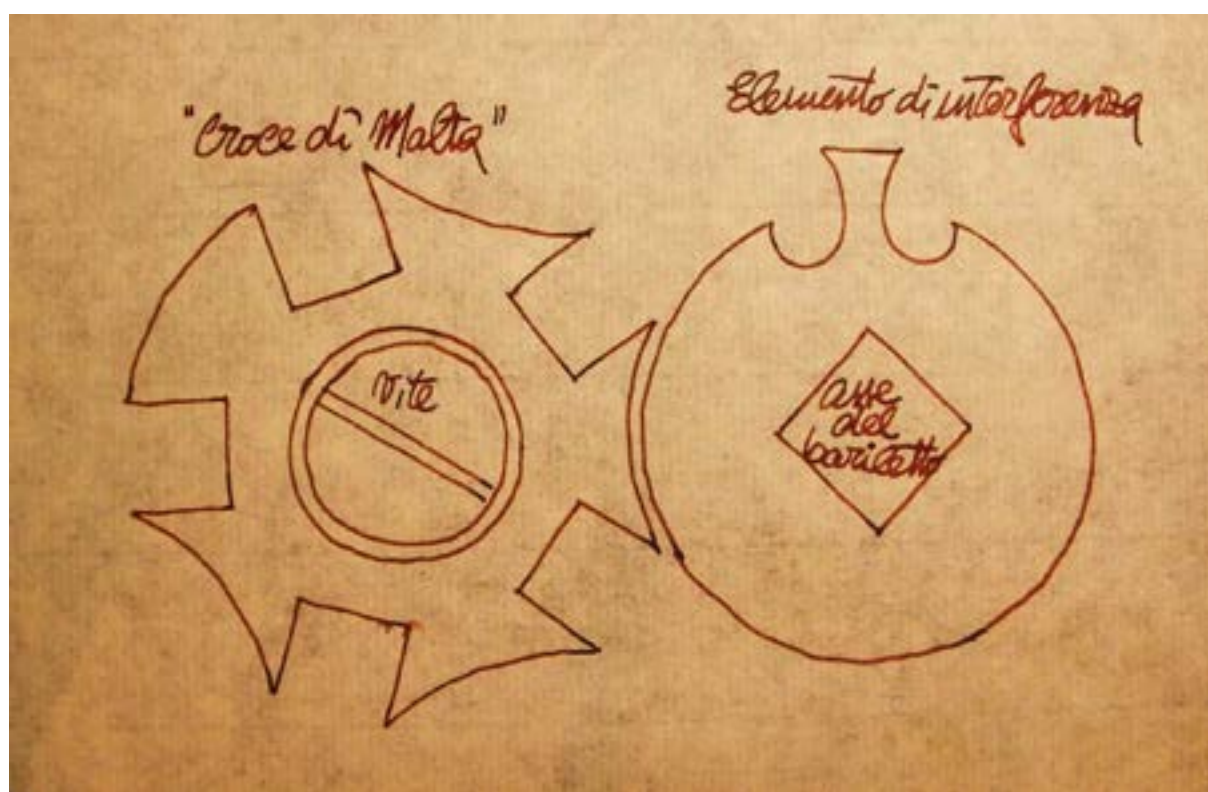


Figura 12. Limitatore di carica



Figura 13. La tastiera vista da sotto

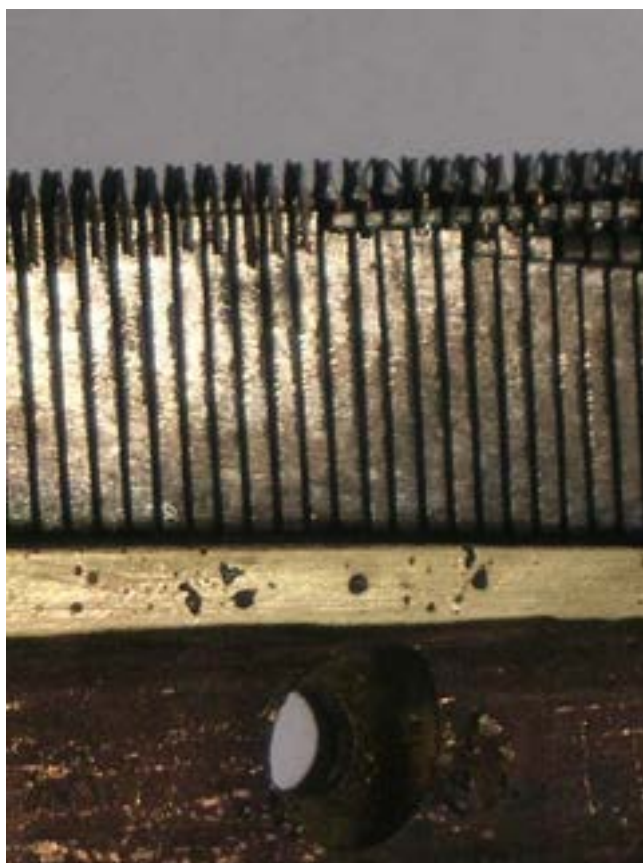


Figura 14. Particolare della parte inferiore della tastiera: sugli apici di sinistra, frazioni di piuma incollate; sugli apici di destra, elementi in piombo con lamelle di acciaio ricurve, infisse in essi con spine coniche

PARCO ARCHEOLOGICO DI MONTE JATO – SAN GIUSEPPE JATO (PA) STACCO, RESTAURO E MUSEALIZZAZIONE DI UNA PITTURA PARIETALE DI PRIMO STILE POMPEIANO

Serena Bavastrelli*, Rosalba Gambino, Martin Mohr*****

* Restauratrice, viale Leonardo da Vinci n. 673, 90135, Palermo, +39329.7265941, serena_bavastrelli@teletu.it

** Restauratrice, vicolo Dadi n. 13, 90133, Palermo, +39328.7313293, rosalba.gambino@libero.it

*** Martin Mohr, Responsabile degli scavi Monte Jato/Spina, ricercatore Istituto di Archeologia Classica, Università di Zurigo, Rämistrasse n. 73, 8006, Zurigo, +41446342817, martin.mohr@uzh.ch

Introduzione

Il Monte Jato si trova nella Sicilia occidentale, a circa 30 km a sudovest di Palermo, dove il Dipartimento di Archeologia Classica dell'Istituto di Archeologia dell'Università di Zurigo scava nell'intera area a partire dal 1971, riportando alla luce l'antico abitato chiamato nel corso della sua storia *Iaitas* in greco, *Ietas* in latino e *Giato* in età medievale. L'indagine archeologica ha rilevato che l'insediamento è stato frequentato per un lasso di tempo di più di 2000 anni, ovvero ca. dall'VIII – VII sec. a.C. fino al Medioevo [1].

In questi ultimi anni la ricerca si è concentrata sulla fase ellenistico-romana dell'abitato, mettendo in risalto come gli insediamenti indigeni di impostazione greca, ad esempio *Iaitas* o Segesta, nel processo di formazione della provincia romana, abbiano mantenuto i caratteri urbani originari.

Al centro della vita civile vi era l'agorà, che, in questo periodo, fu arricchita da porticati, edifici amministrativi, una cisterna pubblica e un grande teatro. Contemporaneamente venne instaurata una rete stradale urbana e in vari quartieri abitativi sorsero numerose case a peristilio.

Ad oggi, la priorità della ricerca è quella di condurre nuovi scavi nel quartiere orientale della città, nella zona al di sopra delle case a peristilio E1 ed E2. In quest'area, tra 2012 e 2014, è stato rinvenuto un ambiente di 5,20 x 4,80 m, al quale, alla fine del II o nel I sec. a.C., fu addossato una struttura monumentale, probabilmente da identificare con il *gymnasium* della città [2]; nello stesso momento, l'ambiente preesistente assunse la funzione di *thermopolium*. Qui sulle pareti nord ed ovest è stata ritrovata *in situ* una pittura parietale di primo stile pompeiano: si tratta di un ritrovamento eccezionale, in quanto è l'esempio meglio conservato di questo genere in tutta la Sicilia.

Stato di conservazione

Quando nell'estate del 2013 fu rinvenuta la pittura parietale di primo stile pompeiano la situazione apparve immediatamente critica. L'intonaco si presentava in pessimo stato di conservazione, ancorato al substrato lapideo esclusivamente da un fitto apparato radicale e dal terreno di giacitura che riempivano i vuoti e le discontinuità dello spessore dell'intera parete. Questa appariva fessurata e frantumata per circa l'ottanta per cento, mostrando parecchie fratture scomposte.

Buona parte dell'intonaco era ancora ricoperto dalla terra di scavo e la superficie già messa in luce era rivestita da un deposito terroso più o meno coerente e di spessore variabile e da un deposito calcareo sottile e molto tenace. Entrambi occultavano la policromia della parete dipinta (Fig. 1).

I frammenti ancora assicurati alla superficie non occupavano più l'esatta posizione originaria, avendo subito uno spostamento e/o slittamento a causa delle sollecitazioni meccaniche esercitate dallo sviluppo delle radici delle piante infestanti, di tipo fittonante (Fig. 2). Altri frammenti, di piccole e medie dimensioni, si trovavano sparsi sul piano di calpestio.

La superficie dello strato di finitura si presentava molto lacunosa, mettendo in luce lo strato di arriccio; circa il trenta per cento della parete risultava mancante. L'unicità e l'importanza del ritrovamento e la presenza continua nel territorio di atti di vandalismo e ruberie furono gli elementi che ci indussero a staccare l'intonaco e a conservarlo in un ambiente protetto, in attesa del restauro e della sua musealizzazione. La decisione fu presa anche in vista dell'imminente chiusura della missione archeologica, che non avrebbe più garantito la sicurezza dei luoghi. La scelta si dimostrò sensata, dal momento che, durante l'estate, l'ambiente dell'intonaco dipinto e le aree circostanti furono per l'appunto vandalizzate.



Figura 1. Intonaco solo in parte scoperto e rivestito da terra di scavo.



Figura 2. Particolare dell'intonaco. Azione meccanica delle radici che ha provocato la rottura della formella.

L'intervento di restauro

Tutte le operazioni che hanno coinvolto l'intonaco romano sono state fatte in un lasso di tempo che va dal 2013 al 2018, quando, finalmente, è stato esposto presso l'Antiquarium di Casa d'Alia a San Cipirello (PA).

2013/2014 - Prima fase: interventi preliminari e stacco dell'intonaco

Il primo intervento sull'intonaco è stato una pulitura a secco del materiale incoerente, seguito dalla rimozione della terra di scavo ancora presente sulla parete. Contestualmente, per mettere in sicurezza la superficie della parete, sono stati eseguiti un intervento di preconsolidamento mediante velinatura con carta giapponese e resina acrilica in emulsione acquosa (10%) [3] e il bloccaggio dei frammenti prossimi alla caduta con stuccature [4] provvisorie e di emergenza.

La rimozione della terra di scavo ha messo in luce la parete ovest, formata da 12 formelle rettangolari a rilievo allineate su tre fasce parallele, le prime due posizionate orizzontalmente e la terza, quella inferiore, disposta in maniera verticale (Fig. 3). Quest'ultima, proseguendo al di sotto del piano di calpestio, è stata scavata per altri 20 cm. senza, però, riuscire a trovare il limite inferiore. Data l'imminente chiusura dei lavori e non potendo quindi eseguire uno scavo sistematico, si è deciso di non andare oltre e proseguire l'intervento l'anno successivo, a riapertura dello scavo. La pulitura dal terreno di giacitura ha inoltre rinvenuto una piccola porzione d'intonaco dipinto che continuava nella parete nord. Anche al di sopra della fascia superiore, la parete proseguiva con un intonaco più grezzo e privo di cromia.

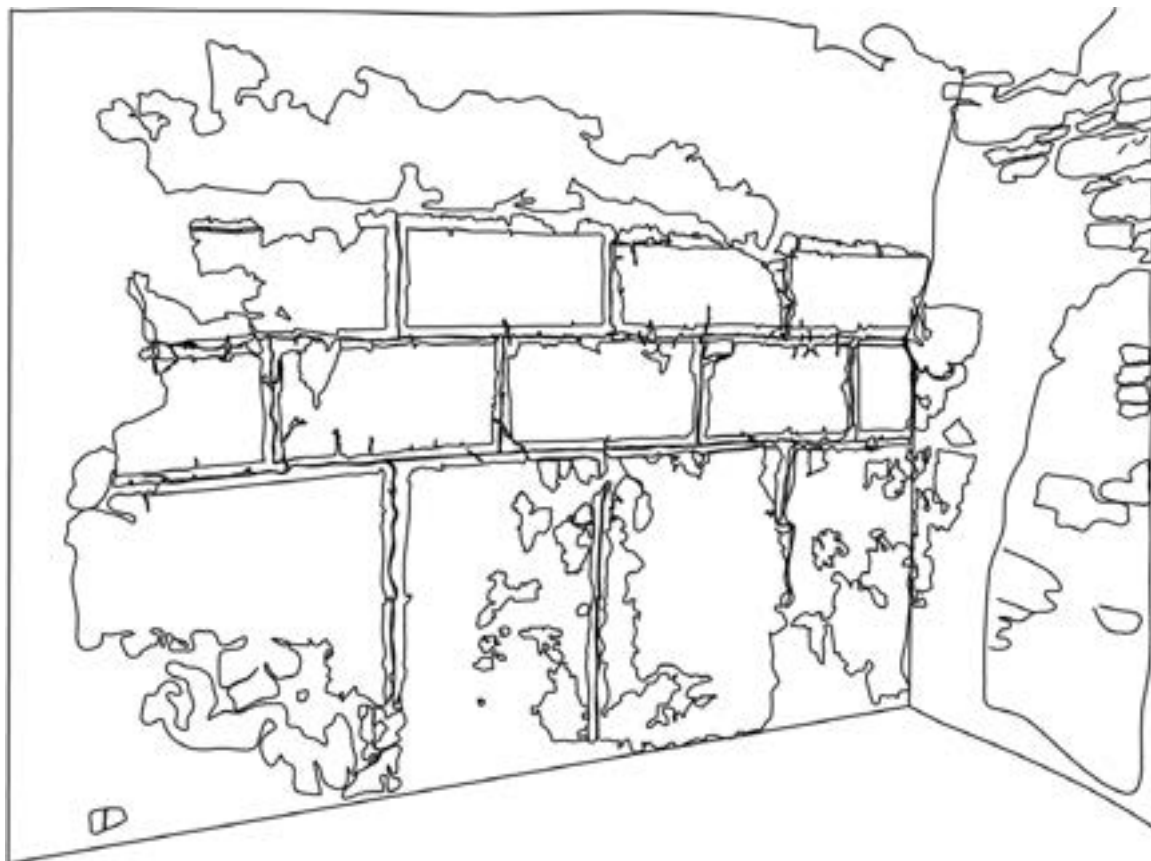


Figura 3. Rilievo grafico dell'intero intonaco rinvenuto.

Per completare l'intervento di "messa in luce" è stato fatto un microscavo della terra recuperata dove sono stati ritrovati numerosi frammenti e porzioni di intonaco privi di un riferimento contestuale.

Eseguita la disinfestazione delle piante inferiori tramite un erbicida liquido tale da devitalizzare le radici ancora vive, la superficie è stata trattata anche con un prodotto biocida [5] in grado di prevenire lo sviluppo dei biodeteriogeni. Per pulire la superficie dal deposito terroso è stato sufficiente eseguire un'azione emolliente

a tamponcino (Fig. 4) coadiuvata da un'azione meccanica con strumenti di precisione e si è deciso di intervenire sul deposito calcareo solo dopo lo stacco e durante la fase successiva del restauro in laboratorio.

Dopo aver eseguito il rilievo (Fig. 5) dello stato di fatto in scala 1:1, si è proceduti alla preparazione del *facing*. Il primo strato (Fig. 6) è stato realizzato con carta giapponese applicata con resina acrilica [6] in soluzione al 15%; per il secondo e il terzo è stato invece utilizzato il velatino di cotone fatto aderire sempre con la stessa resina ma ad una concentrazione più alta (30%). Infine, per garantire la robustezza del *facing*, l'intera superficie è stata ricoperta dalla schiuma poliuretanica (Fig. 7), preferita anche per assecondare tutte le irregolarità della parete.

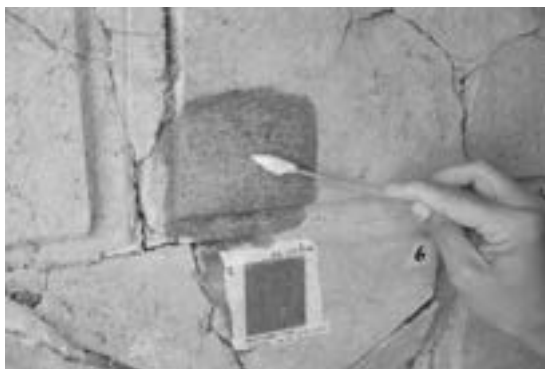


Figura 4, 5, 6 e 7. Pulitura, rilievo grafico, velinatura e supporto in schiuma poliuretanica.

Per evitare qualsiasi flessione del materiale, sono stati preparati dei pannelli di appoggio in legno destinati a sostenere le sezioni durante lo stacco, capovolgerle e trasportarle in laboratorio. Lo stacco, eseguito a massello, è stato fatto senza alcuna difficoltà vista la scarsa adesione che l'intonaco aveva con il substrato lapideo (Figg. 8 e 9).



Figura 8 e 9. Stacco dell'intonaco.

L'anno successivo, nel 2014, gli scavi hanno riportato alla luce la parte inferiore dell'intonaco. Anche questa è stata distaccata e trasportata in laboratorio, seguendo lo stesso iter metodologico del precedente intervento.

2014/2015 - Seconda fase: il restauro

Tra il 2014 e il 2015 la pittura parietale è stata restaurata. Su richiesta dei responsabili del Dipartimento di Archeologia Classica dell'Università di Zurigo l'intervento di restauro ha avuto come scopo quello di rispettare il più possibile tutte le particolarità e le irregolarità della superficie pittorica, evitando, quindi, di riportarla in posizione complanare. La preparazione del retro per il nuovo supporto ha avuto inizio posizionando le sezioni distaccate a faccia in giù. Dopo aver aspirato i residui di terra (Fig. 10) e rimosso le ultime radici, la superficie del retro è stata fissata con una prima applicazione di una soluzione molto diluita di grassello di calce, polvere di marmo e resina acrilica in emulsione acquosa [7], ed una seconda più densa, con una percentuale più alta di resina acrilica (20%) e rinforzata da una stesura di garza di cotone (Fig.11).

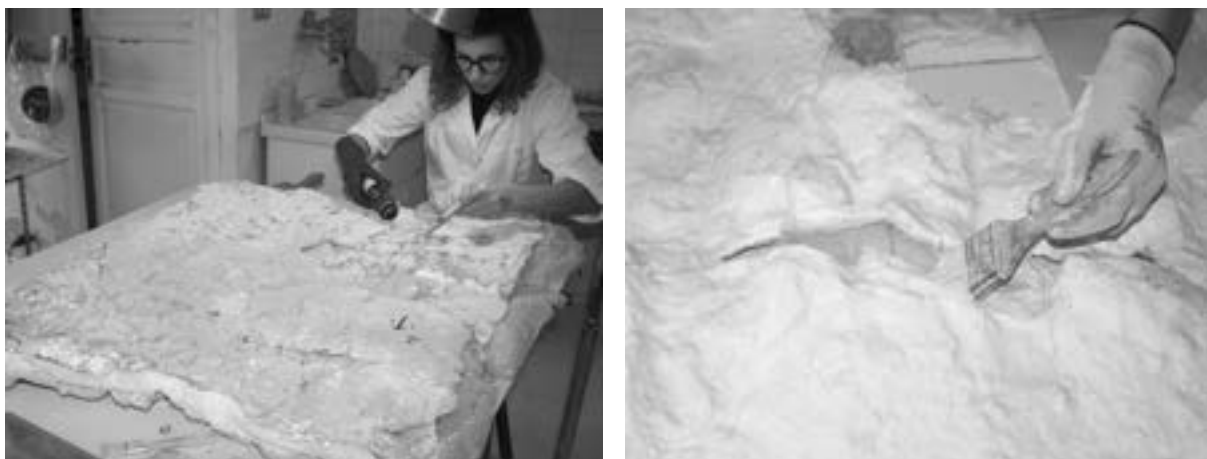


Figura 10 e 11. Pulitura del retro dell'intonaco. Applicazione del grassello di calce.

Rimosso il poliuretano espanso e interposto materiale urtoassorbente tra l'intonaco e il piano di lavoro, è stata costruita una cassaforma dove le sezioni sono state assemblate, pronte a ricevere il nuovo massetto. Questo è stato realizzato in due strati: il primo costituito da una malta [8] leggera, isolante e spessa da 1 a 2 cm tale da livellare le irregolarità del piano; il secondo, più sottile, formato da una malta pozzolanica premiscelata [9] ad alta resistenza e caricata con un'emulsione acrilica [10], in grado di assicurare solidità e robustezza. Infine, per completare il nuovo supporto, un pannello a nido d'ape da 20 mm (LE-M) è stato incollato al massetto con una malta adesiva [11].

Successivamente ha preso avvio il restauro della pittura murale, secondo la tradizionale metodologia d'intervento (Figg. 12, 13 e 14):

- Asportazione del *facing* mediante solventi
- Pulitura chimica e meccanica della superficie con impacchi assorbenti ad azione emolliente o complessante (sali di E.D.T.A. bisodico)
- Incollaggio dei frammenti con adesivo UHU Hart o resina epossidica EPO 121
- Consolidamento di profondità con Ledan SM02 [12]
- Stuccatura e integrazione delle parti mancanti
- Equilibratura cromatica e reintegrazione pittorica con colori ad acquerello eseguite con la tecnica del “puntinato”.

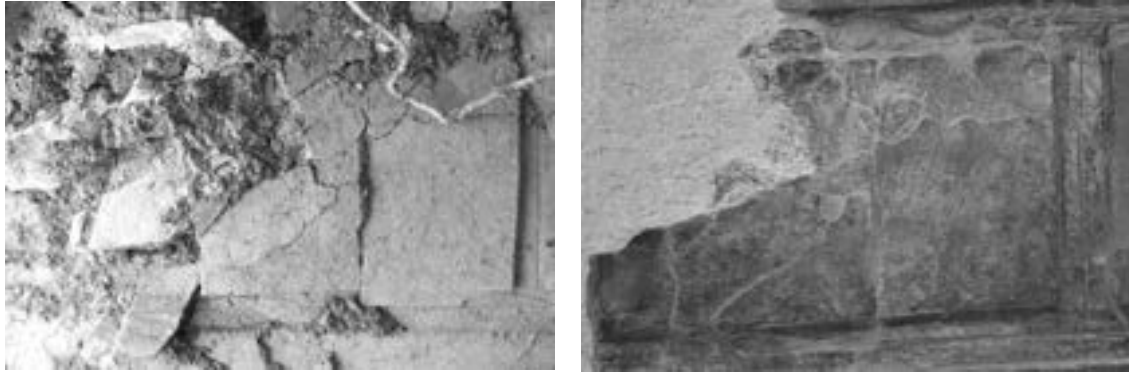


Figura 12. Particolare di una formella prima e dopo l'intervento di restauro



Figura 13. Particolare dell'intonaco prima del restauro



Figura 14. Particolare dell'intonaco dopo il restauro

2018 - Terza fase: la musealizzazione

A restauro avvenuto e in attesa della collocazione definitiva, dal 2015 la pittura parietale è rimasta in custodia del Dipartimento di Archeologia Classica dell'Università di Zurigo nei magazzini della “casa missione” di San Cipirello (Fig. 15), fino a quando, nel 2018, è stato realizzato un progetto per la sua esposizione museale presso l'Antiquarium di Casa d'Alia, dove è stata trasportata e a tutt'oggi si trova (Fig. 16).

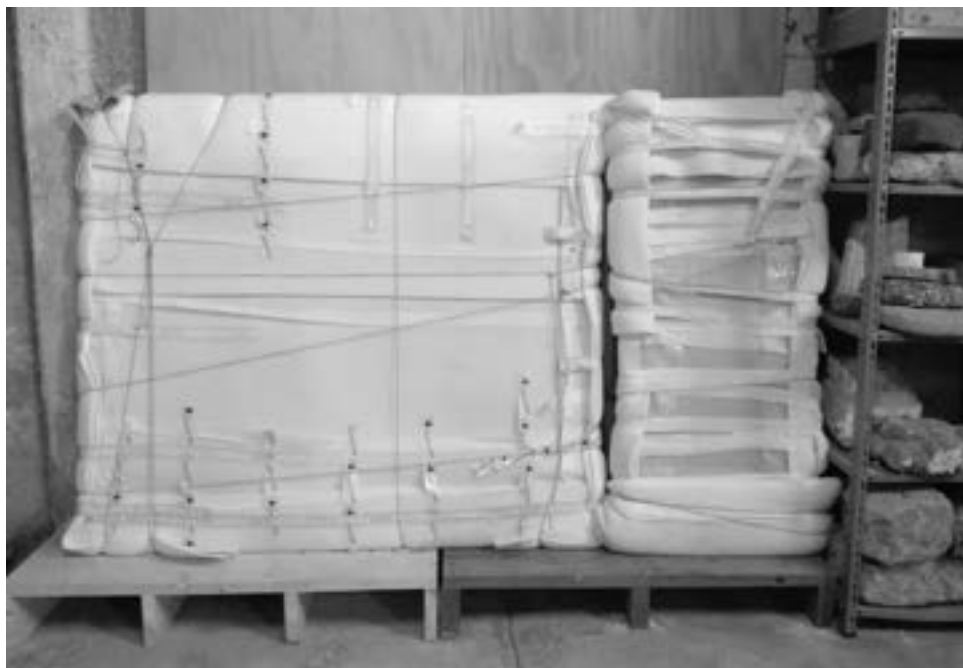


Figura 15. L'intonaco imballato.



Figura 16. L'intonaco musealizzato.

NOTE E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] cf. i rapporti preliminari pubblicati annualmente nella rivista “Antike Kunst”.

[2] Per l'ambiente e la pittura parietale in primo stile pompeiano cf. per ultimo M. Mohr, *Antike Kunst*, 57, 2013, 105-108 fig. 5 tav. 14, 8-10; M. Mohr, *Antike Kunst*, 58, 2015, 118-122 fig. 2 tav. 21, 1-7; M. Mohr, *Antike Kunst*, 59, 2016, tav. 10,3. Per la struttura monumentale cf. per ultimo M. Mohr, *Antike Kunst*, 62, 2019, 129-132 fig. 6. 7 tav. 15, 1-3.

[3] Acril 33 al 10%.

[4] E' stata utilizzata una malta magra (1:3) composta da calce aerea e sabbia calcarea.

[5] Biotin T.

[6] Paraloid B72.

[7] Acril 33.

[8] Malta composta da argilla espansa Leca e calce Lafarge I60 in proporzione 3:1

[9] MasterEmaco S 285 TIX (già Albaria Struttura).

[10] MasterSeal 600 (già Thoro Acryl 60).

[11] Flex MAXIMO M 41.

[12] Ora Ledan RI.STAT BASE B

I PALIOTTI IN SCAGLIOLA DEL CANTON TICINO PROBLEMATICHE CONSERVATIVE E TECNICHE D’INTERVENTO

Greta Acquistapace*, Alberto Felici**, Giacinta Jean***

*Conservatrice-restauratrice, assistente, greta.acquistapace@supsi.ch

** Docente-restauratore, alberto.felici@supsi.ch

*** Responsabile corso di laurea in conservazione e restauro, giacinta.jean@supsi.ch

SUPSI, Dipartimento ambiente costruzioni e design, Istituto materiali e costruzioni, Campus Trevano, CH-6052

Abstract

A partire dal secondo decennio del XVIII secolo, in Canton Ticino e nella vicina regione lombardo-piemontese, si registra una straordinaria diffusione della tecnica della scagliola che, dopo la sua riscoperta in Emilia Romagna all’inizio del XVII secolo, viene largamente impiegata da importanti botteghe locali nella realizzazione di paliotti d’altare [1].

Queste opere, molto diffuse nella svizzera italiana, sono state studiate principalmente sotto un profilo storico-artistico. Al contrario, la conoscenza dei materiali, della tecnica realizzativa, dei meccanismi di degrado e delle metodologie per garantirne la conservazione è ancora oggi poco trattata e lacunosa sotto molti punti di vista. Le uniche conoscenze riguardanti le procedure operative e i materiali utilizzati derivano quasi esclusivamente dai ricettari antichi e da tradizioni orali tramandate dai pochi artigiani scagliolisti ancora in attività [2].

Per queste ragioni la SUPSI – Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana - ha avviato un progetto di ricerca che prevede di raccogliere le informazioni utili a colmare il vuoto conoscitivo che attualmente rende difficoltoso mettere a punto un intervento conservativo compatibile con questa particolare materia [3].

Introduzione

I paliotti in scagliola sono lastre decorative mobili che a partire dal XVIII secolo vengono impiegate come rivestimento per il fronte delle mense d’altare. Questa tecnica artistica nasce per imitare le tarsie marmoree e in particolare i preziosi commessi in pietra dura che, a causa della difficile reperibilità e al complicato lavoro di intaglio delle pietre dure, erano accessibili solo ad una committenza straordinariamente facoltosa. La scagliola invece, detta anche il “marmo dei poveri”, è prodotta con materiali poco costosi: gesso cotto e ridotto in polvere, acqua di colla (derivante dalla cottura in acqua di ossa e pelli animali) e pigmenti a cui si aggiungevano, in alcuni casi, pietre naturali. Questa tecnica permette di raggiungere risultati raffinatissimi, talvolta ancora più elaborati dei preziosi modelli che si volevano imitare [4].

Gli impasti colorati, denominati *meschie*, venivano stesi su un supporto di gesso, gettato all’interno di un telaio di legno che serviva a conferire la forma finale del manufatto (lastra unica o tripartito). Il supporto, una volta asciugato, veniva ricoperto con un primo strato di scagliola, generalmente di colore nero, denominata fondo o coperta. Su questo strato si incidavano le sagome del disegno, praticando un intaglio di uno o due millimetri di profondità, che veniva poi riempito con gli impasti più adatti. Seguiva infine la levigatura e lucidatura della superficie che serviva a conferire al manufatto una lucentezza simile ai commessi marmorei [5].

Nel corso degli ultimi decenni in Canton Ticino è emersa la necessità di individuare delle tecniche adeguate alla conservazione di queste preziose opere, molte delle quali sono bisognose di urgenti cure. Nelle chiese e negli oratori più remoti delle valli ticinesi non di rado ci si imbatte in opere ridotte ad uno stato di deperimento così avanzato da non poter più essere mantenute in opera. In questi casi i paliotti venivano smontati dagli altari originari, ridotti in frammenti, stipati in depositi inadatti, oppure ricollocati altrove (perdendo così il legame tra l’iconografia della lastra e la dedicazione dell’altare) se non addirittura eliminati [6].

In mancanza di conoscenze specifiche da parte dei restauratori, gli interventi su questi manufatti sono stati affidati ad artigiani che hanno eseguito prevalentemente interventi di ripristino utilizzando spesso materiali inadeguati ed incompatibili. Queste pratiche, oltre ad avere fortemente alterato l’autenticità delle opere, hanno mostrato difetti a pochi anni dalla loro esecuzione.

Per rimediare a questa mancanza di conoscenze e individuare un percorso metodologico che consenta di migliorare la qualità degli interventi, il corso di laurea in conservazione e restauro attivo presso la SUPSI - istituto di formazione e ricerca nel campo della conservazione e del restauro di dipinti murali, stucchi, gessi e superfici lapidee - ha iniziato a seguire progetti pilota rivolti alla conoscenza e alla conservazione delle scagliole. Nel 2012, con la tesi bachelor di Anna Dottore – *Il paliotto di Bedigliora. Tecniche esecutive e problemi di conservazione della scagliola intarsiata* – sono stati studiati i nove frammenti dei laterali del paliotto tripartito, databile alla seconda metà del Settecento e attribuibile alla bottega dei Solari. La tesi ha avuto come obiettivo principale lo studio storico-artistico, l’indagine sui materiali e le tecniche esecutive, l’analisi dei

fenomeni di degrado e l'individuazione delle relative cause. Dopo questa prima fase di studio, gli allievi del corso di laurea, sotto la supervisione del docente Alberto Felici, hanno svolto operazioni di messa in sicurezza, pulitura e consolidamento. Attualmente il restauro è ancora in corso ed è in fase di studio il ricongiungimento tra il pannello centrale, recentemente ritrovato all'interno di un altare in una cappella di campagna [7], e i due laterali, in modo da ripristinare l'integrità originale dell'opera.

Nel 2017, con la tesi master di Greta Acquistapace – *Il paliotto in scagliola dell'altare della Madonna dei Sette Dolori nell'Oratorio di San Rocco a Ponte Capriasca, Messa a punto dell'intervento conservativo* – è stato possibile studiare, mettere a punto ed eseguire il restauro di quest'opera che presentava problematiche conservative molto gravi, tra cui l'ossidazione delle armature interne con conseguente fessurazione del supporto e degli strati più superficiali, disgregazione, distacco e perdita di materiale originale provocato dalla risalita capillare e conseguente formazione di efflorescenze saline, alterazioni cromatiche a carico dei pigmenti, presenza di depositi e alterazioni del protettivo finale [8]. Nell'ambito di questa tesi si è tentato di individuare casi studio o riferimenti tecnici e operativi che si basassero sui principi della moderna conservazione e che potessero fornire delle informazioni utili alla messa a punto dell'intervento. Questa ricerca ha dato pochi risultati, mostrando uno stato dell'arte decisamente povero.

Recentemente sono stati ritrovati e trasportati nei laboratori di restauro della SUPSI alcuni frammenti di un paliotto in scagliola firmato da Giuseppe Maria Pancaldi e datato 1765. Al momento del ritrovamento l'opera, collocata all'interno di un deposito, era da anni abbandonata e conservata in condizioni totalmente inadeguate. Grazie a questi studi e all'attenzione da parte dell'Ufficio dei beni culturali del Canton Ticino a queste problematiche, è nata la necessità di ampliare le conoscenze tecniche e operative in questo settore, di sistematizzarle e di metterle a disposizione dei restauratori e degli enti di tutela, in modo da promuovere una comune crescita professionale.

Punto di partenza fondamentale per le nostre ricerche è stato il catalogo dei paliotti ticinesi pubblicato recentemente dalla storica dell'arte Elfi Rüschi, il quale ha certamente destato nonché rinnovato la curiosità e l'interesse di molte persone, professionisti e non solo, nei riguardi di queste opere [9]. Il volume frutto di ricerche intraprese a partire dagli anni Ottanta, fornisce una descrizione, per quanto possibile completa, dei paliotti presenti nel territorio del Cantone. Le schede contengono la foto generale del paliotto, dove si trova (chiesa e altare), la tipologia di lastra (unica o tripartita), le misure, il soggetto centrale, la firma e la data d'esecuzione, nonché una breve descrizione stilistica ed eventuali fonti bibliografiche e d'archivio rinvenute durante le ricerche. In alcuni casi, in particolare per opere gravemente danneggiate o decontestualizzate, vengono brevemente riportate alcune osservazioni tecniche. Questo paziente lavoro di catalogazione permette di avere un'idea precisa della quantità di opere presenti sul territorio, della loro straordinaria ricchezza espressiva e rappresenta una fondamentale banca dati di partenza da completare con nuove informazioni tecniche che potranno essere acquisite in futuro.

Fasi e svolgimento del progetto

Il progetto avviato alla SUPSI, iniziato nel marzo 2019, durerà tre anni ed è suddiviso in quattro fasi.

Nella fase preliminare sono state selezionate, dal catalogo dei paliotti ticinesi, opere in cattivo stato di conservazione, sulle quali si potessero leggere informazioni inerenti le tecniche esecutive e i meccanismi di degrado. Ad oggi sono stati presi in esame circa venti casi studio che hanno permesso una prima ricognizione delle diversità tecniche con cui sono state realizzate queste opere e dei loro principali problemi conservativi.

In questa fase si è visto quanto fosse necessario stabilire una terminologia codificata che, attraverso un glossario illustrato, permettesse di indicare in modo chiaro e univoco le caratteristiche tecniche e i fenomeni di degrado osservati. È stato messo a punto anche un modello di schedatura dei paliotti in scagliola che, a partire dalle informazioni di base contenute nel volume di Elfi Rüschi, offre una guida all'osservazione e alla registrazione dei dati tecnici in modo da fornire un supporto scientifico ai professionisti e agli enti territoriali preposti alla tutela del patrimonio.

Nella seconda fase del progetto, il glossario e la scheda verranno utilizzati per investigare in modo approfondito una decina di opere individuate nella fase preliminare come particolarmente significative. La compilazione delle schede dovrà servire da guida nella raccolta sistematica dei dati attraverso osservazioni dirette supportate da indagini conoscitive e diagnostiche al fine di indagare:

- il supporto: composizione e spessore degli strati, presenza di disegni preparatori, individuazione di eventuali armature metalliche interne o strutture ad incannucciato e la loro stabilità nel tempo. Verrà data particolare attenzione alle problematiche strutturali generalmente causate dalla corrosione degli elementi metallici e dal deterioramento progressivo delle strutture ad incannucciato;

- la scagliola: presenza di strati di preparazione, di una o più tipologie di fondo o coperta e spessore degli strati, “meschie” impiegate (tipo di legante, rapporto aggregato/legante e pigmenti utilizzati), segni degli strumenti lasciati per eseguire l’intaglio ed eventuale presenza di parti dipinte sulla scagliola. Inoltre, verranno studiati i problemi legati alla disgregazione e al distacco delle “meschie”, alla formazione di efflorescenze saline e all’alterazione cromatica di particolari pigmenti (es. sbiancamento e ingrigimento del Cinabro) [10];
- la finitura superficiale: la presenza di materiali organici in superficie (strati filmogeni o protettivi) applicati durante la lucidatura finale o durante interventi di restauro, composizione e spessore di questi strati ed eventuali alterazioni cromatiche legate al loro invecchiamento.

Si è cercato di prendere in esame anche delle opere già restaurate o rimaneggiate nel corso dei secoli al fine di valutare i diversi approcci metodologici usati e, per quanto possibile, verificare l’efficacia dei trattamenti eseguiti e la stabilità dei prodotti di restauro applicati.

Nella terza fase del progetto verranno selezionate delle scagliole sulle quali effettuare interventi pilota. Questi casi studio dovranno permettere di affrontare le principali problematiche conservative riscontrate e di mettere a punto un intervento che segua un rigoroso approccio metodologico, dando particolare attenzione alla riconoscibilità delle aggiunte e alla compatibilità dei materiali di restauro. Si dovranno affrontare aspetti quali:

- la stabilizzazione del supporto: intervenendo su opere che abbiano subito danni a livello del supporto e che necessitano di una nuova stabilità strutturale (assemblaggi di opere fratturate o in frammenti con esecuzione di impernature, incollaggi o sostituzione dei supporti originali quando non più in grado di avere funzione di sostegno per l’opera). In questa fase andranno selezionati i criteri d’intervento e valutate le proprietà dei materiali disponibili in commercio, che dovranno essere quanto più possibile reversibili, compatibili con i materiali costitutivi originali e stabili nel tempo;
- il consolidamento delle “meschie” disgregate e distaccate dal supporto: con la scelta e la valutazione di prodotti consolidanti che garantiscano una buona efficacia e compatibilità con il substrato originale. I prodotti selezionati dovranno mantenere inalterate le caratteristiche fisiche e chimiche del substrato, senza modificarne la permeabilità e garantendone la ritrattabilità. Verranno selezionati prodotti con una buona penetrazione all’interno della superficie da consolidare, che non formino film superficiali e che siano resistenti all’attacco biologico;
- la pulitura: comprensione delle problematiche legate alla rimozione di materiali estranei ed individuazione di metodi di pulitura, ponendo particolare attenzione alla sensibilità dei protettivi originali;
- la reintegrazione delle lacune: identificazione dei requisiti d’intervento, con particolare attenzione alla riconoscibilità delle aggiunte e la loro stabilità nel tempo, nonché alla compatibilità e reversibilità dei materiali utilizzati per la reintegrazione delle lacune;
- la finitura superficiale: valutazione delle diverse tipologie di protettivi superficiali (naturali e sintetici) che soddisfino le caratteristiche di trasparenza, buona reversibilità e stabilità nel tempo. In particolare, si porrà l’attenzione sulla eventuale formazione di sbiancamenti o alterazioni superficiali dei nuovi protettivi applicati.

Nella quarta fase del progetto i risultati acquisiti dovranno essere diffusi attraverso la realizzazione di pubblicazioni, giornate di studio e workshop, in modo da permettere ai restauratori e agli enti di tutela di raggiungere una maggiore consapevolezza riguardo alle necessità conservative di questi delicati manufatti.

Messa a punto di un glossario illustrato e di una scheda di censimento

Per stabilire una terminologia che definisca in modo univoco aspetti della tecnica esecutiva e dei fenomeni di degrado delle opere in scagliola è stata fatta una prima ricognizione della bibliografia esistente in modo da individuare le voci già codificate che potessero adattarsi a questa tecnica e selezionare sulla base di una terminologia già condivisa dei lemmi sui fenomeni di degrado. Come riferimento sono stati usati:

- ICOMOS-ISCS, *Illustrated glossary on stone deterioration patterns. Glossaire illustré sur les forms d’altération de la pierre*, “Monuments and Sites”, XV, 2008. (https://www.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf);
- UNI 11182/2006 Beni culturali, *Materiali lapidei naturali e artificiali. Descrizione della forma di alterazione-Termini e definizioni*. (http://store.uni.com/catalogo/index.php/uni-11182-2006.html?josso_back_to=http://store.uni.com/josso-securitycheck.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com);

- *EwaGlos European Illustrated Glossary Of Conservation Terms For Wall Paintings And Architectural Surfaces*, edited by Angela Weyer, Pilar Roig Picazo, Daniel Pop, JoAnn Cassar, Aysun Özköse, Jean-Marc Vallet, Ivan Srša, Series of publications by the Hornemann Institute, Volume 17. (<http://projekte.hawking.de/ewaglos/pages/download.php>);
- *Illustrated Glossary: Mosaics in Situ Project: Definitions of Terms Used for the Graphic Documentation of in Situ Floor Mosaics*. Getty Conservation Institute, and Israel Antiquities Authority. Los Angeles, CA: 2003. Getty Conservation Institute. (http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/glossary_mosaics_situ);
- *Illustrated Glossary: Technician Training for the Maintenance of In Situ Mosaics*. Livia Alberti, Elsa Bourguignon, Ermanno Carbonara, Thomas Roby, and Juana Segura Escobar. 2013. Los Angeles; Tunis: Getty Conservation Institute; Institut National du Patrimoine de Tunisie. (http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/glossaire_english).

Il glossario illustrato è stato suddiviso per: materiali costitutivi, tecniche esecutive, interventi pregressi e fenomeni di degrado. Ogni sezione contiene i termini selezionati con relativa definizione o spiegazione del fenomeno. Questo strumento vuole rappresentare un contributo significativo nella definizione di un linguaggio comune e fornire una base per ulteriori discussioni o approfondimenti (**fig. 1**).



Figura 1. Successione stratigrafica delle opere in scagliola e nomi degli strati

La scheda è invece suddivisa in sette sezioni che contengono:

- i dati identificativi dell'opera, in parte ripresi dal catalogo dei paliotti ticinesi redatto dalla storica dell'arte Elfi Rüschi ed in parte rilevati direttamente in situ;
- il contesto e le condizioni di esposizione, considerati in quanto possono influenzarne lo stato di conservazione;
- i metodi di indagine utilizzati, per l'osservazione e la caratterizzazione delle tecniche, dei materiali e dei fenomeni di degrado;
- le tecniche esecutive: partendo dallo strato di supporto, si chiede di indicare lo spessore, la composizione degli strati e le lavorazioni superficiali del fronte, del retro e dei bordi (quando osservabili), nonché l'eventuale presenza di strutture interne e quindi i dettagli sullo strato di fondo o coperta e delle parti intarsiate, precisandone gli spessori, la composizione, i segni di lavorazione e, quando presenti, eventuali strati preparatori (**fig. 2**). Questa suddivisione, oltre a suggerire una lettura stratigrafica dell'opera, accompagna il compilatore all'interno della procedura costruttiva e realizzativa dei paliotti;
- gli interventi precedenti, suddivisi come sopra;
- lo stato di conservazione, indicato con una prima valutazione secondo una scala numerica da 1 a 5, che corrisponde al livello di criticità dei fenomeni. La scala numerica descrive brevemente lo stato di conservazione di ciascuna categoria in modo da limitare, per quanto possibile, la soggettività nell'interpretare i dati osservati. I fenomeni di degrado sono stati suddivisi, secondo quanto proposto nel glossario ICOMOS-ISCs, per macro categorie: quadro fessurativo (fessure, deformazioni e distacchi), fenomeni che implicano la perdita di materiale (mancanze, lacune, disgregazione, ecc.), alterazioni cromatiche, depositi superficiali e attacco biologico. I termini sui fenomeni di degrado sono accompagnati dalla descrizione degli effetti macroscopici che provocano, adattando le definizioni presenti nei glossari sopracitati in base alle necessità specifiche dei paliotti.

Per ogni fenomeno ne viene indicata l’estensione e la gravità. L’estensione registra la diffusione di un certo fenomeno sulla superficie (<10%, 10-20%, 20-40%, >40%) oppure, come nel caso delle fessure, la quantità presente. L’entità del danno è stata riportata secondo una scala di giudizio (lieve, medio, grave, ingente) che, in questo caso, fornisce un dato soggettivo (**fig. 3**);

- gli interventi necessari rimandano a tre categorie: monitoraggio e manutenzione / restauro / interventi urgenti e di messa in sicurezza.

TECNICA ESECUTIVA

Supporto:

Numero di strati: 1

Strato 1
composizione: gesso e calce di gesso e aggregati
spessore: 2,2 cm

Strato 2
composizione:
spessore:
struttura interna:
☐ barre in ferro
☐ incannucciati
☐ nessuna
☒ non visibili
☐ altro?

Intervento superficiale del supporto:
☐ impasto della trama?
☒ superficie liscia?
☐ presenza di disegni preparatori
☐ altro

osservazioni: la nostra tecnica se presenta l'angolo in c. e se smussato

STATO DI CONSERVAZIONE

1. PERICOLO (opera a rischio di crollo a causa di gravi problemi a livello del supporto/gravi distacchi e decolorazioni)
2. CATTIVO (opera a rischio di perdite localizzate di parti originali/elementi non compatibili)
3. DISCRETO (opera con fenomeni di degrado di medio intensità)
4. BUONO (opera con ridotte alterazioni dei pigmenti e/o del protettivo superficiale)
5. OTTIMO (opera che non presenta problematiche conservative)

Fattori di rischio

☒ umidità di risalita capillare
☐ umidità di condensa
☒ perdita/collimento del sistema di ancoraggio
☐ corrosione armature interne
☐ sali
☒ interventi precedenti inadeguati
☐ altro

Legenda:

	<10% (sparsi)	10-20% (localizzati)	20-40% (diffusi)	>40% (intensi)
estensione	1	2,3	4,5	>5
entità del danno	lieve	medio	grave	ingente

Tabella di valutazione

	estensione	gravità	entità del danno	osservazioni
fessure	2,3	---	grave	
resaca	---	---	---	
cracks	---	---	---	

Figure 2 e 3. Esempi di compilazione di una scheda di censimento dei paliotti in scagliola, Chiesa di san Michele, Palagnedra.

Tecniche esecutive e stato di conservazione dei paliotti censiti

Questo lavoro di ricerca ha permesso di approfondire le conoscenze sulle scagliole. Si è potuta osservare una notevole varietà nella realizzazione dei supporti, sia negli spessori (che variano dai 2 ai 5 cm) che nella composizione. Generalmente le lastre sono costituite da gesso o da una miscela di gesso e calce con l’aggiunta, in alcuni casi, di frammenti di pietre porose (quali Tufo lombardo, o pezzi di mattone) inserite allo scopo di alleggerire il peso dell’opera finita. Talvolta si è riscontrata la presenza di strutture interne, quali incannucciati o barre in ferro che avevano lo scopo di irrobustire la lastra. Quando i paliotti entrano in contatto con umidità di risalita, le armature in ferro si ossidano e gli incannucciati si deteriorano, provocando problemi a livello strutturale. Nei casi in cui è stato possibile visionare il supporto, si sono osservate una serie di varianti nella preparazione. In molti casi il lato utilizzato per la stesura delle successive *meschie* risulta essere quello con impressa la trama della tela (usata nella fase di disarmo del telaio entro il quale veniva realizzato il supporto) che per la sua scabrosità superficiale garantisce una migliore adesione degli strati successivi. In altri casi invece, questa superficie può essere liscia e utilizzata dall’artista per riportare il disegno preparatorio.

Si può facilmente intuire come queste varianti tecniche possano influire sullo stato di conservazione delle opere ed in particolare sull’adesione tra gli strati, che diminuisce nei casi in cui la coperta è stata posata su una superficie liscia. Per quanto riguarda la lavorazione dei bordi del supporto si osservano principalmente due varianti che, ad una prima valutazione, non sembrano avere implicazioni sulla conservazione dei manufatti: alcuni paliotti hanno i bordi ricoperti dallo strato di fondo nero e altri presentano il supporto a vista.

Anche nella realizzazione del fondo e delle decorazioni ad intarsio eseguite con *meschie* colorate, a tinta unica o a finto marmo, le varianti non sono poche. Si passa dall’applicazione di due strati di coperta con intagli profondi qualche millimetro (3-4 millimetri) che raggiungono talvolta anche il supporto, fino ad arrivare a spessori molto sottili (massimo 1 mm) stesi su una base di gesso, a sua volta inserito all’interno dell’intaglio. Questo espediente, che permetteva all’artista di utilizzare una minor quantità di pigmento e di conseguenza abbassare i costi di produzione, ha mostrato implicazioni negative a livello conservativo, in quanto questi strati molto sottili (talvolta inferiori ad 1 mm) tendono facilmente a sollevarsi (**fig. 4**). Di particolare interesse sono i fenomeni di degradazione differenziale dovuti alla tecnica esecutiva di alcune *meschie* a finto marmo che, essendo realizzate con l’accostamento di diversi impasti (a composizione o fluidità diverse), si degradano in maniera differenziale (**fig. 5**). L’identificazione di alcune specie saline rinvenute sui paliotti in concomitanza con le indagini effettuate al microscopio a scansione elettronica SEM-EDX su campioni di *meschia*, ha permesso di evidenziare la

presenza di calce magnesiaca negli impasti che in combinazione con il gesso può portare, in presenza di acqua allo stato liquido, alla formazione dei dannosi sali di Epsomite [$\text{MgSO}_4 \cdot 7(\text{H}_2\text{O})$] [11].

Per quanto riguarda la lucidatura superficiale sono ancora numerose le domande aperte. Stando alle fonti disponibili, questa lavorazione veniva realizzata attraverso una levigatura meccanica superficiale effettuata con pietre via via più fini e con la successiva applicazione di olii (olio di lino cotto, olio di noce e olio di oliva) e in alcuni casi di cera d’api, che conferivano al manufatto quella lucentezza finale molto simile alle superfici in marmo [12].

Nonostante ciò, i materiali costituenti la finitura e gli strumenti impiegati per la sua realizzazione sono rimasti custoditi nei secoli come veri e propri “segreti di bottega”, tant’è che ad oggi ancora non si conosce con esattezza il processo realizzativo. Oltre alle necessità conoscitive che ci portano a studiare e approfondire questi aspetti, l’estrema sensibilità della superficie di questi materiali all’azione dell’acqua necessita di ulteriori approfondimenti diagnostici. Si è osservato infatti, che solo un minimo contatto dell’acqua, porta alla perdita della finitura superficiale e alla conseguente decoesione delle *meschie* [13].

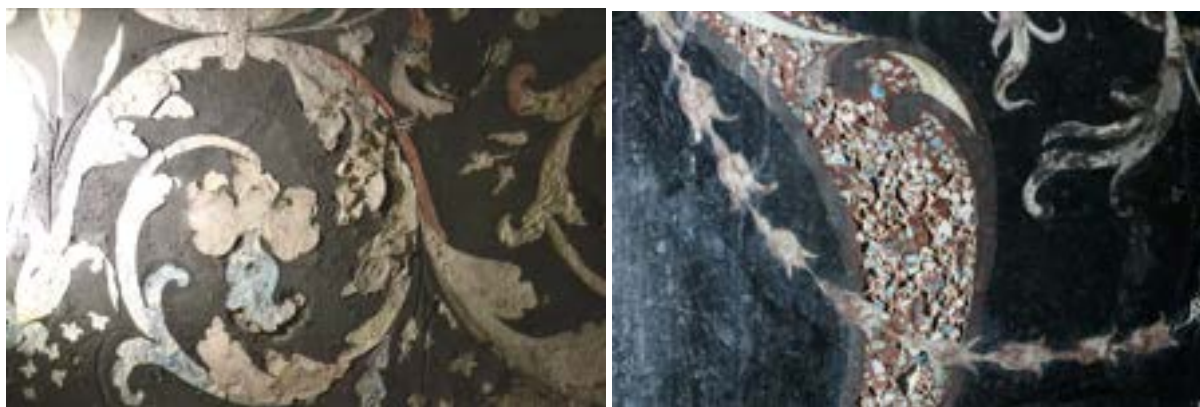


Figure 4 e 5 A sinistra: Brissago, Oratorio della Vergine di Monte nero, sollevamenti delle decorazioni ad intarsio dallo strato di fondo. A destra: Palagnedra, Chiesa di San Michele, degrado differenziale delle *meschie* a finto marmo (Foto SUPSI 2019).

Su due opere prese in esame si è cercato di identificare questi materiali organici superficiali attraverso la spettrofotometria FT-IR portatile [14]. Le aree investigate presentavano, ad un’osservazione macroscopica, la medesima lucentezza e compattezza superficiale, nonostante ciò gli spettri ottenuti hanno mostrato risultati discordanti. Solo in un caso è stato possibile identificare la presenza di cera d’api (**fig.6**), mentre le restanti misurazioni hanno evidenziato unicamente la presenza di gesso senza indicare nessun componente organico. La difficoltà nell’identificare questi materiali può essere dovuta: alla penetrazione dei prodotti organici all’interno della superficie a base di gesso, al possibile utilizzo di differenti tecniche di lucidatura o alla denaturazione dei prodotti organici presenti; infatti, su entrambe le opere è stata riscontrata la presenza di Ossalati di Calcio (**fig.7**).

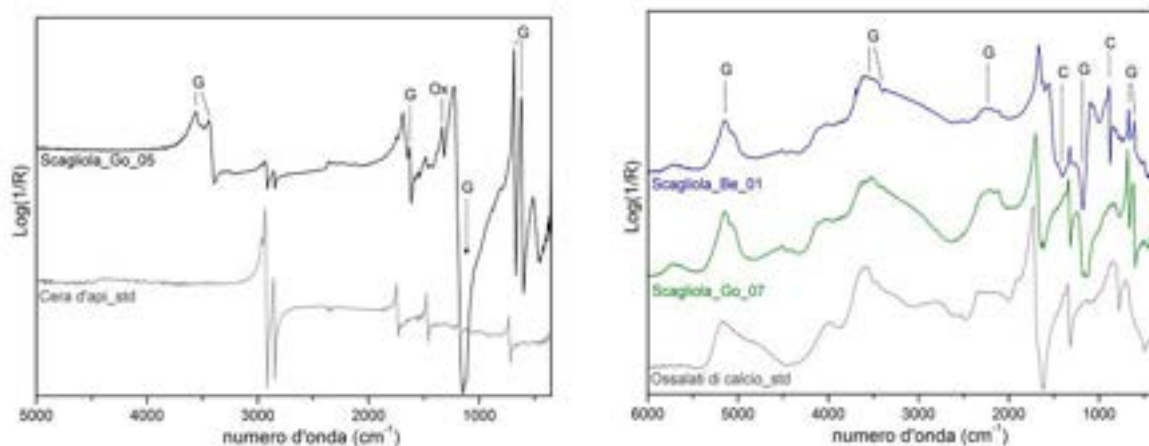


Figure 6 e 7 Confronto tra gli spettri FT-IR in riflessione acquisiti su due paliotti in scagliola (Scagliola_Go e Scagliola_Be) comparati con i rispettivi spettri di riferimento della cera d’api e degli Ossalati di Calcio.

PRINCIPALI INTERVENTI DI MANUTENZIONE E RESTAURO

Dall’osservazione diretta di alcuni paliotti restaurati in passato è stato possibile individuare diversi approcci metodologici al trattamento (per tecniche e materiali usati) e alla manutenzione. Soprattutto negli interventi databili intorno agli anni ‘70 e ‘80 del secolo scorso, si riscontrano svariate operazioni, tra cui: la sostituzione di parti ammalorate con nuovi inserti di gesso dipinto ad olio (imitando i motivi decorativi della scagliola) (**fig.8 e 9**); l’applicazione di vernici scure o beveroni usati per scurire la tinta nera del fondo (sbiancatisi a causa del degrado) (**fig. 10**); la ridipintura di parti alterate (ad es. *meschie* eseguite con l’impiego di Cinabro che essendosi alterate nel tempo sono state ridipinte).

Nei rari casi in cui è stata rilevata una “pratica manutentiva” questa è limitata ad una applicazione periodica (da parte del sagrestano) di olio di noce sulla superficie del paliotto al fine di mantenere i colori saturi e brillanti. Tralasciando le possibili problematiche relative all’inadeguatezza nell’applicazione da parte di personale non specializzato, non devono essere sottovalutati i problemi conservativi che queste pratiche potrebbero causare nel tempo e la loro possibile interferenza con futuri interventi di restauro (**fig. 11**).

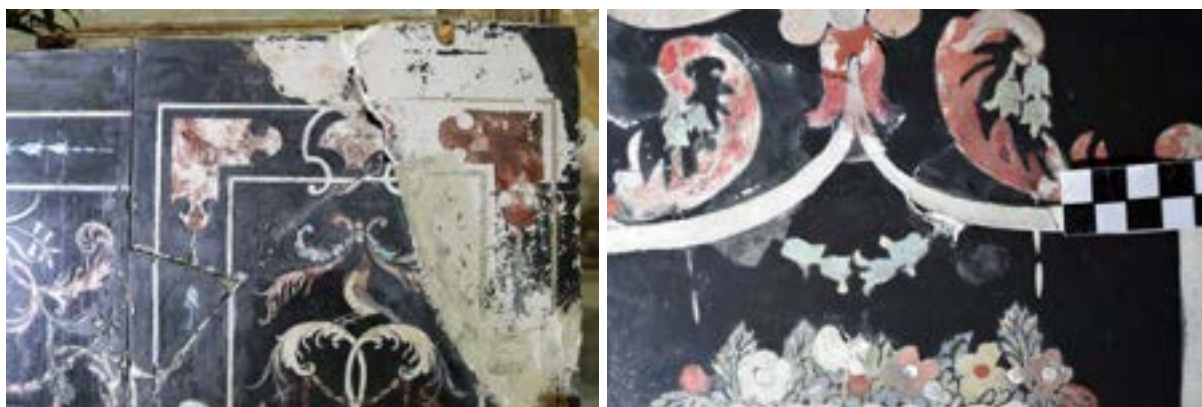


Figure 8 e 9 A sinistra: Palagnedra, Chiesa di San Michele, angolo destro della lastra laterale, rifacimento con malta di gesso dipinta ad olio, a destra: Comologno Chiesa di San Giovanni Decollato, rifacimenti delle *meschie* con stuccature dipinte.



Figure 10 e 11 A sinistra: Palagnedra, Chiesa di San Michele, ridipintura dello strato di fondo per ravvivare la tinta nera, a destra: Comologno, Chiesa di San Giovanni Decollato, segni lasciati sulla superficie della scagliola a seguito della lucidatura periodica effettuata con olio di noce.

NOTE

[1] P. Baraldi et al, 2009, pg. 23.

[2] Per l’area intelvese e ticinese si ricordano i testi di: A. Zecchini, 1992 pp. 27-31 e F. Spalla, B. Gandola, 1985, pp. 55-62.

[3] Un progetto simile è stato avviato pochi anni fa in ambito piemontese dalle restauratrici Carmen Rossi e Tiziana Sandri e dalla storica dell’arte Elena Di Majo. Questo studio ci ha permesso di comprendere come queste problematiche siano state già messe in evidenza e risultino di particolare interesse, non solo a livello svizzero, ma anche in Italia. Gli esiti delle loro ricerche sono confluiti nell’articolo: E. Di Majo, C. Rossi, T. Sandri, 2015, pp. 207-214 e sono disponibili sul sito <http://www.osservatoriopaliotti.it/>.

[4] E. Rüschi, 1974, pp. 251-252.

[5] La tecnica realizzativa dei paliotti in scagliola viene riportata in numerose pubblicazioni, in particolare si ricorda: F. Spalla, B. Gandola, 1985, A. Zecchini, 1997, Massinelli, 1997, S. Botticelli, 2006.

[6] E. Rüschi, 2018, pg. 10.

[7] Le lastre laterali del paliotto proveniente dalla chiesa cimiteriale di San Salvatore a Bedigliora sono state ritrovate nel 2012 all'esterno della chiesa parrocchiale dello stesso paese. Nel 2017 è stata rinvenuta anche la lastra centrale che negli anni '80 circa era stata riadattata all'interno di un altare moderno in granito collocato nella "Cappella Barella" situata in una zona boschiva poco distante.

[8] Questo lavoro è stato presentato al congresso del Gruppo italiano dell'IIC, Lo Stato dell'Arte 16, tenutosi al Castello del Buonconsiglio di Trento dal 25 al 27 ottobre 2018 e pubblicato negli atti del convegno. G. Acquistapace, A. Felici, 2018, pp. 621-629.

[9] Il catalogo è consultabile nella pubblicazione: E. Rüschi, 2018, pp. 81-152.

[10] Questa particolare alterazione è stata già segnalata nelle pubblicazioni di: G. L. Nicola, 2002 - E. Di Majo, C. Rossi, T. Sandri, 2015, pg. 209. Ad oggi non si sono ancora comprese le cause e i meccanismi che provocano questa alterazione, che necessita sicuramente di ulteriori approfondimenti diagnostici.

[11] Le indagini microscopiche per l'identificazione delle specie saline sono state svolte da Andreas Küng, docente presso l'IMC (Istituto Materiali e Costruzioni) della SUPSI; le indagini al SEM-EDX da Giulio Scocchi, ricercatore presso il DTI (Dipartimento tecnologie innovative) della SUPSI.

[12] Si veda: F. Spalla, B. Gandola, 1985, pg. 61, A. Zecchini, 1997, pp. 51-54, Massinelli, 1997, pp. 214-215, S. Botticelli, 2006, pp. 72-74, F. Spalla in E. Rüschi, 2007, pg. 33.

[13] Durante la fase di pulitura si è potuto comprendere il comportamento della finitura superficiale a contatto con l'acqua. Ad un primo contatto la superficie della scagliola mostra un comportamento idrofobo, dopo pochi minuti (da 1 a 3) la goccia viene assorbita dalla superficie e provoca uno sbiancamento probabilmente dovuto all'effetto di scattering della luce a seguito dello scioglimento/rottura dello strato superficiale.

[14] Questa tecnica d'indagine è particolarmente adatta per indagare i materiali presenti in superficie. Le indagini FT-IR sono state condotte dalla docente-ricercatrice Patrizia Moretti presso l'IMC (Istituto Materiali e Costruzioni) della SUPSI.

BIBLIOGRAFIA

1. P. Baraldi et al, A Scientific and Historical Investigation of Italian Scagliola, Studies in Conservation, Vol. 54, No. 1, 2009, Published by: Maney Publishing on behalf of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, pp. 23-34.
2. A. Zecchini, *L'arte della scagliola sul Lario. L'intarsio e il finto marmo raccontato dagli ultimi artigiani della Valle Intelvi*, Milano, 1992
3. F. Spalla, B. Gandola, *La scagliola intelvese, Analisi storica, tecnica di lavorazione e di restauro*, Società Archeologica Comense, Como, 1985
4. E. Di Majo, C. Rossi, T. Sandri, "Osservatorio paliotti: Tecniche, interventi e verifiche, un censimento ad uso dei restauratori", XIII Congresso Nazionale IGIIC, Lo Stato dell'Arte, Venaria Reale, Torino, 2015, pp. 207-214
5. E. Rüschi, *La scagliola nel Canton Ticino*, in e-periodica vol. 25 heft 4, Zürich, 1974
6. G. Acquistapace, A. Felici, *Il restauro del paliotto in scagliola proveniente dall'oratorio di San Rocco a Ponte Capriasca, canton Ticino (CH)*, XVI congresso nazionale IGIIC – Lo Stato dell'Arte – Trento, 2018, pp. 621-629.
7. E. Rüschi, *L'arte della scagliola a intarsio in Ticino*, Edizioni Casagrande, Bellinzona, 2018
8. A cura di: G. L. Nicola, *De Gypso et coloribus*, Celid, Torino, 2002.
9. A. Massinelli, *Scagliola l'arte della pietra di luna*, Casa Editrice italiana del gruppo Poligrafico dello Stato, Roma, 1997.
10. S. Botticelli, *Il fascino dell'illusione, storia e tecniche dei manufatti in scagliola*, Edifir, Firenze, 2006.
11. A cura di E. Rüschi, *Scagliole intarsiate: arte e tecnica nel territorio ticinese tra il XVII e il XVIII secolo*, Silvana, Cinisello Balsamo, 2007.
12. G. Mandolini, *L'arte della scagliola nel barocco marchigiano: via povera per comunicare spiritualità*, Edigraf Editoriale Grafica, 1997.
13. A cura di: G. Dardanelli, *Paliotti, Scagliole intarsiate nel Piemonte del Sei e Settecento*, Trofanello (TO), 2012.
14. B. Gandola, *Scagliole e scagliolisti alla Certosa di Garegnano, Restauri e novi contributi*, Milano, 1991.

IL RESTAURO DEI MANUFATTI TESSILI DEL MUSEO DIOCESANO DI TARANTO

Patrizia Labianca*, Francesco Simone**

*Restauratrice, via Nardo di Cione 9, 50121, Firenze, tel. 3208696127, patrizialabianca2876@gmail.com

**Direttore del Museo Diocesano di Taranto, Curia Metropolitana di Taranto, Largo Arcivescovado 8, 74123, Taranto, tel. 099 4709611, f.simone@diocesi.taranto.it

Abstract

Nell'ambito di un importante intervento di ristrutturazione e recupero edilizio dell'edificio che era sede del Seminario Arcivescovile sono stati inseriti diversi progetti di conservazione e restauro relativi alla collezione di opere d'arte di proprietà dell'Arcidiocesi di Taranto [1].

Il MuDi (Museo Diocesano di Taranto) è stato inaugurato il 6 maggio 2011 ed è ospitato in un contenitore che si colloca all'interno di una "rete" più complessa: la Cattedrale, il Palazzo Arcivescovile e tutte le altre chiese, conventi e palazzi della città vecchia di Taranto. La collezione museale comprende molteplici opere che vanno dal VII secolo fino ai nostri giorni tra cui spiccano, per numero, le suppellettili in oro e argento, i paramenti liturgici, i dipinti su tavola e su tela e varie tipologie di sculture realizzate con diverse tecniche e materiali. Al secondo piano del Museo si trova la sezione dedicata agli Arcivescovi, dove sono esposti molti paramenti liturgici di diversa epoca e manifattura, la maggior parte dei quali provenienti dalla basilica Cattedrale di San Cataldo e realizzati su commissioni dei presuli sensibili ai gusti e all'arte delle varie epoche storiche.

Il presente contributo concentra l'attenzione sul restauro che ha interessato i manufatti tessili e in particolare sul *cursus* progettuale e operativo [2] che ha determinato alcune scelte nei materiali utilizzati, e in ambito metodologico e applicativo.

Ogni parato è stato sottoposto ad intervento conservativo secondo procedimenti consolidati da anni di esperienza nel settore del restauro tessile e diversificati in base alla natura del manufatto e al suo stato di conservazione.

In particolare si fa riferimento al parato più antico della collezione del museo composto da una pianeta e una stola, databile alla metà del XVII secolo che rappresenta, su tutti, il caso limite di significative e rilevanti scelte metodologiche e d'intervento che potrebbero apparire immoderate se non supportate da opportune considerazioni sulla natura intrinseca del manufatto e sulla sua storia conservativa.

In ultimo si è posta l'attenzione sulle scelte espositive riguardanti sia le vetrine che i manichini, messe in atto durante l'opera di ristrutturazione dei locali del museo.

Introduzione

Il progetto di restauro e manutenzione straordinaria dei manufatti tessili ha riguardato una prima *tranche* di circa tredici paramenti sacri di foggia, uso e provenienza vari, la cui datazione va dal XVII al XIX secolo, scelti tra quelli che maggiormente rappresentavano, attraverso i tessuti con i quali sono confezionati, l'evoluzione stilistica e tecnica dell'impianto decorativo in essi raffigurato e il gusto raffinato dei committenti che li avevano fatti realizzare.

L'intervento di restauro dell'intero *corpus* è stato eseguito nell'arco di 19 mesi, dal maggio 2011 al dicembre 2012 ed è stato differenziato a seconda dello stato di conservazione dei singoli manufatti.

La prima scelta significativa è stata quella di allestire un laboratorio attrezzato *in situ*, ossia nei locali situati al pian terreno del museo, dove effettuare tutte le operazioni di restauro e manutenzione sulle opere tessili permettendo, in tal modo, un graduale spostamento dei manufatti da sottoporre a intervento conservativo dalle vetrine di esposizione ai tavoli dei locali allestiti *ad hoc*, evitando così lo svuotamento di intere sale espositive e l'accumulo di opere in laboratorio. Inoltre è stato possibile, durante le varie fasi di lavoro, rendere visibile al pubblico l'interessante, e allora ancora poco noto, lavoro del restauratore di tessuti antichi.

Ogni parato composto da un numero variabile di elementi veniva osservato, analizzato in ogni sua parte e sottoposto alle canoniche operazioni di pulitura fisica tramite la rimozione del particolato di deposizione e pulitura per via chimica solitamente effettuata a tampone con l'ausilio di vapore freddo; successivamente, le opere in base allo stato di conservazione potevano essere oggetto di piccole operazioni di manutenzione e pronto intervento o di completo restauro conservativo.

Un caso degno di nota è rappresentato dal parato del vescovo Sarria [3], costituito da una pianeta e una stola (figg 1, 2 e 3), di probabile manifattura napoletana, realizzati in gros de Tours di seta avorio, la cui complessa decorazione è stata eseguita con tre tecniche diverse: ricamo, applicazione di tessuti, pittura a tempera. Sul tessuto di fondo in seta avorio sono applicati tessuti in gros de Tours di seta bianca laminato in argento, gros de Tours di seta gialla laminato in oro, raso di seta di colore verde, ulteriormente arricchiti da pitture, ricami in sete policrome a punto raso, lanciato e nodini, e rifiniti lungo i bordi con filati metallici in argento dorato filato e

laminato, applicati a fili stesi. Il gallone, anch'esso realizzato con tessuti applicati e ricamati è profilato con cordoncino costituito da un'anima in lino su cui sono avvolti fili di seta color giallo ocra e argento dorato, filato e laminato. Le frange perimetrali della pianeta e delle pale della stola sono a telaio in argento dorato e filato, e seta gialla. La fodera originale è in taffetas di seta giallo ocra.

“Malgrado le manomissioni, la pianeta presenta un ampio disegno, rinascimentale per impostazione ma barocco per sovrabbondanza ornamentale. L'impaginato generale combina foglie, fiori, frutti e colombe. La distribuzione degli elementi, più serrata su croce e colonna, delimitate da un decoro in cui forme a mezza luna si alternano nei colori rosso, bianco e blu, si fa più fluida e larga sui teli laterali, nell'andamento dei girali in cui sembrano comporsi più liberamente le foglie di acanto, le passiflore, i crisantemi, le melagrane, le gigliacee, i rossi frutti tondeggianti beccati dalle colombe: esibizione di un repertorio barocco, di un coloratissimo giardino che trova nutrimento nella pubblicazione degli erbari diffusi nel Cinquecento e accoglie nel dettagliato realismo dell'ornato floreal-vegetale e animale i simboli fondamentali del mistero cristiano, senza tralasciare l'inserimento del tulipano, allusivo dell'amore divino ma anche fiore ambitissimo nella prima metà del '600 (...)” [4]. Lo stemma arcivescovile in fondo alla colonna, ben rilevato per imbottitura, è ricamato in oro filato, riccio, lamellare, canutiglia e seta nei colori blu e verde, sigla la committenza e rappresenta l'uroboro, il serpente circolare che si morde la coda, simbolo della ciclicità del tempo.

I dati stilistici e tecnici non hanno consentito di attribuire il manufatto ad una particolare area di produzione della penisola, si è ipotizzato si possa trattare di una manifattura napoletana con probabili influenze spagnole.

L'intervento conservativo del suddetto parato ha coperto un periodo abbastanza lungo [5] ed è stato oggetto di significative e rilevanti scelte metodologiche, dettate dalla necessità di restituire compostezza e integrità strutturali e leggibilità al ricco e complesso ornato.



Figura 1, 2 e 3. Fronte e retro della pianeta, stola

Stato di conservazione

I tredici parati inseriti nel progetto di restauro presentavano storie conservative differenti e una casistica di degradi abbastanza varia sia per estensione e numero che per tipologia ed entità. Nel complesso tutti i manufatti erano interessati da una patina grigiastra dovuta a consistente particellato di deposizione, macchie e gore di natura organica dovute all'utilizzo da parte dei prelati, e depositi coerenti di natura cerosa dovuti alla funzione liturgica dei paramenti. Le forme di degrado variavano da scuciture e slegature di entità diversa, prevalentemente presenti nei ricami in seta o in filato metallico, a perdita parziale o totale di trama e ordito nei tessuti di fondo.

Parte dei parati erano in discreto stato di conservazione avendo integro il tessuto di fondo e solo alcune slegature dei punti di fermatura dei ricami in filato metallico e dei galloni, ed esigue deformazioni legate alla confezione e allo stivaggio inadeguato alla tipologia di manufatti. Altri parati versavano in condizioni peggiori perché interessati da gravi perdite di trama e ordito nei tessuti di fondo, con conseguente estensione delle zone lacunose, indebolimento strutturale e difetto di leggibilità degli impianti decorativi.

Nel caso specifico, il parato dell'arcivescovo Sarria era in uno stato di conservazione cattivo. Come si evince dai grafici (figg. 4, 5 e 6) sia la pianeta che la stola risultavano essere fortemente degradate. Su tutte le superfici, fronte e retro dei singoli elementi, era presente un consistente strato di sporco costituito da polveri e particellato di deposizione; sul retro dei ricami la colla d'amido [6] era in parte polverizzata e aveva provocato macchie giallo-brune sul tessuto; su alcuni decori si è riscontrata la presenza di depositi di cera di colore bruno, parzialmente inclusi tra le fibre e derivanti dalle pratiche liturgiche. I vistosi e grossolani rammendi, distribuiti su quasi tutto il tessuto di fondo erano realizzati in seta, a punto tela, a punto rammendo o senza alcun criterio, e provocavano considerevoli deformazioni nel tessuto, essendo fermamente ancorati anche alla fodera retrostante (figg. 7 e 8). Al di sotto di queste cuciture si è rilevata la presenza di estese lacune sia sul fronte che sul retro della pianeta, tali da lasciare il ricamo in tessuto applicato completamente sganciato, in particolare sulle spalle. I considerevoli rammendi, oltre ad essere stati eseguiti attraversando il gallone, i ricami ad applicazione, il tessuto di fondo e la fodera, erano stati realizzati anche utilizzando delle piccole toppe in taffetas a pelo strisciante, di seta avorio, broccato in seta policroma, cucite sul retro.

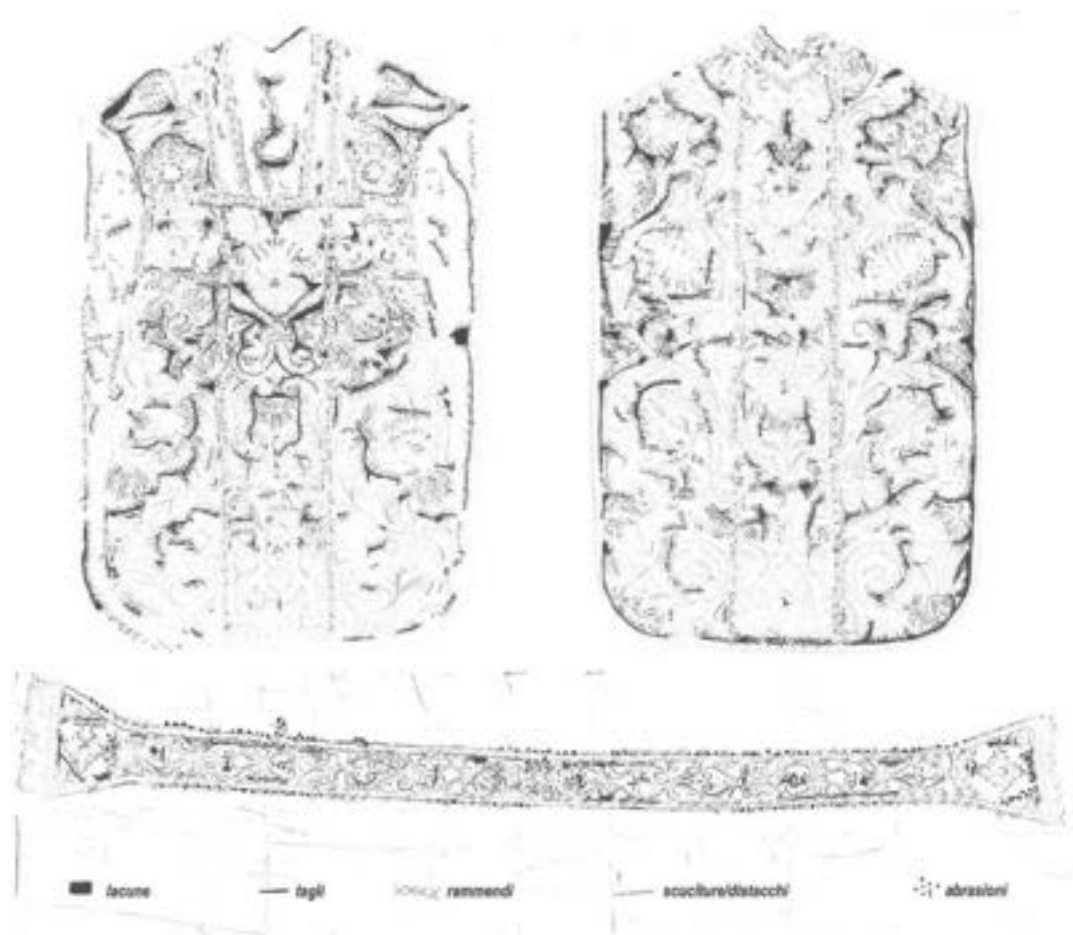


Figure 4, 5 e 6. Grafico dello stato di conservazione fronte e retro della pianeta, stola

Le profilature in filato metallico risultavano slegate dal tessuto di fondo in diversi punti e il cordoncino di rifinitura di alcuni elementi decorativi aveva perso, in varie aree, il rivestimento in seta giallo ocra, lasciando completamente scoperta l'anima interna costituita da filati di lino (fig. 9). Le abrasioni interessavano particolarmente i ricami in seta e le applicazioni in tessuto, provocando la perdita parziale delle policromie e la mancanza di completezza dei motivi decorativi. La fodera di entrambi gli elementi del parato era interessata in varia misura da consunzioni e abrasioni di lieve e media entità, soprattutto lungo i bordi di ogni oggetto; inoltre risultava completamente sostituita nella stola e parzialmente sostituita nella pianeta con l'applicazione di un grande frammento in corrispondenza della parte anteriore, posizionato non rispettando il dritto filo.

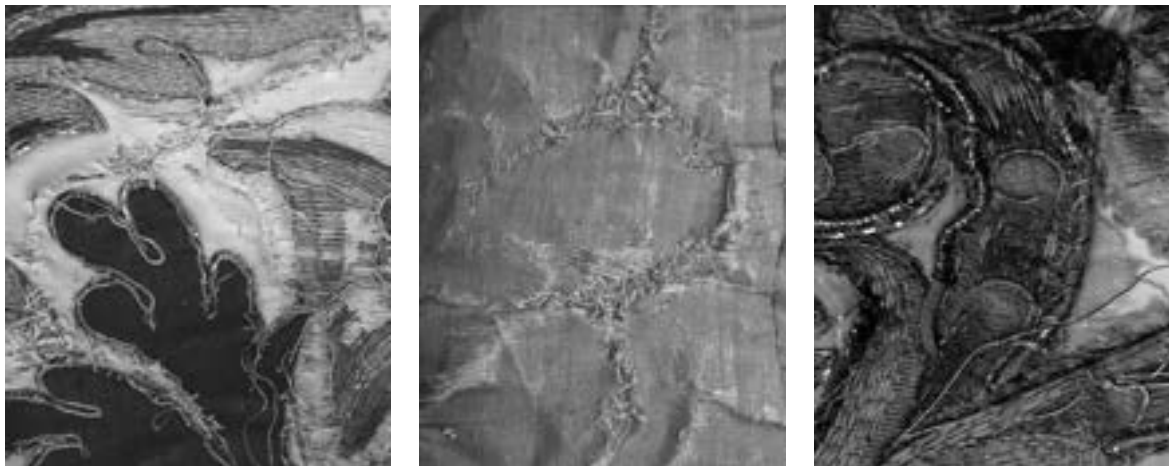


Figure 7, 8 e 9. Esempio di vistosi e grossolani rammendi sul fronte e sulla fodera; perdita dell'avvolgimento in seta della profilatura

Intervento di restauro

In base alla natura dei manufatti e al loro stato di conservazione sono stati scelti degli interventi studiati ed eseguiti *ad hoc* per ogni parato, cercando di mantenere fisso l'obiettivo dell'uniformità metodologica alla base del progetto. Su tutti è stata eseguita un'accurata campagna fotografica e stilata una dettagliata scheda tecnico-descrittiva, corredata dall'analisi e dalla trasposizione grafica dello stato di conservazione di ogni singolo oggetto. Tutti i manufatti sono stati sottoposti a pulitura fisica con macro e microaspirazione del particellato di deposizione a cui è seguita, laddove necessario, la rimozione delle macchie di natura organica o di natura cerosa tramite azione chimica con solventi o azione meccanica con specilli. La vaporizzazione a freddo di tutti i tessuti ha permesso di asportare lo sporco più adeso alle fibre, eliminare le deformazioni e le pieghe improprie e rimettere in forma sia l'ortogonalità di orditi e trame che la confezione specifica di ogni manufatto. Il consolidamento dei tessuti e dei ricami di ogni parato ha seguito le prescrizioni dettate, di volta in volta, dallo stato di conservazione dei singoli oggetti ed è avvenuto, principalmente, secondo due metodi: a cucito, su supporto tessile, in alcuni casi con tecnica “*a sandwich*”, o per adesione, su tessuti di supporto tinti appositamente e resinati.

Nel caso specifico del parato dell'arcivescovo Sarria la complessità e la ricchezza dei materiali utilizzati, nonché il suo stato di conservazione e la presenza di vistosi rammendi che interessavano tutti gli strati, hanno imposto di scucire la confezione e separare i singoli pezzi costituenti la pianeta, per facilitare le operazioni di restauro e restituire compostezza al manufatto. Sono stati, pertanto, rimossi totalmente tutti i vecchi interventi di rammendo, scucita la fodera dal tessuto ricamato e separato il fronte dal retro della pianeta; lo smontaggio della confezione ha facilitato, inoltre, le operazioni di pulitura, di consolidamento strutturale e di distensione delle fibre, soprattutto in prossimità delle deformazioni causate dai rammendi. Per la stola è stato possibile limitare l'apertura della cucitura lungo tre lati, in modo da poter ripiegare all'esterno la fodera ed effettuare le medesime operazioni previste per la pianeta.

La prima fase dell'intervento di restauro è consistita, dunque, nella rimozione del particellato di deposizione dal tessuto in seta e dalla fodera di ogni elemento del parato, tramite aspiratore museale a velocità regolabile e reti di protezione a cui è seguita una microaspirazione delle polveri dai ricami, dai galloni e dalle frange (figg. 10 e 11).

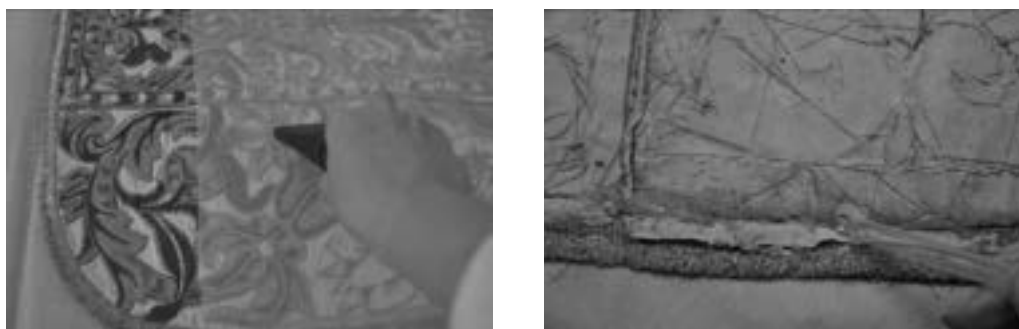


Figure 10 e 11. Aspirazione del particellato con reti di protezione; microaspirazione

Ogni elemento è stato successivamente sottoposto a pulitura chimica vaporizzando a freddo acqua demineralizzata e asportando lo sporco più coerente tramite panni in microfibra (fig. 12). I tessuti sono stati fatti asciugare naturalmente, posizionati in dritto filo con spilli entomologici su un pannello di poliuretano rivestito di Melinex (fig. 13). Le ossidazioni della lamina metallica sono state rimosse meccanicamente, laddove possibile, tramite l'azione meccanica di una penna Refil, a fibre di vetro da 2 mm di Ø; il gallone pulito a tampone su carta assorbente con soluzione di acqua demineralizzata e alcool al 50% (fig. 14).

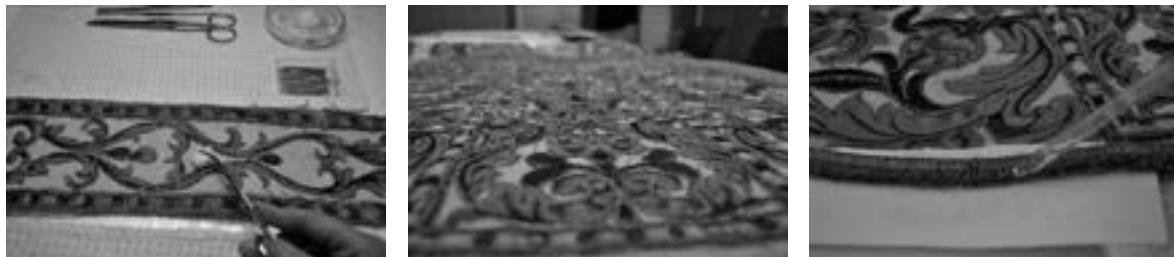


Figure 12, 13 e 14. Pulitura chimica tramite vaporizzazione; posizionamento con spilli entomologici; pulitura frange

La fodera della pianeta è stata pulita per immersione in soluzione di acqua demineralizzata e detergente anionico [7], quindi posizionata su tavolo con l'apposizione di vetrini, per il recupero dell'ortogonalità.

Terminate le operazioni di pulitura di tutti gli elementi componenti i singoli manufatti del parato si è proceduto alla fase di consolidamento strutturale e restituzione dell'unità estetica dell'impianto decorativo. La stratificazione dei vari tessuti ha comportato la combinazione di varie tecniche di consolidamento ad ago. Ogni elemento costituente la pianeta è stato, dunque, restaurato separatamente.

Il davanti e il retro sono stati consolidati a cucito con l'applicazione di un supporto totale in taffetas di seta, appositamente tinto, sul quale sono stati fermati a sottopunto i bordi delle lacune e a punto posato le trame slegate, utilizzando un capo di organzino di seta, anch'esso tinto ad hoc. I ricami in tessuto applicato, particolarmente fragili e consunti, sono stati consolidati "a sandwich" utilizzando Maline [8] in tono, opportunamente sagomato e fermato a cucito (fig. 15). Il cordoncino di rifinitura dei galloni e di alcuni decori, mancante del rivestimento in seta, è stato risarcito avvolgendo un filo di seta Faro, color giallo ocra, intorno ai fili di lino scoperti; i filati metallici di profilatura degli elementi in tessuto applicato sono stati ricollocati a cucito, lungo le linee originali.

Le parti in raso verde che presentavano piccole lacune e slegature di trama sono state completate otticamente inserendo, a cucito, piccoli supporti in taffetas di seta tinto *ad hoc*, trattato con carbossimetilcellulosa [9] e fermato a punto posato e sottopunto (fig. 16).

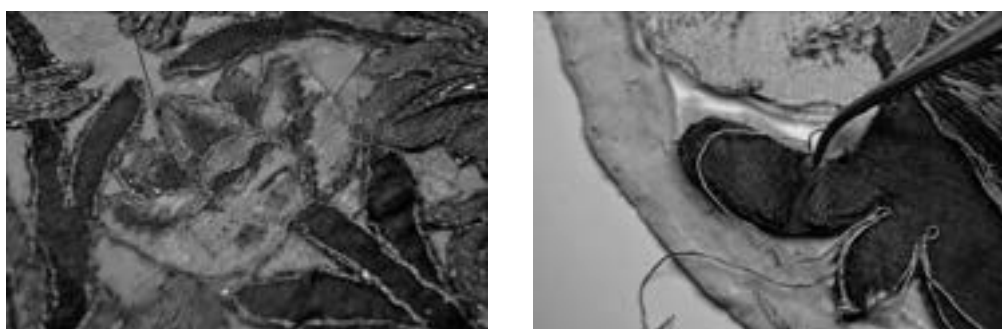


Figure 15 e 16. Applicazione del Maline sui ricami; posizionamento dei supporti locali

Infine la fodera è stata consolidata per adesione su supporto totale in *crepeline* di seta, appositamente tinto, e a cucito tramite sistema di filze, disposte a pioggia.

Il supporto in *crepeline* è stato precedentemente trattato con Mowilith SDM5 [10] in soluzione al 25%, fatto asciugare e inserito al di sotto del tessuto della fodera. La resinatura è avvenuta tramite una leggera pressione esercitata da un termocauterico caldo che ha permesso di fissare, anche, i frammenti di tessuto più piccoli e le trame slegate.

Al termine delle operazioni di consolidamento si è proceduto al riassetto delle parti, ricucendo la parte anteriore della pianeta a quella posteriore, ed entrambe alla fodera e al gallone.

La soluzione di separare le parti costituenti la pianeta è stata parzialmente adottata solo per un altro parato della collezione, presente in museo, e che versava in cattivo stato di conservazione come il parato Sarria.

Sebbene questa scelta possa apparire molto invasiva è risultata l'unica possibile in grado di permettere nuovamente la leggibilità dell'impianto decorativo e un capillare intervento di consolidamento strutturale che

tenesse conto di ogni elemento, dal tessuto di fondo ai singoli tessuti, filati e cordoncini dei motivi decorativi a ricamo. Questa soluzione ha consentito, inoltre, di poter recuperare anche la fodera originale, deturpata dai numerosi e inadeguati interventi precedenti. Di seguito si riportano alcune significative immagini di particolari della pianeta prima e dopo l'intervento di restauro (figg 17a, 17b, 18a, 18b, 19a, 19b, 20a e 20b)

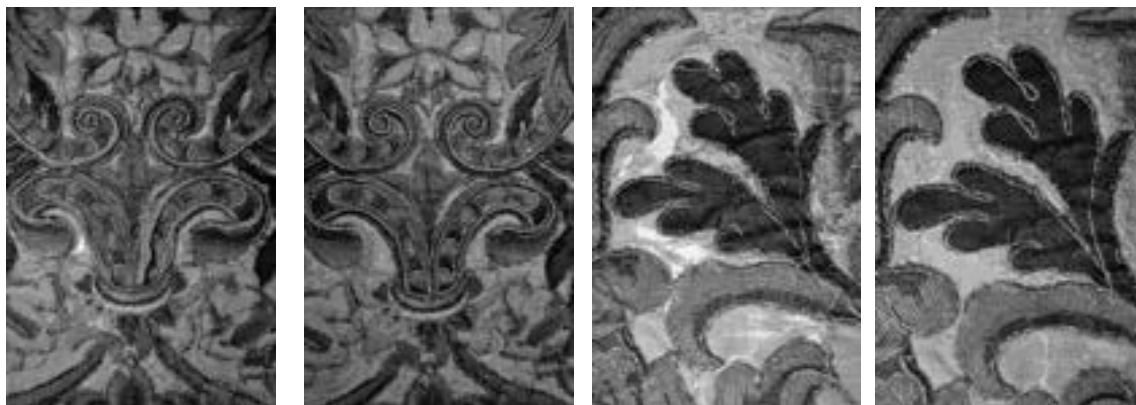


Figure 17a, 17b, 18a e 18b. Particolari della pianeta prima e dopo il consolidamento



Figure 19a, 19b, 20a e 20b. Spalla destra e fondo a sinistra della pianeta prima e dopo l'intervento di restauro

Infine per quanto riguarda l'esposizione dei parati, a seguito di alcune valutazioni rispetto alla conformazione dei manichini, sono state apportate delle modifiche agli stessi, consistenti nell'aggiunta di una struttura, appositamente creata per ogni parato, al fine di agevolarne la fruizione, la corretta esposizione e la futura conservazione (figg. 21 22).

Ogni manichino è stato dunque corredato di due pannelli in *carton plume* appositamente inclinati e opportunamente rivestiti di un tessuto color ecru con funzione aggrappante, per alleggerire il senso di caduta dei tessuti dei parati.



Figure 21 e 22. Manichino base; manichino con la struttura per l'esposizione

NOTE

- [1] Tutto il complesso e le collezioni ivi pervenute sono state oggetto di un importante progetto di ristrutturazione e restauro iniziato negli anni novanta e conclusosi nel 2016.
- [2] L'intervento conservativo è stato eseguito secondo le vigenti norme sulla tutela delle cose di interesse storico-artistico, le metodologie più accreditate, e sotto l'alta sorveglianza della Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici della Regione Puglia.
- [3] Tommaso de Sarria, precedentemente vescovo di Trani, fu nominato arcivescovo di Taranto il 13 aprile 1665, durante il pontificato di papa Alessandro VII, mantenendo tale nomina fino alla sua morte, il 5 novembre 1682.
- [4] Analisi e scheda tecnica del tessuto eseguita dalla dott.ssa Maria Pia Pettinau Vescina.
- [5] Alcune fasi di restauro del parato sono state condotte in concomitanza con operazioni di manutenzione che hanno riguardato altri parati, coprendo un periodo di tempo di circa 12 mesi.
- [6] Spesso nei tessuti ricamati si riscontra, sul retro, la presenza più o meno consistente di colla d'amido, utilizzata specificatamente per impedire lo scioglimento dei nodi e lo scorrimento dei filati e per rinforzare il tessuto di fondo.
- [7] Il detergente utilizzato è Tinovetina 1099/B marchio Giba Speciality Chemicals in soluzione allo 0,05 ml/l.
- [8] Tessuto in rete di nylon a maglia romboidale.
- [9] Polimero derivato dalla cellulosa, utilizzato in questo caso specifico per stabilizzare il tessuto di supporto e limitare la perdita di fibre lungo il taglio a vivo delle sagome, diluizione in acqua 1:120.
- [10] Resina composta da vinilacetato ed estere acrilico, in dispersione acquosa.

BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV. *“MuDi – La collezione del Museo diocesano di Taranto”*, Stampa Sud Editrice, Mottola, 2015
2. Eastop Dinah, Timar-Balazsy Agnes, *“Chemical Principles of Textile Conservation”*, Taylor & Francis Ltd, 1998
3. Fasano Nicola, *“MUDI Museo Diocesano di Arte Sacra di Taranto”*, Scorpione Editrice, Taranto, 2013
4. Morassutti Annamaria, Villafranca Soissons Isabella, *“Lo stendardo Caprioli del Museo Storico di Brescia”*, in *“Lo Stato dell'Arte”*, IV Congresso Nazionale IGIIC, Siena 28-30 settembre 2006
5. Orsi Landini Roberta, *“I tesori salvati di Montecassino. Antichi tessuti e paramenti sacri”*, Carsa Edizioni, Pescara, 2004
6. Peluso Ilaria, *“I paramenti sacri della cattedrale di Taranto”*, in *“Tessendo la storia. Tessuti, abiti, costumi, paramenti dal XVI al XX secolo”*, Edifir, Firenze, 2004
7. Simone Francesco, Tonti Gianfranco, *“Il Museo Diocesano di Arte Sacra di Taranto”*, Stampa Sud Editrice, Mottola, 2011

IL RESTAURO DELLA NATIVITA' DI LORENZO LOTTO DELLA PINACOTECA NAZIONALE DI SIENA

Cristina Gnoni Mavarelli*, Mario Amedeo Lazzari, Curzio Merlo**, Elena Pinzauti*****

* Direttrice Pinacoteca nazionale di Siena – Polo Museale della Toscana, Via del Capitano 1, 53100 Siena - 0577 41246 cristina.gnoni@beniculturali.it

** Laboratorio di Diagnostica applicata ai Beni Culturali, Scuola di Restauro Cr.Forma, C.so Matteotti 17, 26100 Cremona, tel. 0372 808999, laboratorio.diagnostica@crforma.it

*** Funzionario Restauratore Conservatore – Pinacoteca Nazionale di Siena-Polo Museale della Toscana, Via San Pietro 29, 53100 Siena - 0577 281161 elena.pinzauti@beniculturali.it

Abstract

La Soprintendenza BSAE di Siena e Grosseto e la Scuola di Specializzazione in Beni Storico Artistici dell'Università degli Studi di Siena, in collaborazione con il Laboratorio di Diagnostica applicata ai Beni Culturali di Cr.Forma Cremona, hanno intrapreso una campagna di ricerca sulla Natività di Lorenzo Lotto (Venezia 1480 circa - Loreto 1556 o 1557) della Collezione Spannocchi conservata nella Pinacoteca Nazionale di Siena, con l'intento di appurarne l'effettivo stato di conservazione e monitorarne i pregressi interventi conservativi, in prospettiva dell'intervento di restauro che in seguito avrebbe interessato l'opera.

Le tecniche di indagine impiegate sono tutte rigorosamente non invasive e le indagini sono state realizzate *in situ* evitando di spostare l'opera dalla sede espositiva. Le metodologie utilizzate sono: osservazione diretta, fotografia e macrofotografia a luce diffusa, fotografia a luce radente, riflettografia all'infrarosso, riprese all'infrarosso in falsi colori, radiografia, stereo microscopia ottica e spettrometria di fluorescenza a raggi X.

I dati ricavati dalla campagna diagnostica e la ricerca storico artistica - documentale hanno permesso al Laboratorio della Pinacoteca (nel frattempo passato sotto la gestione del Polo Museale della Toscana) di intraprendere le operazioni di restauro in maniera più mirata, vista la stratificazione di vecchi danni ed interventi che interessavano l'opera. Questa, appartenente alla Collezione Spannocchi e precedentemente conservata nei depositi, fu sottoposta a restauro e riattribuita nel 1932 (fino a quel momento si pensava che si trattasse di una copia, poiché ne esistono a Firenze altre due versioni). La tavola viene censita nelle cronache e negli inventari sette e ottocenteschi come molto danneggiata, recante però firma e data (Lotus 1521) che non vengono più rinvenute nell'intervento del '32 né in quello successivo del 1969; si ritengono pertanto perdute nella riduzione perimetrale a cui era stata sottoposta precedentemente per eliminare le zone più danneggiate. Firma e data vengono invece individuate nel corso delle indagini condotte, con la variante dell'ultimo numero della data che pare essere 5 o 6, comunque non 1.

Nel 2018 si intraprende il restauro dell'opera, soprattutto mirato alla rimozione degli innumerevoli, grossolani e scorretti ritocchi estesi ovunque, mettendo in luce una situazione effettivamente compromessa ma restituendo maggiore leggibilità alla composizione e limitando l'intervento di integrazione alla chiusura delle molte piccole abrasioni e cadute di colore.

Introduzione

La tavola di Lorenzo Lotto correntemente denominata come *Natività in notturno* è pervenuta alla Pinacoteca Nazionale di Siena col Legato Spannocchi, dove era confluita nel 1774 con tutta la collezione Piccolomini a seguito del matrimonio tra Caterina Piccolomini della Modenella e Giuseppe Spannocchi. Nell'Indice grande (ms) redatto dall'abate Gerolamo Carli (1774-86) risulta così descritta: "...La Natività di Nostro Signore in tavola che ha un poco patito ma tuttavia è bella. Tutta la luce viene dal S. Bambino la Madonna sta in ginocchioni, S. Anastasia l'aiuta a lavarlo S. Giuseppe bellissima figura assiste in piedi in fondo si legge Lotus 1521". E' attestata nella stanza del camino degli Spannocchi in San Domenico come è registrata alla fine del secolo XVIII nell' "Indice piccolo contenente tutti i quadri collocati nell'appartamento superiore della casa dei sigg. Spannocchi da S. Domenico" (ms). Recentemente è stata comprovata la provenienza della Natività "finta di notte" dalle collezioni Gonzaga di Mantova dove nel 1630, insieme con altre opere, fu prelevata come bottino di guerra dal capitano Enea Silvio Piccolomini durante il sacco.

Di notevole interesse l'iconografia del dipinto con la Vergine che lava il Bambino Gesù, tema presente nell'arte medioevale poi scomparso nel secolo XVI in ambiente italiano, e l'episodio della punizione della levatrice Salomè rappresentato da Lorenzo Lotto per riaffermare la verginità perpetua di Maria. Il soggetto è basato sui Vangeli Apocrifi (Pseudo Matteo XIII, 3-5) ed è ripreso da Jacopo da Varagine nella Leggenda Aurea: la Vergine fa il bagno al Bambino Gesù assistita dalla balia Salomè che per punizione del suo scetticismo sulla verginità di Maria è rappresentata con le mani paralizzate, poi risanate quando su consiglio di un angelo- non presente nella scena- toccò il Bambino. San Giuseppe, imponente figura in primo piano, allarga le braccia in

un'espressione di sorpresa, mentre nello sfondo a sinistra l'altra nutrice Zebel sta asciugando i pannolini accanto al focolare. Da evidenziare come il Bambino, che irradia la luce illuminando il volto della Vergine e dell'ancella in adesione al testo delle Rivelazioni di Santa Brigida (LibroVII, cap.21), sia raffigurato con il cordone ombelicale ancora attaccato secondo un'iconografia piuttosto rara, che trova riscontro in un acceso dibattito teologico e fondamento nella prestigiosa reliquia del Sacro Cordone (*umbiliculus*), ricordata nella Leggenda Aurea e conservata nel Sancta Sanctorum in San Giovanni in Laterano, da dove fu rubata nel 1527 durante il Sacco di Roma e poi ritrovata nel 1557.

La Natività di Lorenzo Lotto si configura pertanto, come è stato osservato, quale un *unicum* iconografico, espressione con ogni probabilità di una specifica richiesta di unacommittenza privata, molto interessata alle problematiche teologiche dell'epoca.

I precedenti restauri e lo stato di conservazione

Il dipinto viene pubblicato da Anna Maria Ciaranfi, funzionaria della Regia Soprintendenza di Siena, in "Bollettino d'arte" nel 1936; nel suo studio l'autrice parla diffusamente della sua possibile provenienza e del restauro al quale viene sottoposto nel '35. Conservato fino ad allora nei depositi, si presenta in pessime condizioni: composto da due assicelle quasi disgiunte che vengono nell'occasione riassemblate mediante l'inserimento di tasselli a coda di rondine e traverse scorrevoli orizzontali, presenta innumerevoli cadute e sollevamenti, probabilmente provocati anche da un precedente incauto tentativo di consolidamento per stiratura (fortunatamente sospeso avvicinandosi alla zona centrale, ovvero alle figure, molto più integre del fondo).

Nel corso dell'intervento del '35 segue la pulitura, con la quale "...cedendo a poco a poco sudicio e vernici..." si mette in luce la qualità della pittura, pur definita "danneggiatissima". Così viene detta anche nelle citazioni da vari elenchi e inventari: nel maggio del 1881 nelle note di B. Marchetti l'opera si trova, "sciupatissima", nei magazzini dell'istituto di Belle Arti, mentre un secolo prima l'Abate Carli la inserisce nella descrizione di tutte le opere conservate nella casa dei Signori Spannocchi da San Domenico, specificando che la Natività "ha un poco patito ma tuttavia è bella" e citando la firma "Lotus" e la data 1521. Firma e data vengono spesso ricordate, ma la Ciaranfi dice espressamente che non esistono più, mentre chi scrive le individua in una vecchia foto di incerta datazione (figura 1).



Figure 1 e 2. Vecchia foto con firma e data; la tavola prima del restauro.

La questione di firma e data è citata anche da Torriti nella scheda del catalogo della Pinacoteca Nazionale di Siena, edito nel 1978: pur osservando accuratamente il dipinto non le individua, quindi le dice perdute nei tagli perimetrali. Che vi siano stati dei tagli, ovvero una cospicua riduzione della superficie, si evince dal confronto dell'opera con due copie conservate a Firenze (talvolta, come dice la Ciaranfi, citate come repliche).

La prima (figura 3), proveniente dalla Galleria Ferroni, è conservata presso i depositi degli Uffizi (temporaneamente esposta in galleria per una sostituzione al momento della stesura di questa relazione) e misura cm 62,2 x 78,4; si estende quindi in orizzontale, comprendendo a sinistra l'intera sagoma del bue e una volta retrostante, al termine della quale è ben visibile una figura maschile che illumina una scaletta; nello spazio entrano quindi in primo piano - per intero - anche la culla e lo sgabello con il libro.



Figure 3 e 4. Natività: copie conservate a Firenze.

La seconda (figura 4), acquistata con decreto granducale del 1878, esposta poi nella tribuna degli Uffizi e attualmente conservata presso il deposito “degli Occhi” di Palazzo Pitti, misura cm 60 x 51; è dunque leggermente più grande di quella di Siena e comprende a sinistra in primo piano tutto lo sgabello e sul retro parte della figurina nel fondo, mentre sul lato destro entrambe le opere sono tagliate sulla mano di San Giuseppe con perdita del dito mignolo. Non avendo avuto la possibilità di osservare dal vero e studiare questa seconda tavola, non siamo in grado di sapere se sia stata eseguita in questo modo per imitare quella di Siena, già tagliata e poi ulteriormente ridotta sull'altro lato, o se sia stata poi ridotta a sua volta.

Anche il dettaglio del dito mancante concorre a far pensare che le dimensioni originali dell'opera conservata in Pinacoteca Nazionale a Siena fossero quelle della copia più grande, eseguita meno accuratamente dell'altra: si veda il particolare delle mani della nutrice, dipinte per intero forse perché il pittore non conosceva l'episodio dei Vangeli apocrifi relativo alla deformazione oppure perché non ne apprezzava l'effetto nella rappresentazione; si veda inoltre la posizione delle figure, meno fedeli al prototipo rispetto all'altra versione.

Dal momento poi che l'opera di Siena pare tagliata su tutti i lati e resegata in parte sui margini orizzontali, si può supporre che la riduzione sia stata operata in tempi remoti per eliminare le zone più danneggiate, scure e poco leggibili. Si può inoltre considerare non casuale il fatto che il bambino risulti ora al centro della rappresentazione: nella riduzione (figura 5) si è anche operata una precisa scelta. L'adattamento sui margini doveva favorire l'inserimento in una cornice “da collezione” sagomata e dorata, nella quale l'opera era esposta fino a qualche anno fa, poi rimossa perché inadattabile all'imbarcamento della tavola (figura 6).



Figure 5 e 6. Ricostruzione delle dimensioni; la cornice “da collezione” e l'imbarcamento della tavola.

Dopo i restauri di Dal Mas (1935) e Donato Martelli (1969) segue – negli anni '90 – un intervento sul retro, nel corso del quale si provvede a rimuovere le traverse precedentemente apposte, tassellare le sedi delle stesse rimaste vuote e le sedi delle code di rondine, ricucire con tasselli a cuneo la commettitura tra le assi e collocare due nuove traverse dotate di molle flessibili entro asole (figura 19). In questa circostanza, per evitare futuri altri danni, si permette alla struttura di recuperare la naturale convessità che la cornice - perfettamente planare - non può assecondare.

La campagna diagnostica

Una campagna di ricerca svolta nell'ambito della convenzione stipulata tra la Soprintendenza per i Beni Storici Artistici ed Etnoantropologici di Siena e Grosseto con la Scuola di Specializzazione in Beni Storico Artistici dell'Università degli Studi di Siena, in collaborazione con il Laboratorio di Diagnostica applicata ai Beni Culturali Cr.Forma di Cremona, ha permesso di eseguire una serie di indagini non invasive sia con tecniche di immagine che puntuali, al fine di determinare nel modo più preciso possibile il reale stato di conservazione della pellicola pittorica originale ed in tal modo individuare le modalità di intervento più idonee. Le indagini non invasive sono state effettuate *in situ*, e sono consistite in riprese riflettografiche IR, riprese all'infrarosso in falsi colori, riprese della luminescenza indotta da radiazione UV, radiografia, stereomicroscopia ottica e analisi per Fluorescenza a Raggi X (XRF). E' stata utilizzata la seguente strumentazione: fotocamera CCD dotata di opportuni filtri taglia banda; fotocamera IR CCD munita di sistema di filtraggio professionale; sistema di illuminazione con lampade professionali da 300 W/3200 K e lampade fluorescenti UV da 120 cm; stereomicroscopio ottico in luce riflessa fino a 90x con illuminatori LED a fibre ottiche e video camera da 5,0 Mpixel; sistema per fluorescenza rX portatile modello EIS XRS 38 (anodo in W, sensore SDD, risoluzione 135 eV a 5,9 keV); personal computers e software dedicati.



Figure 7 e 8. Luminescenza indotta da radiazione UV; riflettografia IR.

L'esame della luminescenza indotta da radiazione ultravioletta (figura 7) ha evidenziato vernici ed interventi di integrazione pittorica stratificati; le prime presentavano locali ispessimenti e colature dovute alla disomogeneità degli strati, che in molti punti sono stati stesi solo in zone limitate della superficie. La sovrapposizione delle integrazioni dovuta ai ripetuti interventi realizzati nel corso del tempo, senza la rimozione dei precedenti, aveva portato nella migliore delle ipotesi ad una maggiore estensione del ritocco rispetto all'effettiva dimensione della lacuna, nella peggiore a vere e proprie ridipinture localizzate. Le riprese all'infrarosso, tanto riflettografico (figura 8) che in falsi colori, hanno confermato la sovrapposizione dei ritocchi, evidenziando quanto celato dall'intensa luminescenza delle vernici sopra descritta: le integrazioni pittoriche più vecchie, diffuse ma di piccola entità, sono concentrate prevalentemente nelle zone dello sfondo e nella zona inferiore, se si eccettuano alcuni interventi più estesi volti a risarcire qualche lacuna più grande in corrispondenza delle figure o della

natura morta ai piedi di esse. Questa situazione è confermata dalla radiografia (figura 9), che mostra l'effettiva estensione e dislocazione delle perdite di pellicola pittorica, la maggiore delle quali si trova in corrispondenza del capo della balia Salomè. Inoltre quest'ultimo esame ha rivelato un importante pentimento apportato in corso d'opera alla composizione: infatti la testa di Maria è stata arretrata rispetto ad una prima idea, con conseguente spostamento verso sinistra anche del braccio destro. In seguito a questo cambiamento, anche la balia Salomè ha subito lo spostamento in avanti del capo e la modifica dell'andamento del velo sulla spalla; inoltre probabilmente l'avambraccio sinistro, in una prima stesura, era scoperto e la manica è stata modificata in fase di realizzazione, mentre l'avambraccio destro era retratto piegato verso l'alto (figura 10).



Figure 9 e 10. Radiografia totale; radiografia particolare

L'analisi XRF (Fluorescenza a Raggi X)

Nei 17 campioni indagati è sempre stato rilevato il piombo ad indicare la presenza di un'imprimatura a base di biacca. La biacca è anche utilizzata negli incarnati e per schiarire i pigmenti. Il calcio – sempre presente, in tracce solamente nell'incarnato per effetto dello schermo operato dalla biacca – caratterizza la natura della preparazione della tavola realizzata con gesso; il dato è anche confermato dalla determinazione – in alcuni campioni – dello stronzio (celestina) [1]. Anche il rame è stato rilevato, in quantità ridotta, nella maggior parte dei campioni indagati – blu escluso – verosimilmente per la presenza di velature realizzate con resinato rameico. Il fosforo, determinato solamente in alcune aree indagate, è riconducibile all'impiego di un legante fosfoproteico (uovo, caseina...). A seguire vengono riassunti i risultati delle analisi non invasive realizzate *in situ*.

Incarnato volto Vergine: biacca.

Net Area < 10 = t = tracce	Ca	Fe	Cu	Pb
C1 incarnato guancia dx Vergine	t	t	11	363

Rossi: cinabro e terre brune. La presenza del rosso minio non è certa a causa della sovrapposizione dei segnali riconducibili alla biacca dell'imprimatura: entrambi i pigmenti, infatti, contengono piombo.

Net Area < 10 = t = tracce	P	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Hg	Pb
C5 rosso veste Vergine, braccio dx	t	18	24	t [9]	26	t	t	79	192
C13 rosso fuoco bivacco		t	14	t	37	67		14	279

Giallo: giallorino (giallo di piombo e stagno) e, in quantità ridotta, rosso cinabro.

Net Area < 10 = t = tracce	Ca	Fe	Cu	Hg	Pb	Sn
C7 giallo manto Giuseppe	12	t	t	34	277	t

Viola: l'assenza di elementi cromofori minerali associati al colore orienta all'utilizzo di un pigmento/colorante organico.

Net Area < 10 = t = tracce	P	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Pb	Sr
C6 viola veste Vergine, basso sx	t	12	21	t	t	22	11	256	t

Blu: la situazione risulta complessa per la presenza di elementi riconducibili ad interventi di ritocco pittorico riconducibili a precedenti restauri. L'elemento cromoforo comune alle 4 aree indagate è il rame ad indicare che il pigmento blu utilizzato dal pittore è l'azzurrite; nei campioni C2 e C3 la presenza di cobalto e titanio, in aggiunta al rame, evidenzia interventi di ritocco/restauro successivi.

Net Area < 10 = t = tracce	Si	K	Ca	Ti	Fe	Co	Cu	Pb	Sr
C2 azzurro scuro piega velo Vergine		t	11	17	43	189	859	172	
C3 azzurro piega velo Vergine		t	t	t	t	20	48	356	
C4 azzurro velo Vergine basso sx	t	t	25	t	14		215	255	t
C8 azzurro veste Giuseppe		t	10		t		185	327	

Verde: verde di rame, malachite piuttosto che resinato rameico per la brillantezza e la caratteristica tonalità cromatica della campitura.

Net Area < 10 = t = tracce	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Pb
C9 verde spalla sx donna	t	17	t	19	1039	218

Scuri: terre rosso – brune, verde di rame (resinato) e, verosimilmente, nero organico non rilevabile in Fluorescenza RX.

Net Area < 10 = t = tracce	P	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Pb	Sr
C10 fondo scuro vicino volto Giuseppe	t	t	60	t	104	96	268	t
C11 fondo striscia centrale più chiara		t	10	t	88	212	250	t
C12 trave scura alto dx		t	20	t	125	152	216	t

Firma: la prevalenza del ferro, in aggiunta al piombo dell'imprimitura, orienta all'impiego di ematite, terre, ocre. Anche in questo caso non è possibile escludere, con certezza, l'utilizzo di nero organico non rilevabile in Fluorescenza RX.

Net Area < 10 = t = tracce	K	Ca	Ti	Ba	Mn	Fe	Cu	Pb	Sr
C14, C15, C16, C17 firma	t	20	t	t	t	206	t	250	t

Il restauro

Nel corso della campagna diagnostica, antecedente l'intervento di restauro del 2018, si individuano finalmente la firma e la data, sempre citate e ritenute perdute, che l'artista ha collocato alla base della grande brocca in rame a destra. La zona è molto consunta e cosparsa di abrasioni e piccole cadute di colore, cosa che rende difficile interpretare l'ultimo numero, ma avvalendoci anche del confronto con altre date autografe del Lotto (figura 11) si ritiene di poter affermare che non si tratta di 1, bensì 5 oppure 6 (figura 12).

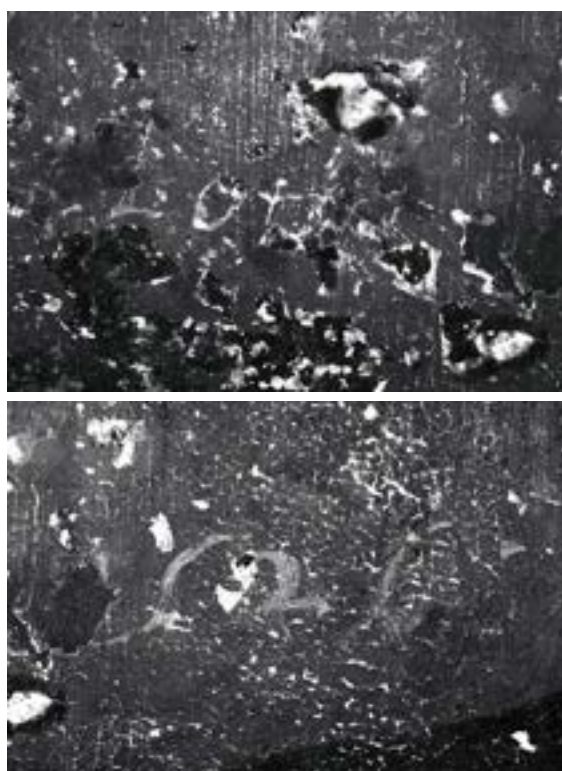


Figure 11 e 12. Alcune firme autografe utilizzate per il confronto; la firma e la data rinvenute (riflettografia IR).

E' poco comprensibile l'errata lettura della data, ma la diversa collocazione dell'opera all'interno della vasta produzione del Lotto può essere significativa per gli studiosi.



Figure 13, 14 e 15. A sinistra: particolari della “cuffia” della nutrice prima del restauro; a destra: particolare durante il restauro.

L'intervento di restauro realizzato è di natura estetica: sulla superficie dell'opera si erano assommati residui di colla mai rimossi e soprattutto numerosissimi ritocchi estesi ovunque in eccesso e mal eseguiti. Ne risultava quello che si può definire un vero pasticcio, ben visibile a occhi esperti e confermato dalle riprese in UV, IR e radiografiche; era quindi necessario rimettere in ordine la superficie, eliminando le aggiunte superflue e rendendo così più comprensibile la corretta lettura dell'opera. Al riguardo si veda in particolare quella che si poteva definire “cuffia” della nutrice, dato che nell'ultimo intervento aveva assunto l'incerto aspetto documentato (figure 13, 14 e 15).



Figure 16 e 17. Saggi di pulitura; tavola al termine della pulitura.

La rimozione della vernice e dei ritocchi con acetone ed essenza di petrolio ha messo in luce una situazione anche più difficile del previsto, confermando quanto ipotizzato riguardo ad una precedente infelice stiratura della superficie, che si è dimostrata ancora cosparsa di grumi di colla (residui di tutti gli interventi, rimossi meccanicamente) e di innumerevoli lacune e stuccature realizzate con un materiale rosso ceroso esteso ben oltre la necessità (figure 16 e 17).

La testa della nutrice è risultata praticamente costituita da colla, al di sotto della quale si sono recuperati alcuni frammenti grigi.

Il conseguente intervento di integrazione pittorica, risultato ovviamente impegnativo e realizzato con colori a vernice data l'impossibilità di far aderire l'acquerello su una superficie simile, si limita ai punti dove il colore mancava. L'interpretazione di dettagli come la testa suddetta, eseguita a tratteggio e pertanto identificabile, si attiene ai frammenti recuperati e al confronto con le immagini delle copie di Firenze. Dopo una prima verniciatura intermedia con vernice Retoucher si è nebulizzata una miscela finale di Retoucher + Matt Lefranc.



Figure 18 e 19. Tavola dopo il restauro; retro della tavola dopo l'intervento degli anni '90.

NOTE

[1] Essendo presente, in tutti i campioni indagati, il piombo non è stato possibile determinare con certezza la presenza dello zolfo contenuto nel gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) per la sovrapposizione della K_α dello zolfo (2,31 keV) con la M_α del piombo (2,35 keV). La celestina (SrSO_4), in cristalli incolori o leggermente bluastrì, si trova nei calcari e nei terreni sedimentari associata a gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anidrite (CaSO_4 anidro).

BIBLIOGRAFIA

1. Piero Torriti, "Scheda dell'opera", in "La Pinacoteca Nazionale di Siena – I dipinti dal XV al XVIII secolo", SAGEP Editrice Genova, Genova, 1981, pagine 220 - 222
2. Rodolfo Pallucchini – Giordana Mariani Canova, "Scheda dell'opera", in "L'opera completa del Lotto", Rizzoli Editore, Milano, 1974, pagine 110 - 111
3. AA. VV., "Lorenzo Lotto – Il genio inquieto del rinascimento" (catalogo della mostra), SKIRA, Milano, 1998
4. D.Arasse, "Lorenzo Lotto dans ses bizarreries: Le Peintre et l'iconographie" in "Lorenzo Lotto. Atti del Convegno Internazionale di Studi per il V Centenario della Nascita", Asolo 1980
5. R.Poltronieri in "Lorenzo Lotto. Il richiamo delle Marche. Luoghi, tempi e persone" a cura di E.M.Dal Pozzolo, catalogo della mostra di Macerata, (2018-19), Milano 2018

PALAZZO MALVINNI-MALVEZZI A MATERA: CONSOLIDAMENTO DEI DIPINTI SU CARTA E TELA CON FUNORI

Ignazio Oliveri*, Maria Luisa De Toma**

*Ingegnere Area Tecnica e Direttore dei Lavori, Provincia di Matera, via Ridola, 60, 75100, Matera, 0835 3061,
i.oliveri@provincia.matera.it

** Restauratrice, Federiciana Restauri di Maria Luisa De Toma, via Camere del Capitolo, 23, 76011, Bisceglie,
3397288323, federiciana.re@gmail.com

Abstract

I *Lavori di completamento del restauro di Palazzo Malvinni-Malvezzi a Matera*, iniziati a gennaio 2019 e in fase di ultimazione, hanno interessato quattordici dei quarantatré vani dell'antico palazzo nobiliare per ciò che concerne gli interventi su superfici architettoniche e decorate [1].

Il bene, di attuale proprietà della Provincia di Matera, sarà destinato a palazzo di rappresentanza dell'Ente Provincia e del Comune di Matera. *Il progetto, in fase iniziale, si è posto l'obiettivo prioritario di definire gli assetti funzionali dello stesso in relazione al ruolo di Sede istituzionale, di accoglienza e alta rappresentanza, che dovrà svolgere congiuntamente per la Provincia di Matera, il Comune di Matera e la Regione Basilicata, funzione che avrà il proprio battesimo in occasione di Matera Capitale Culturale Europea* [2].

Questo contributo nasce dalla volontà di far emergere alcuni aspetti del delicato intervento di restauro che ha interessato l'antico palazzo ducale, e di contribuire alla conoscenza e diffusione della sperimentazione di metodologie innovative, sempre più indirizzate all'utilizzo di prodotti bio-compatibili con l'ambiente e con gli operatori del settore.

Introduzione

Alcune notizie storiche del palazzo ducale ci sono tramandate da Giuseppina Sinatra, erede della famiglia Malvinni-Malvezzi che, nell'ultimo testo edito a maggio 2019 [3], racconta come non si conosca la data precisa dell'arrivo a Matera della famiglia nobiliare, tuttavia nel 1448 fu acquistato un suolo in contrada Castelvechio, ove sorgerà il primo nucleo abitativo dell'attuale edificio [4]. Ma è con l'investitura del 1663 di Matera a capoluogo della regione lucana che molti palazzi subirono trasformazioni e miglioramenti; in tale circostanza venne spostato l'ingresso principale del palazzo dal versante del Sasso verso l'attuale piazza Duomo [5].

Il piano nobile del palazzo è situato al I livello (dei tre complessivi che costituiscono l'intero nucleo abitativo), composto da una serie di vani comunicanti a formare un andamento "a ferro di cavallo", al cui centro padroneggia il salone di rappresentanza, impreziosito dagli antichi arredi, specchiere, lampadari e dipinti su tela [6]. Dopo il decesso dell'ultimo duca don Luigi nel 1955 [7], il palazzo fu definitivamente venduto nel 1960 all'Amministrazione Provinciale di Matera e, con il progressivo trascorrere del tempo, ha subito un lento declino dovuto anche alle differenti destinazioni d'uso dell'edificio, da sede del liceo scientifico a Conservatorio, sino al totale abbandono che ha contribuito all'avanzato stato di degrado delle preziose decorazioni in esso contenute.

L'attuale restauro, che costituisce il completamento degli interventi di restauro strutturale del palazzo iniziati nel 2008 [8], ha consentito il recupero di un prezioso contenitore storico-culturale evidenziandone gli aspetti architettonici e decorativi in funzione della completa valorizzazione e fruizione del manufatto. **I. O.**

Consolidamento dei dipinti su carta e tela con funori

Il restauro in corso delle superfici decorate - oltre ad interventi di natura architettonico-strutturale ed impiantistica - interessa quattordici stanze con volte *a padiglione* e *a schifo*, interamente dipinte, la maggior parte delle quali realizzate con tecnica a tempera. Tali decorazioni - realizzate presumibilmente nel corso dell'800 - interessavano sia le volte degli ambienti sia le pareti verticali, di cui si conservano i *lambris* - caratterizzati da motivi ad imitazione del marmo - quasi parzialmente celati sotto strati di scialbature. Esse rappresentano l'edizione più recente e conferiscono le attuali sembianze al palazzo.

Come sempre accade in corso d'opera, grazie anche al montaggio dei piani di servizio, sono emersi dei dati materiali inediti e non contemplati in fase di progettazione. In alcuni ambienti - ed in particolare si fa riferimento a quello che rappresentava il piano nobile del palazzo - a chiusura del centro delle volte (con struttura *a schifo*) vi sono dei telai a forma rettangolare incassati nell'imposta, che contengono dipinti su carta e tela decorati in continuità con il resto della struttura in muratura (fig.1-3). La tecnica di esecuzione prevedeva l'utilizzo di una tela molto spessa (tipo tarlatana) fissata al telaio in legno mediante dei chiodi in ferro. Sulla tela venivano poi

incollati più strati di carta con grammature differenti, sino all'ultimo strato dipinto con gli stessi motivi iconografici degli intonaci, con l'intento di voler "mimetizzare" le strutture in legno fissate alla muratura con cunei lignei incassati in alloggi opportunamente preparati. Considerato lo stato di conservazione molto precario di tali dipinti su carta e tela, in alcune situazioni – laddove non è stato possibile consolidare i telai e ancorarli alla muratura sottostante, si è ritenuto necessario smontarli per procedere ad un adeguato consolidamento dei supporti. In fase di smontaggio sono emersi, negli incassi che alloggiavano i telai, delle decorazioni più antiche, che fanno parte di un'edizione precedente del Palazzo (figg. 4-5). Si tratta di dipinti con tecnica a secco, presumibilmente di XVII-XVIII secolo, con motivi iconografici classici, racemi floreali, stemmi e dee pagane.

Lo stato di conservazione della carta decorata era molto compromesso, soprattutto a causa delle pregresse infiltrazioni di acque meteoriche nelle strutture murarie che hanno notevolmente indebolito gli strati di carta che risultava lacerata, distaccata dal supporto in tela – anche a causa del deterioramento delle colle utilizzate per il fissaggio di tela e carta – caratterizzata da attacchi di muffe e da consistenti sollevamenti e caduta della pellicola pittorica, con tecnica a tempera (figg. 8-10).

Problematiche di tipo strutturale erano causate dall'indebolimento dei sistemi di aggancio dei telai alla muratura, con cedimento dei cunei dagli alloggi murari (fig.6-7). In alcune situazioni di emergenza, laddove non è stato possibile intervenire con lo smontaggio dei telai, si è reso necessario mettere appunto un sistema di consolidamento che potesse permettere di restituire adesione tra gli strati di tela e carta, e nello stesso tempo restituire coesione della carta e della pellicola pittorica. Le difficoltà maggiori sono emerse soprattutto per la sensibilità della carta dipinta a qualsiasi emulsione o soluzione acquosa, ma nello stesso tempo l'utilizzo di alcuni solventi provocavano gore e macchie sulla pellicola pittorica. Il prodotto che ha dato maggiori risultati è stato il *Funoran Solution* (CTS) – una miscela idroalcolica contenente Funori allo 0,5%, acqua e alcool isopropilico al 2% - applicato a pennello sulle superfici con interposizione di carta giapponese, che rappresenta un'evoluzione dei nuovi prodotti bio-consolidanti, ancora in fase di sperimentazione su differenti supporti.

Il funori è un polisaccaride con proprietà adesive e poco tensioattive [9] estratto da tre tipi di alghe marine rosse diffuse nelle coste del Giappone: *Gloiopeltis tenax* (ma-funori), *Gloiopeltis furcata* (fukurofunori), e *Gloiopeltis complanata* (hana-funori) con temperature di estrazione che vanno dai 25 ° C ai 95 ° C [10]. Può essere utilizzato in percentuali variabili.

Sperimentato nella *Galleria delle Carte Geografiche* dei Musei Vaticani, il funori è stato largamente utilizzato per il consolidamento di carta e tessuti; è un adesivo naturale in grado di rinforzare un sostegno fragile, consentendone la successiva pulitura. Considerati i costi elevati dell'alga pura - che presuppone l'estrazione in laboratorio del prodotto – e per una più facile utilità nel vasto ambiente di cantiere, si è scelto di utilizzare il preparato pronto all'uso, messo a punto da Ctseurope, previa esecuzioni di test pratici di consolidamento, che hanno messo a confronto tre diversi prodotti: applicazione di *Klucel-G* e solvanol al 6%, microemulsione acrilica (Acril Me, CTS) al 10% in acqua demineralizzata e *Funoran Solution*, con risultati soddisfacenti per quest'ultimo prodotto. Il vantaggio principale della scelta effettuata è stato la totale assenza di alterazione dei colori, senza effetti di lucido o innalzamento tonale – come confermato dalla letteratura edita sull'argomento [11] -, a differenza dell'applicazione della microemulsione acrica che tende a lasciare un leggero film sulla superficie trattata.

Sono state scelte delle aree campione su tre vani del piano nobile, il n. 36 – corrispondente al salone principale – il n. 38, e il vano n. 39 – scalinata di accesso al piano - tutte con volte ad intonaco dipinto a tempera e contenenti nella parte centrale il telaio con tela e carta dipinta. Si tratta di dipinti a tempera con motivi floreali e allegorici. A seguito dei test si è proseguito con l'applicazione su tutte le aree necessitanti di consolidamento.

Come prima operazione è stato eseguito il consolidamento strutturale del telaio, che presentava cedimenti dal suo alloggiamento, mediante puntuali impermeazioni lungo i bordi. Successivamente sono state eliminate vecchie stuccature in stucco messe in opera in precedenti interventi, presenti tra il perimetro del telaio e l'intonaco dipinto. La pellicola pittorica del dipinto su carta risultava decoesa e polverulenta, in alcuni punti erano evidenti distacchi tra lo strato pittorico e la tela sottostante, anche a causa dell'allentamento del dipinto al telaio. Il *funoran solution* è stato applicato a pennello mediante interposizione di carta giapponese, effettuando più applicazioni, fino al totale assorbimento del prodotto con conseguente consolidamento della pellicola pittorica (fig.11-13). Le cretture dello strato pittorico sono state consolidate con applicazione di piccoli lembi di carta giapponese a grammatura sottile applicati con klucel-g e solvanol al 30%, eseguendo in questo modo una velinatura puntuale nei punti critici del dipinto su tela. I vecchi chiodi utilizzati per tensionare il dipinto al telaio sono stati preventivamente trattati con convertitore di ruggine (Ferox) e successivamente protetti con resina acrilica (Incral 44 CTS). Le lacune presenti tra telaio e dipinto su carta sono state integrate con incollaggio di fasce di velatino in cotone con l'utilizzo di etilenvinilacetato in dispersione acquosa (Eva art CTS) a pH neutro (6.0) e successiva applicazione di carta giapponese. Infine si è proseguito con il ritocco pittorico delle aree lacunose mediante velature con colori silossanici nei fondi e con velature in lieve sottotono con colori ad acquerello nei motivi decorativi (fig. 14). **M.L.D.T.**



Figura 1. Palazzo Malvinni-Malvezzi, vano 36 del piano nobile prima dei restauri

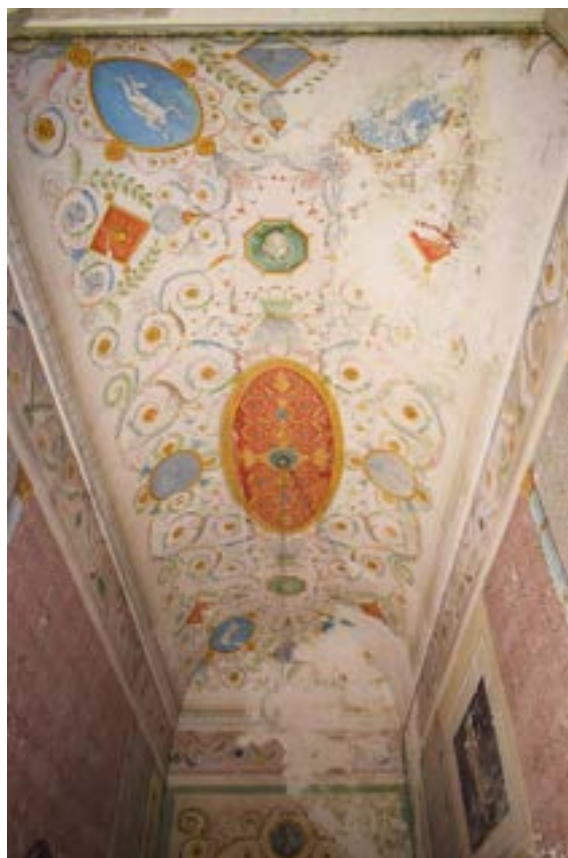


Figura 2-3. Palazzo Malvinni-Malvezzi, vani 38 e 39 del piano nobile prima dei restauri



Figura 4-5. Palazzo Malvinni-Malvezzi, vano 35, distacco del telaio con dipinto sottostante di edizione più antica



Figura 6-7. Palazzo Malvinni-Malvezzi, stato di conservazione dei telai con applicazione di tela e carta



Figura 8-9. Palazzo Malvinni-Malvezzi, stato di conservazione di dipinti su tela e carta



Figura 10-11. Palazzo Malvinni-Malvezzi, vani 38, tela con carta dipinta a tempera; applicazione di Funori con carta giapponese



Figura 12-13. Palazzo Malvinni-Malvezzi, applicazione di funori con carta giapponese



Figura 14-15. Palazzo Malvinni-Malvezzi, vani 39 dopo il restauro

Tutte le immagini sono di proprietà della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Basilicata.

NOTE

[1] I lavori di restauro – a seguito dell'indizione di gara con procedura economicamente vantaggiosa – sono stati aggiudicati – per la categoria dei lavori in OS2-A- all'ATI Federiciana Restauri di Maria Luisa De Toma e Studio d'Arte e Restauro di Iaccarino L.V e Zingaro G. snc. Il finanziamento proviene dai fondi Mibact – Legge di stabilità 2016 n. 208. I lavori sono stati eseguiti sotto l'Alta sorveglianza della Soprintendenza Archeologia,

Belle Arti e Paesaggio della Basilicata, nelle persone dell'arch. Annunziata Tataranno e nella dott.ssa Annamaria Filomena Leone.

[2] Provincia di Matera, Relazione generale della documentazione di gara, All. A, pag. 8.

[3] Giuseppina Sinatra, *I Malvinni Malvezzi a Matera. Storia di una nobile famiglia*, Giannatelli editore 2019, p. 51.

[4] Ibidem.

[5] Ibidem.

[6] I lavori sono stati affidati con contratto rep. n. 232 del 18.11.2008, all'Impresa SANTOVITO geom. Michele di Andria, impresa capogruppo dell'attuale ATI aggiudicatrice.

[7] Giuseppina Sinatra, *I Malvinni Malvezzi a Matera. Storia di una nobile famiglia*, op.cit.54.

[8] I lavori sono stati affidati con contratto rep. n. 232 del 18.11.2008, all'Impresa SANTOVITO geom. Michele di Andria, impresa capogruppo dell'attuale ATI aggiudicatrice.

[9] N. Hayakawa, K. Kida, T. Ohmura, N. Yamamoto, K. Kusunoki, W. Kawanobe, Characterisation of funori as a conservation material: Influence of seaweed species and extraction temperature, in *Studies in Conservation* VOL. 59, 2014.

[10] Ibidem.

[11] Karin Catenazzi, *Evaluation of the use of Funori for consolidation of powdering paint layers in wall paintings*, <http://dx.doi.org/10.1080/00393630.2015.1131043>, marzo 2016.

BIBLIOGRAFIA

1. Giuseppina Sinatra, *I Malvinni Malvezzi a Matera. Storia di una nobile famiglia*, Giannatelli editore 2019.
2. N. Hayakawa, K. Kida, T. Ohmura, N. Yamamoto, K. Kusunoki, W. Kawanobe, *Characterisation of funori as a conservation material: Influence of seaweed species and extraction temperature*, in *Studies in Conservation* VOL. 59, 2014.
3. Karin Catenazzi, *Evaluation of the use of Funori for consolidation of powdering paint layers in wall paintings*, <http://dx.doi.org/10.1080/00393630.2015.1131043>, marzo 2016.

IL RESTAURO DEI 'PAPIRI' TERREMOTATI: DALLE MACERIE ALLA RINASCITA (IN ATTESA DELLA RIMUSEALIZZAZIONE)

Paola Boffula Alimeni*

*Papirologo e Tecnico del restauro, Università degli Studi di Roma 'Tor Vergata', dottoreessapapiro@gmail.com

Abstract

As the effects of an earthquake are realised, full effort naturally goes into “restoring” the physical health of people and then items of first necessity. But over the years there is often a series of 'silent victims', of forgotten aspects suffering the neglect of bureaucracy. This is the case of L'Aquila where, ten years after its earthquake, many people are still suffering the effects. One silent victim is the important structure of the *Museo di Scienze Naturali e Umane* which still remains closed and it's unable to perform its mission: the spreading knowledge on antiquity and culture, specially to local students! Among the numerous treasures we find here several Egyptian artifacts of Late or Greco-Roman period of unknown origins and belonging to the private collection of Father Gabriele Giamberardini. Alerted by an Egyptologist, I came across three 'papyri' and some *ostraca* which have now been the object of research. The restoration work has also provided an unexpected outcome raising further questions and for which I requested the assistance of a Coptic Specialist.

Introduzione

Un restauratore, oltre a svolgere le normali operazioni legate alla conservazione di un bene culturale, si trova anche coinvolto in situazioni particolari; tale evenienza potrebbe riferirsi a quanto mi è occorso l'anno scorso quando un'egittologa mi segnalò la presenza di alcuni 'papyri' e reperti egiziani terremotati conservati nel *Museo di Scienze Naturali e Umane* annesso al Convento di San Giuliano de L'Aquila. Una visita *in situ* ha svelato non solo un'inaspettata sorpresa ma ha portato alla luce come, a distanza di dieci anni, la burocrazia sia rallentata anche nella ricostruzione di enti, fortemente legati al territorio che sono fulcri di vitale importanza culturale poiché interagiscono attivamente con le scuole locali.

Il convento di San Giuliano

Il convento di San Giuliano a L'Aquila [1] fu fondato nel 1415 da Giovanni e Girolamo da Stroncone, due frati umbri, con il supporto economico di Nunzio da Fonte, un facoltoso appaltatore della Zecca e di fra Tommaso da Cascina; fu una delle prime sedi dei francescani e ospitò San Giovanni da Capestrano e Bernardino da Siena. Sebbene abbia subito dei saccheggi e delle profanazioni, per mano dei francesi nell'800, il convento rimase intatto nella sua bellezza grazie anche agli imponenti lavori di restauro iniziati nel 1960. Nonostante la sua posizione su di uno sperone roccioso, durante il terremoto del 2009 il convento subì notevoli danni strutturali, che compromisero l'agibilità, per lungo tempo, al chiostro maggiore e alla chiesa; quest'ultima presentava delle «gravi lesioni delle volte, diversi distacchi degli stucchi seicenteschi e delle decorazioni pittoriche della volta. Una tela all'interno della seconda cappella a sinistra è rimasta danneggiata dalla caduta seguita al distacco dalla cornice in cui era ospitata [2]». Grazie al tempestivo intervento dei Vigili del Fuoco e dei volontari di Legambiente coordinati dalla Soprintendenza BSAE per l'Abruzzo tutte le opere d'arte mobili e il corpo del beato Vincenzo dell'Aquila, conservati nella chiesa, furono messi in sicurezza. Stessa infelice sorte anche per l'annesso museo che, collocato in posizione adiacente, subì anch'esso danni strutturali tali da richiederne la chiusura; con lunghe crepe presenti in ogni sala e calcinacci sparsi da tutte le parti infatti l'edificio non può assolutamente garantire la sicurezza del pubblico e dei beni in esso custoditi. Il museo nacque, infatti, grazie all'opera del Prof. P. Saverio Maini O. F. M. e, successivamente, dagli anni 1960 sino alla sua morte (02-07-2008) venne curato e arricchito da P. Gabriele Marini, anche lui esperto e appassionato di scienze naturali. Fu proprio lui che avviò e realizzò con il liceo 'Domenico Cotugno' un progetto per una sistemazione migliore del Museo, per dare la possibilità a tutte le scuole del territorio di conoscere, apprezzandole dal 'vivo', non soltanto le antiche civiltà che caratterizzarono la nostra storia ma anche di approfondire la natura dell'Abruzzo esponendo esemplari unici della flora e della fauna aquilana. In mezzo a questi esemplari di rara bellezza si trova una piccola ma ricca collezione: quella dei reperti egiziani, raccolti in Egitto e Palestina e portati in Italia, di Padre Gabriele Giamberardini O. F. M. [3], devotissimo non soltanto alla Madonna ma anche alla sua terra di origine: l'Abruzzo. L'assenza di informazioni precise e dettagliate a corredo di ogni reperto non consente di conoscere con esattezza le origini e le provenienze degli stessi; si può soltanto supporre, in maniera ragionevole, che questi oggetti siano in parte stati acquistati, donati o scavati dal Padre Giamberardini e dai suoi allievi.

Padre Gabriele Giamberardini

«Modello di uomo profondamente religioso e di studioso acuto e diligente» [4] Padre Gabriele Giamberardini nacque a S. Croce di Lucoli (L'Aquila) nel 1917 e nel 1941 fu ordinato sacerdote a Roma. Conseguita la laurea in teologia (1944) fu inviato in Egitto dove visse per 19 anni; appena arrivato al Cairo, nel gennaio del 1950, insegnò nel seminario orientale di San Cirillo di Al-Gîsâh, «ma contemporaneamente non trascurerà di visitare il nuovo Paese che lo accoglie per scoprirne le ricchezze, la cultura, la fede, ma nello stesso tempo scoprire la povertà, la miseria e a volte anche la disperazione. [...] Ricerca, esplora, chiede, fa amicizia con le persone di tutti i ceti sociali, e prende sempre appunti e va alla ricerca dei documenti e delle fonti più nascoste» [5]. La sua innata curiosità dunque lo porta a vivere la vera realtà del paese e si rammarica con alcuni giornalisti italiani, incontrati per caso, del fatto che a loro, invece, era stato mostrato un aspetto falsato, fatto esclusivamente di bellezze, seguendo un percorso di tappe obbligatorie, proprio per fare in modo che una volta rientrati in Italia non avrebbero potuto che scrivere di meraviglie descrivendo il paese, quando invece la maggior parte della popolazione viveva di stenti. Rientrato in Italia, Padre Gabriele Giamberardini, fu professore di Patristica Orientale e poi decano della facoltà teologica nel *Pontificio Ateneo Antoniano*. «La morte lo colse in silenzio, al suo tavolo di lavoro, nella notte del 14 marzo 1978 a Roma» [6] mentre stava disegnando una croce ansata con la parola *wmb*, vita. Prolifica fu la sua produzione scrittorica e infatti ancora oggi i suoi articoli sono oggetti di studio. Da instancabile perfezionista legge e raccoglie ogni possibile documento che lo aiuti nei suoi studi, in particolar modo «[...] segue nella sua ricerca: a) documenti egiziani che, in quantità non ordinaria, giacciono ancora inediti in vari archivi e musei sotto forma di papiri, pergamene, ostraka, iscrizioni parietali e lapidarie» [7]; una piccola parte di questi documenti verranno presentati in questo contributo.

La collezione egizia del Museo Orientale di Tagliacozzo

Dai suoi viaggi in Egitto e in Palestina, Padre Gabriele Giamberardini, riportò in Italia un ragguardevole quantitativo di reperti archeologici che furono donati al *Museo Orientale* del santuario di Maria Santissima dell'Oriente a Tagliacozzo. Il Museo, fondato nel 1968 dal Giamberardini stesso e allestito in tre sale del santuario, raccoglie una collezione di ex voto di provenienza locale (XIX-XX sec.), 300 monete romane e delle province dell'Oriente romano, una raccolta filatelica, fossili, artigianato orientale e reperti archeologici che coprono varie epoche: preistoria, faraonica, tolemaica, greco-romana, cristiano bizantina, palestinese, copta, etiope e siriana [8]. La collezione egizia non supera i 100 reperti (figura 1), tra questi spiccano una mummia di falco, una barba posticcia lignea e una coppia di occhi [9], probabilmente appartenenti ed estrapolati da una maschera funeraria o da un sarcofago antropoide (figura 2), dei balsamari e cinque ostraka in lingua copta.

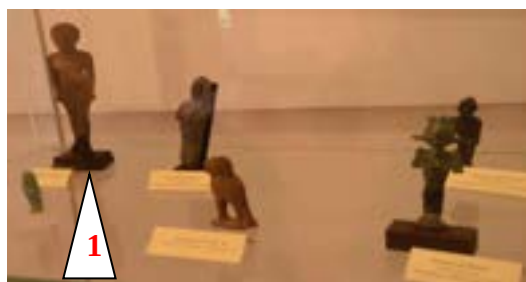


Figure 1 e 2. Alcuni dei reperti della collezione egizia e coppia di occhi appartenenti a un sarcofago antropoide o a una maschera funeraria

Non sono presenti papiri ma una ricerca in archivio ha svelato uno scambio epistolare particolare, quello tra il museo e il Dr. Ragab del *Papyrus Institute* di Giza in Egitto (figura 3), in merito alla spedizione di tre papiri moderni [10]. Nell'inventario i papiri risultano esposti nel *Museo Orientale* di Tagliacozzo (figura 4) ma durante

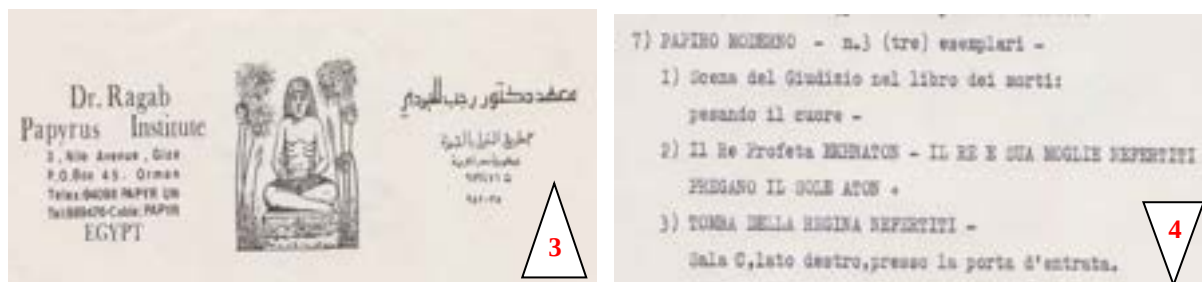


Figure 3 e 4. Inventario del Museo Orientale che attesta la presenza dei papiri esposti e parte della lettera inviata dal Dr. Ragab al Convento. la mia visita ho notato, invece, l'inesattezza di questa asserzione in quanto i papiri non sono affatto conservati nelle vetrine espositive e potrebbero essere esposti in un'altra sala, in un archivio o altrove.

La collezione egizia del Museo di Scienze Naturali e Umane de L'Aquila

«In un edificio che un tempo aveva la funzione di fienile e legnaia per il convento [11]» nel 1997 venne allestito, per iniziativa di Padre Gabriele Marini, il nuovo Museo di Scienze Naturali e Umane. dopo il terremoto quasi tutti i manufatti furono spostati in un piccolo deposito all'interno del museo stesso (figure 5-6) eccezion fatta per i 'papiri' che si trovavano ancora esposti in una teca, in una sala



Figure 5 e 6. Deposito temporaneo della collezione egizia dopo il terremoto del 2009.

adiacente, sempre al piano terra (figure 7-8). Il museo è ancora oggi chiuso ma grazie alla gentilezza e alla

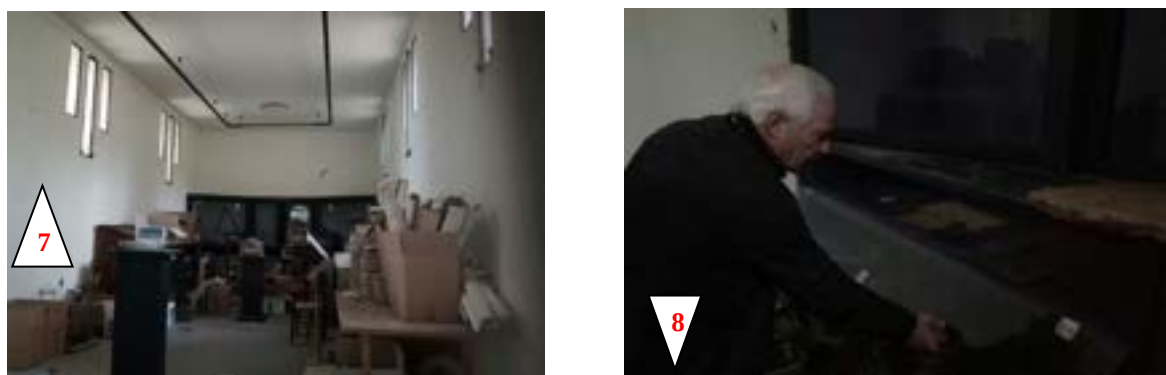


Figure 7 e 8. Sala del museo (dove sono ancora visibili le crepe strutturali) in cui erano esposti i 'papiri' e Padre Marco mentre apre la teca.

disponibilità di Padre Marco Federici O. F. M. sono riuscita a vedere per intero le collezioni in esso custodite. Non ci sono parole per descrivere le sensazioni provate di fronte ai numerosi danni riscontrati nella forma di calcinacci sparsi sul pavimento e delle numerose crepe strutturali che si scorgono sui muri. In una sala, conservati in una teca chiusa a chiave, si trovavano i 'papiri' insieme ad altri manufatti di natura eterogenea (tra i quali un calco in lingua ebraica); ed eccola lì la sorpresa inaspettata: a dispetto della dicitura (figure 9 e 10) i 'papiri' non sono affatto dei papiri bensì dei documenti cartacei! E uno di essi è un falso! Scritto anch'esso su di un supporto cartaceo ma di differente natura rispetto ai documenti copti.



Figure 9 e 10. Etichette di corredo ai documenti esposti: il falso papiro è quello funebre in una scrittura a imitazione di quella geroglifica. Si tratta del documento funebre (figura 11) che presenta una scrittura a imitazione di quella geroglifica; un esame attento rivela anche che alcuni dei 10 frammenti possono essere riuniti; con molta probabilità l'esecutore, una volta terminato il lavoro di scrittura, lo ha ridotto in frammenti (figura 11a e 11b) per aumentarne la credibilità di

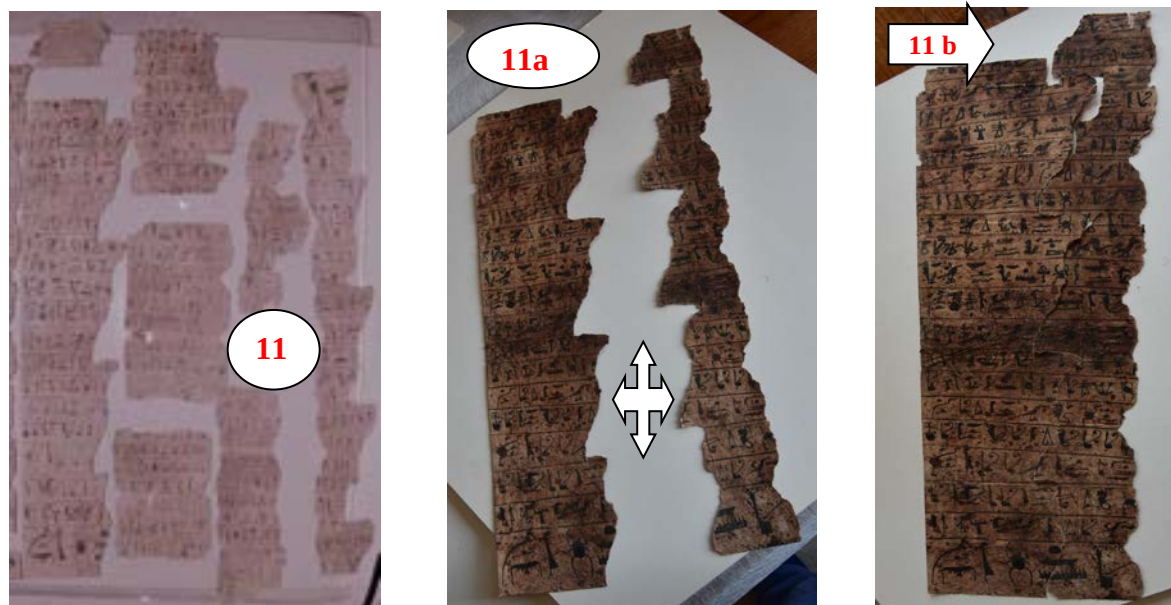


Figure 11, 11a e 11b. E

manufatto antico. Il lavoro finale non è dei migliori. Il falsario infatti non ha mantenuto lo stesso *ductus*: l'andamento dello scritto, nonostante i rigi di riferimento, non prosegue in maniera rettilinea e tende a terminare il rigo sul margine destro; il modulo delle lettere tende progressivamente a ingrandirsi specialmente negli ultimi rigi (figura 12) forse a causa della stanchezza o della perdita di pazienza della persona incaricata a confezionare

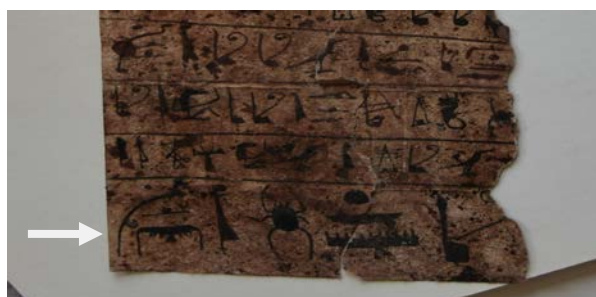


Figura 12. Freccia: indica l'evidente cambio di modulo della scrittura del falsario.

il falso papiro. Cercando di leggere il documento si intuisce che lo 'scriba' in realtà non conoscesse l'egiziano medio poiché i simboli sono frutto di pura fantasia. L'analisi al microscopio ottica mostra la presenza e la stesura di una sostanza organica, con molta probabilità, la gomma arabica [12], estesa a tutta la superficie; a distanza di anni questa resina mostra una degradazione nella forma di piccole scaglie solidificate (figure 13, 13a e 13b) che



Figure 13, 13a e 13b. Scaglie di gomma arabica al microscopio ottico Dino-Lite (*Fake_Arabic_Gum_10x_101_190_204*) presentano un viraggio di colore marrone-rosso scuro. Il suo uso consentiva di accelerare i tempi di invecchiamento del manufatto.

L'intervento di restauro

L'intervento di restauro, eseguito su due 'papiri' e tre *ostraka*, è stato eseguito in una sala del convento di San Giuliano ed è iniziato con una dettagliata documentazione fotografica all'infrarosso, in digitale e al microscopio ottico portatile Dino-Lite. I due frammenti in lingua copta (Vangelo di Luca: 11,9×26,2 cm e Lettera ai Galati: 16,7×40,4 cm) sono costituiti da un supporto cartaceo grossolano e ruvido al tatto, con un diametro di 0,4 mm. Il degrado si presentava nella forma di una distorsione planare, localizzata specialmente lungo i bordi, con



Figure 14, 14a e 14b. Fasi del restauro: spianamento dei bordi con soluzione idroalcolica (50:50) del Vangelo di Luca.

pieghe e strappi a lacuna perdita. L'intervento restaurativo si è svolto tramite l'umidificazione delle aree interessate (figure 14, 14a e 14b) con una soluzione idroalcolica (50:50), a pennello, sia sul *recto* che nel *verso* (figure 15 e 15a). Lo spianamento è stato eseguito con una spatolina a doppia foglia e con delle pinzette.



Figure 15 e 15a. Fasi del restauro: spianamento dei bordi con acqua deionizzata di un particolare della Lettera ai Galati

Due piccole parti sono state incollate con il Tylose MH 300 P al 4% [13] (figura 16). La buona conservazione



Figura 16. A spianamento eseguito: incollaggio di due lembi cartacei con il Tylose MH 300 P.

del supporto cartaceo e l'ottima qualità dell'inchiostro o pigmento nero utilizzato non hanno richiesto le operazioni di collatura e di consolidamento in genere previste in casi simili. A occhio nudo, con conferma delle fotografie all'infrarosso, si potevano notare delle linee, parallele e continue, a testimonianza del fatto che i due documenti siano stati tenuti piegati, in tasca o in un libro-contenitore, per lungo tempo (figura 17). Per limitare ed eliminare l'effetto di queste pieghe e non potendo utilizzare *in loco* una pressa, i due documenti sono stati messi sotto dei pesetti di vetro per diversi mesi; pesetti che hanno garantito l'esito desiderato (figura 17a).

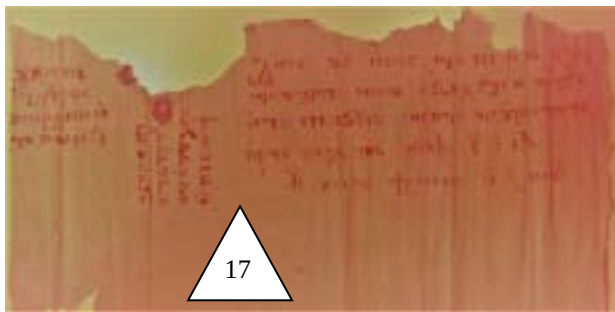


Figure 17 e 17a. Documenti copti: Lettera ai Galati (fotografia IR) prima del restauro e Vangelo di Luca (a restauro ultimato).

Conservazione e sistemazione temporanea in attesa della rimusealizzazione.

A restauro ultimato per i due documenti copti l'unica sistemazione possibile, in attesa della rimusealizzazione, prevede la loro messa in sicurezza temporanea in due buste contenitive (figure 18 e 18a); all'interno i documenti sono protetti da un foglio di carta *acid free*; per evitare inutili esposizioni alla luce visibile o artificiale ho applicato una foto dei documenti sopra le buste con il loro contenuto (i due manufatti sono sprovvisti di numero di inventario). Caso diverso per gli *ostraka*: invece di usare i materiali previsti per la loro conservazione, ovvero



Figure 18 e 18a. Documento copto (Vangelo di Luca) a restauro ultimato e messa in sicurezza temporanea in una busta contenitiva.

il polietilene espanso (Plastazote), temendo che l'uso degli stecchini di bambù come chiusura dei bordi potessero creare dei danni in futuro - e mi riferisco al fatto che una scatola creata con diverse parti, non dotata di una sigillatura stabile, non consentirebbe un trasporto in sicurezza ma anzi potrebbe cedere con il peso o, peggio ancora, in seguito ad una distrazione far rovesciare il contenuto - ho utilizzato dei contenitori atti alla conservazione dei beni librari (foto figure 19, 19a e 19b). A distanza di nove mesi ho verificato che tali

contenitori non abbiano creato danni (nella forma di effetto serra con tutte le conseguenze ben note) agli *ostraka* e ne assicurino la conservazione temporanea più idonea.



Figure 19, 19a e 19b. Utilizzo di contenitori cartonati e non in polietilene espanso per la conservazione temporanea dei tre *ostraka*.

La situazione descritta è sicuramente rara ma è da prevenire e da ponderare soprattutto in situazioni analoghe, dal momento che questi reperti attualmente si trovano conservati, in un mobile posto nel corridoio che porta all'ingresso dell'archivio del santuario, insieme ad altri materiali cartacei e fotografici di natura eterogenea. Sia i documenti che gli *ostraka*, data la loro importanza storica, sono oggetto di studio e di traduzione da parte della dott.ssa Jennifer Cromwell (*Manchester Metropolitan University*).

La questione dei falsi

Da un'attenta analisi al microscopio ottico si può notare che il 'papiro' funerario sia stato sotterrato: sono visibili, infatti, dei granellini di materiale eterogeneo che ho provato a rimuovere tramite un bisturi (figure 20, 20a, 20b).

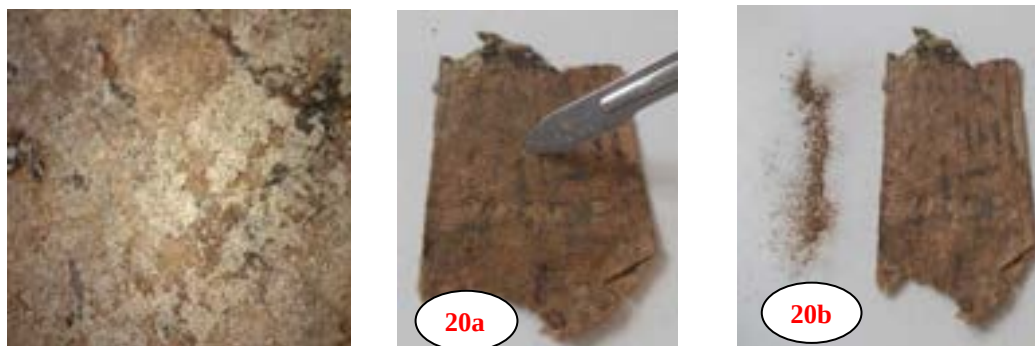


Figure 20, 20a e 20b. Falso funerario al microscopio ottico (*Fake_sand_10x_111*) e intervento di ripulitura di uno dei frammenti.

L'esperienza nel campo porta a riconoscere e a individuare un falso a occhio nudo ma un'analisi al microscopio ottico in unione con delle analisi di natura chimico-fisica (FT-IR, XRF e Raman), effettuate sui pigmenti e sul supporto, possono, quasi sempre, confermare con estrema precisione l'autenticità o la falsità del reperto. Un riscontro immediato è dato dalle fotografie al microscopio ottico, come si evince dagli esempi proposti, dove è evidente l'intreccio perfibrile e transfibrile di un papiro antico (figura 21); mentre è del tutto assente nel papiro falso (figura 21a), che mostra infatti una superficie piatta e omogenea, che è possibile ritrovare anche in altri casi di papiri autentici ma mantiene sempre quella 'trama' inconfondibile a linee verticali od orizzontali (figura 21b).

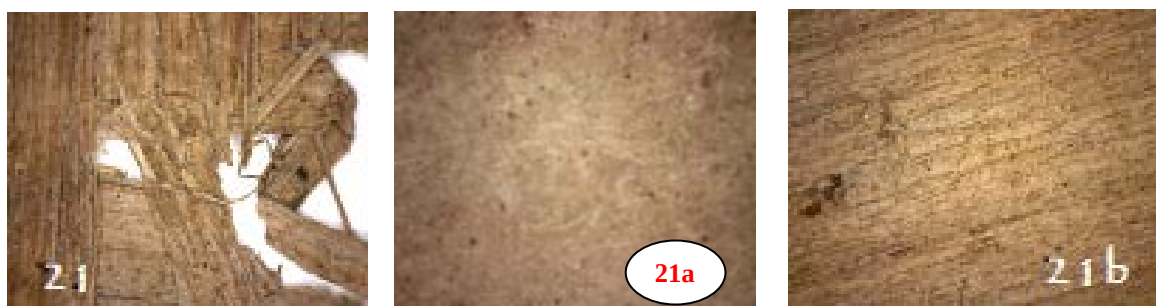


Figure 21, 21a e 21b. Confronto al microscopio ottico Dino-Lite due supporti papiracei antichi (21 e 21b) e il falso 'papiro' funerario (21a).

Il documento funerario non è un caso isolato e va ad arricchire la lunga casistica dei falsi in quanto questi esistevano già nell'antichità. È bene però fare una distinzione: i 'falsi attuali' hanno lo scopo di imitare un oggetto antico anche senza prestare attenzione ai contenuti; mentre i 'falsi antichi' davano un ruolo cruciale a questi poiché avrebbero potuto danneggiare un avversario o accrescere la fama e il valore di un autore [14]. Non solo, per un certo periodo i falsi venivano confezionati utilizzando frammenti diversi, riuniti e assemblati a *collage*, per creare un *kòllema*, pagina, più estesa in modo da trarne un profitto maggiore durante la vendita. Come conseguenza alla grande richiesta di papiri, i venditori incominciarono a immettere sul mercato dei falsi creati di sana pianta dal momento che trovare papiri senza scrittura era frequente [15]; non solo, i falsari potevano rimuovere, dai papiri di scarso valore, le tracce esigue di scrittura, cancellandole con una spugna bagnata (se i pigmenti erano idrosolubili), riscriverci sopra, riproducendo così un testo in maniera fedele oppure inventando, seguendo l'estro personale del novello 'scriba'. Il caso del papiro di Cornelio Gallo, il P. Qasr Ibrīm 78-3-11/1, [16] insieme al papiro di Artemidoro [17] sono gli esempi più rappresentativi in tal senso poiché ancora oggi gli studiosi si dividono non riuscendo a trovare un accordo sulla loro autenticità. Altri esempi interessanti sono quelli dei falsi rotoli dell'Acerbi [18] e di Bione [19] ma la lista potrebbe continuare poiché è un fatto risaputo che quando veniva acquistato un lotto, all'interno di esso c'erano sempre dei frammenti falsi [20].

Conclusioni

Che sia un papiro brutto, come nel caso del P. Cornelio Gallo (a oggi però ritenuto autentico), che sia un papiro troppo bello con imprecisioni geografiche e storiche, come quello di Artemidoro, che sia un papiro 'creato' con frammenti originali diversi (letterari o documentari in lingue miste) oppure un rotolo vuoto, come i falsi rotoli dell'Acerbi, una volta scovato e accertato l'inganno che farne dei falsi che potremmo tranquillamente definire 'storici'? Soffermandomi su questo dilemma consiglio, in maniera semplicistica, di ritenerli alla stregua dei contenitori con cui molti dei papiri sono arrivati nelle collezioni (scatole di biscotti e di sigarette, buste da lettera, etc...); data la loro natura di oggetti 'curiosi', entrano di diritto a far parte della storia della papirologia e come tali devono essere documentati e conservati (anche in un armadio come riporta il Gallazzi). In tal senso deve essere visto anche il 'papiro' funerario abruzzese, portato in Italia insieme ad altre antichità. Il mio augurio è che tutti i reperti del *Museo di Scienze Naturali e Umane* non rimangano delle 'vittime silenziose' del terremoto e che al più presto ritornino a infondere curiosità e cultura nelle giovani menti e ... non!

N.B. Tutte le fotografie e le digitalizzazioni sono state effettuate dalla dott.ssa Paola Boffula Alimeni

RINGRAZIAMENTI

Desidero esprimere la mia profonda gratitudine a Padre Marco Federici (O.F.M.) per la squisita gentilezza e la piena disponibilità offertami accogliendomi nello splendido Convento di San Giuliano a L'Aquila; così come ringrazio Padre Basilio (ordine dei Carmelitani) del Santuario di Maria Santissima dell'Oriente a Tagliacozzo per tutte le preziose informazioni; la dott.ssa Alessandra Colazilli che fu la prima ad avvisarmi della collezione egizia 'abruzzese', suo oggetto di ricerca e di studio e la dott.ssa Jennifer Cromwell (*Manchester Metropolitan University*) per aver accettato la mia richiesta di tradurre i documenti copti, di cui lei è una esperta conoscitrice.

NOTE

[1] Per approfondimenti si veda: www.conventosangiuliano.it

[2] G. Messineo et alii, "Il convento di San Giuliano a L'Aquila ed il suo museo", *Rendiconti Pontificia Acc. Rom. D'Arch.*, Vol. LXXXI, serie III (2008-2009), pg. 420.

[3] Per la biografia di Padre Gabriele Giamberardini (1917-1978) rinvio alla lettura di: B. Di Giampietro, tesi di laurea (1991) e V. Mistrih, (1982), pp. 1-16.

[4] B. Di Giampietro, *op. cit.*, pg. 32.

[5] B. Di Giampietro, *op. cit.*, pg. 108

[6] B. Di Giampietro, *op. cit.*, pg. 35.

[7] B. Di Giampietro, *op. cit.*, pg. 109.

[8] P. Biagini, (2011), pg. 19.

[9] La barba posticcia, *hbswt*, dritta e lunga, era l'emblema del potere del sovrano a partire dal Nuovo Regno (1581-1085 a.C. circa); mentre una barba posticcia leggermente incurvata simboleggiava Osiride (in ambito funerario). Appaiono come parti in rilievo dei sarcofagi antropoidi a partire dalla XII dinastia; gli occhi vitrei erano utilizzati specialmente nella produzione dei sarcofagi denominati *rishi*, a piume; cfr.: K. M., Cooney, "Coffins, Cartonnage and Sarcophagi", in "Ancient Egyptian Art", Hartwig., M. K. (a cura di), Wiley & Sons,

Chichester, UK, 2014, Chapter 14: pp. 269-292 e J. H., Taylor, *"Egyptian Coffins"*, Aylesbury Bucks, England, 1989, pp. 23-25 e 28-31.

[10] I documenti, senza numero di inventario, si trovano nell'archivio del Convento di San Giuliano, all'interno del faldone con dicitura 'Museo di Tagliacozzo'.

[11] G. Messineo *et alii*, *op. cit.*, pg. 418.

[12] Gomma arabica: polisaccaride prodotto dalla secrezione di alcune acacie diffuse in Africa, specialmente dall'acacia del Senegal (famiglia Leguminose).

[13] Tylose MH 300 P, è una metildrossietil-cellulosa (MHEC), viene disciolta in acqua demineralizzata per il restauro (al 4%) e la collatura (al 2%).

[14] U. Horak, (1991), pg. 91.

[15] C. Gallazzi e B. Kramer, (2010), pp. 233 e 237, nota 14.

[16] Il papiro, rinvenuto durante uno scavo nel 1978 a Qasr Ibrîm e datato tra il 50 e il 20 a.C. rappresenterebbe il più antico libro di poesia latina esistente; fu considerato un falso dal Brunhölzl a causa di imprecisioni, errori e vistose anomalie; J. Blänsdorf, (1987), pp. 43-44; F. Brunhölzl, (1984), pp. 34 ss.; M. Capasso, (2003); M. Cursi, (2016), pp. 70-75 e Gagliardi, P., (2014), pg. 35, nota 10.

[17] La storia del papiro è lunga e travagliata: datato tra il I sec. a.C e il I sec. d.C, il papiro contiene un testo geografico e dei disegni di parti anatomiche, di animali reali e fantastici. Gli studiosi si dividono riguardo la sua autenticità e ogni tanto il papiro ritorna a far notizia con delle nuove analisi sul pigmento nero che, essendo un nerofumo a base carboniosa, purtroppo non può confermarne la falsità se non contiene della caolinite usata come *pigment extender*; cfr.: G. Bastianini, (2009), pp. 219 ss; B. Bravo, (2009), pp. 43 ss ; L. Canfora e L. Bossina, (2008), pp. XVI e 209.

[18] I falsi rotoli furono acquistati nel 1830 da Giuseppe Acerbi, che ricopriva la carica di console dell'impero austro-ungarico in Egitto, che li donò, insieme ad altre antichità, alla Biblioteca milanese di Brera. L'Acerbi si accorse dell'inganno soltanto pochi giorni dopo l'acquisto, grazie alle indicazioni del Piccinini, anch'esso incaricato di comprare reperti antichi ma dal console Anastasi. La frode consisteva nel prendere un lungo cilindro di legno, imbottirlo con delle bende e rivestirlo con delle strisce di papiro, fissate con della gomma arabica. Qualche traccia di scrittura con geroglifici andava a completare il tutto, andando così a formare una parvenza di un *volumen*; cfr.: C. Gallazzi, (1996), pp. 183-184 e S. Quirke, (1994), pp. 179 ss.

[19] Il Prof. Claudio Gallazzi scoprì che il papiro P. Mil Vogliano inv. 1102, contenente il frammento XIV di Bione, era invero un falso ben costruito. Gli elementi decisivi per determinarne la contraffazione furono: l'intera stesura del testo che appariva adattata alle dimensioni del frustolo di papiro e la grafia che mostrava degli aspetti diacronici di certo non dovuti all'impaccio di una mano inesperta; cfr.: C. Gallazzi, (1979), pp. 56-58.

[20] Gli esempi sono tanti, per un approfondimento si veda: A. Ricciardetto, *"Bibliographie générale sur les faux en papyrologie"*, in *"Sep."*, 11 (2014), pp. 125-127.

BIBLIOGRAFIA

1. Bastianini, G., "6. Sull'avvolgimento del rotolo di Artemidoro", in *"Archiv für Papyrusforschung und verwandte Gebiete"*, Vol. 55, 2 (2009), pp. 215-221.
2. Biagini P., *"Il Santuario di Maria Santissima dell'Oriente e la sua icona"*, Cierre & Grafica Roma, Tagliacozzo, 2011.
3. Blänsdorf, J., *"Der Gallus-Papyrus - Eine Fälschung?"*, in *"ZPE"*, 67 (1987), pp. 43-50.
4. Bravo, B., *"Artemidoro di Efeso geografo e retore. Per la costituzione e l'interpretazione del testo del papiro di Artemidoro"*, in *"ZPE"*, 170 (2009), pp. 43-63.
5. Brunhölzl, F., *"Der sogenannte Galluspapyrus von Kasr Ibrim"*, in *"Cod. Man"*, 10 (1984), pp. 33-37.
6. Canfora, L. e Bossina, L. (a cura di), *"Wie kann das ein Artemidor-Papyrus sein? = Ma come fa a essere un papiro di Artemidoro?"*, Bari, Edizioni di Pagina, 2008.
7. Coles, R. e Gallazzi, C., *"Papyri and Ostraka: Alterations and Counterfeits"*, in *"Studi in onore di Orsolina Montevecchi"*, Clueb, Milano 1981, pp. 99-105.
8. Capasso, M., *"Il ritorno di Cornelio Gallo: il papiro di Qasr Ibrîm venticinque anni dopo. Con un contributo di Paolo Radiciotti"*, Graus, Napoli, 2003.
9. Cooney, K. M., *"Coffins, Cartonnage and Sarcophagi"*, in *"Ancient Egyptian Art"*, a cura di Hartwig, M. K., Wiley & Sons, Chichester, UK, 2014, Chapter 14: pp. 269-292.
10. Cursi, M., *Le forme del libro. Dalla tavoletta cerata all'e-book*, Il Mulino, Bologna, 2016.
11. Di Giampietro B. *"Un francescano aquilano in Egitto P. Gabriele Giamberardini O.f.m. 1917-1978"*, L'Aquila, Anno Accademico 1990-91, 1991, (tesi di laurea).
12. Gagliardi, P., *"Il Poeta, Cesare, il Trionfo: una rilettura dei vv. 2-5 del papiro di Gallo"*, in *"Pap. Lup."*, 23 (2014), pp. 31-52.
13. Gallazzi C., *"Un papiro falso con un frammento di Bione, cm.6.4 x 4.3"*, in *"ZPE"*, 34 (1979), pp. 55-58.

14. Gallazzi C., *"I falsi rotoli dell'Acerbi, P. Paris 3 ter e P. Lond. Lit. 13"*, in *"ZPE"*, 112 (1996), pp. 183-188 + Taf. IX-X.
15. Gallazzi, C. e Kramer, B., *"Il P. Artemid. e i sacchi di papiro bianco di J. de M. Johnson"*, in *"Arch. Pap."*, 56, 2 (2010), pp.
16. Horak, U., *"Fälschungen auf Papyrus, Pergament, Papier und Ostraka"*, in *"Tyche"*, 6 (1991), pp. 91-98 +Tafel 4-8.
17. Messineo G. et alii, *"Il convento di San Giuliano a L'Aquila ed il suo museo"*, *Rendiconti Pontificia Acc. Rom. D'Arch.*, Vol. LXXXI, serie III (2008-2009), pp. 407-442.
18. Mistrih V., *"P. Gabriele Giamberardini"*, in *"Studia Orient. Christ. Collectanea"*, 17 (1982), pp. 1-16.
19. Quirke S., *"An Early Conservation Register of Work Undertaken on Egyptian Papyri for the British Museum, 1838-1842"*, in *"Pap. Lup."*, Vol. 3 (1994), pp. 163-186.
20. Ricciardetto, A., *"Bibliographie générale sur les faux en papyrologie"*, in *"Sep"*, 11 (2014), pp. 125-127.
21. Taylor, J. H., *"Egyptian Coffins"*, Aylesbury Bucks, England, 1989.

IL RESTAURO DEI MOSAICI DEL SITO ARCHEOLOGICO DI S. ALOE (VV)

Fabrizio Sudano*, Marianna Musella, Maria D’Andrea***, Donatella Barca******

*SABAP per la città metropolitana di Reggio Calabria e la Provincia di Vibo Valentia

**Restauratore Beni Culturali

***Archeologa, libera professionista

**** Dipartimento di Biologia Ecologia e Scienze della Terra – Università della Calabria Arcavacata (CS)

Abstract

Nell’ambito dei lavori per la realizzazione del Parco Archeologico della città di Hipponion-Valentia, sono state condotte operazioni di restauro sui tre mosaici presenti nel sito di S. Aloe – della *Nereide* (II sec. d.C.), delle *Quattro Stagioni* (II - inizi del III sec. d.C.) e del c.d. *Geometrico* (I - II sec. d.C.) – che permetteranno una loro piena fruizione (intervento eseguito dalla ditta CO.GE. S.r.l. di Crotone, appaltatrice dei lavori).

I tre manufatti presentano operazioni di restauro svolte in periodi differenti (anni ‘80 e 2000) e collegabili al rinvenimento. La diversità di intervento precedente di restauro, la chiusura degli stessi apparati musivi dopo il le operazioni conservative, attraverso l’apposizione di TNT ed argilla espansa e la loro apertura temporanea in differenti manifestazioni, hanno evidenziato, con il tempo, fenomeni di alterazione e degradazione che, al momento delle operazioni effettuate nel 2018, risultavano destabilizzanti per il sistema pavimentale.

Al fine di preservare tali manufatti e permettere una fruizione utile, contemporaneamente è stato allestito il progetto per la realizzazione delle tettoie protettive che, poggiando con plinti fuori terra, garantiscono la presenza della struttura, senza intervenire sugli strati archeologici. Durante le attività di restauro del 2018, è stata avviata una campagna diagnostica, curata dal laboratorio di Spettrometria di Massa al Plasma del DiBEST - Unical. Tali indagini archeometriche hanno permesso, grazie al prelievo di campioni non collocabili, di ottenere informazioni sulla provenienza del materiale lapideo usato per la realizzazione delle tessere e, per il vetro, informazioni collegate ai fondenti utilizzati (al fine di attribuire diagnosticamente un quadro cronologico).

Introduzione

Il quartiere di S. Aloe a Vibo Valentia, luogo dove sono presenti i pavimenti musivi oggetto di questo lavoro, si colloca nella parte pianeggiante della città moderna, quasi ai piedi dell’attuale centro storico (d’Andrea, 2005); ed, in generale, nel terrazzo dove sorse prima la colonia greca di *Hipponion*, alla fine del VII sec. a.C. e, successivamente, la romana di *Valentia*. Il sito si affaccia su una strada che ancora oggi consente l’accesso alla città e che molto probabilmente, si sovrappone alla famosa arteria romana *ab Regio ad Capuam*. Il duomo cittadino di S. Leoluca, con annessa struttura conventuale che si affaccia sull’area archeologica sottostante, segna una sorta di limite, essendo posto su una spianata, prospiciente l’area di S. Aloe; nel corso del rifacimento del piazzale antistante la chiesa, sono venute alla luce costruzioni che possono sicuramente essere messe in relazione con la contigua area archeologica sede dei mosaici, ed il battistero costruito sui resti di una domus romana. Più in alto, sempre nel corso di indagini archeologiche, è stata documentata una ingegnosa struttura riconducibile alla organizzazione delle acque piovane che avvalorava l’ipotesi di zone terrazzate in questa parte della città (Ferraro et alii, 2016). L’occasione dell’individuazione di strutture antiche a S. Aloe riconducibili alla città romana è databile ad un intervento del 1972, da parte dell’amministrazione comunale per la posa di tubazioni di un impianto fognario, che doveva servire il popoloso quartiere che si stava sviluppando velocemente in questa zona. Tuttavia, già gli scrittori locali [1], attenti e sensibili alle tracce antiche lasciate dagli antenati, avevano riferito di ritrovamenti riconducibili al periodo romano e greco della città, ma soprattutto alla colonia istituita nell’ambito della romanizzazione della Calabria. Lo storico Livio indica il 192 a.C. come data di fondazione di Valentia, anche se è probabile che la richiesta fosse stata avanzata nel 194 a.C. e le operazioni perfezionate e completate, appunto, nel 192. Ad ogni modo, è alla fine degli anni sessanta del secolo scorso, che, casualmente, viene alla luce il famoso mosaico delle *Quattro Stagioni* e, per questo motivo, l’intera area rimarrà da allora attenzionata da parte della Soprintendenza Archeologica Calabrese, per preservarne nel tempo l’integrità topografica, impedendone l’acquisto dei terreni da parte dell’amministrazione comunale intenzionata a realizzarvi edifici civili e pubblici come, ad esempio, la biblioteca comunale che doveva sorgere nell’area della cosiddetta domus di via XXV aprile e nei pressi del Liceo Classico Morelli (Rotella, 2009). Negli anni, quindi, è stato possibile, stralciare un cospicuo lembo di insediamento antico, non senza difficoltà, tenuto conto dell’appetibilità che suscitava questa parte della cittadina moderna dove, a differenza del centro storico, non vi era stata sovrapposizione con altri edifici e dove, pertanto, sarebbe stato più semplice costruire. Non a caso, nel corso degli anni, sono sorti sia edifici privati, ma anche importanti istituti scolastici come, ad esempio, il Liceo classico Morelli anche se in anni precedenti e da annoverare tra le costruzioni più antiche - e poi la scuola Media “Murmura” e l’Istituto Professionale “Prestia” negli anni sessanta - settanta del secolo scorso, i cui lavori, monitorati hanno restituito, anche di recente, importanti informazioni. Tra gli archeologi è sicuramente Ermanno A. Arslan, allora presente in città come collaboratore e consulente della Soprintendenza calabrese, ad avere contezza, per primo, della valenza storica di questi ritrovamenti e, quindi, dell’importanza di questo settore della

città romana che, a suo dire, rappresentava un unicum (Arslan, 1974), tenuto conto del fatto che come archeologo aveva operato in altri siti calabresi e conosciuto altre realtà. Proprietà del cosiddetto Orfanotrofio provinciale di Vibo Valentia, questo grande appezzamento di terreno sarà considerato dal Comune di Vibo Valentia idoneo per la realizzazione di strutture pubbliche, innescando, di fatto, un braccio di ferro con la Soprintendenza che, invece, sottrarrà un'ampia zona archeologica alla distruzione consegnandola di fatto alla fruizione.

Nel 2016, i lavori di completamento del Parco Archeologico Urbano di Vibo Valentia, a cura dell'Amministrazione comunale e della Soprintendenza Archeologica [2] che prevede il restauro delle strutture murarie e, grazie ad una loro rimodulazione, anche la messa in sicurezza di tre pavimenti mosaicati inizialmente non prevista. Si tratta di tre manufatti venuti alla luce in anni diversi. Il primo, quello detto delle *Quattro Stagioni*, è in realtà il mosaico che ha dato il via alle ricerche scientifiche e offerto le motivazioni oggettive affinché l'area venisse sottoposta a vincolo; il secondo mosaico ha visto la luce nel 1982, a dieci anni di distanza dal primo rinvenuto, appunto, nel 1972. Infatti, nel corso di una campagna di scavo, a cura della Soprintendenza archeologica Calabrese, sotto un fitto crollo di intonaci, è emerso un mosaico decorato nell'emblema centrale da una Nereide che, in groppa ad un ippocampo, solca le onde del mare, inserita in un contesto acquatico alla presenza di vari animali che vanno dai pesci di mare agli abitanti abituali di un acquitrino [3]. Infine, una terza pavimentazione è stata scavata nel 2003, durante una regolare campagna di scavo a cura sempre della Soprintendenza Calabrese [4]. I rinvenimenti di S. Aloe sono stati da sempre interpretati come facenti parte di un quartiere residenziale della città romana ed in particolare il complesso di strutture intorno al mosaico delle *Quattro Stagioni*, è stato interpretato come un impianto termale pubblico, una palestra del quale il mosaico faceva parte insieme ad altri ambienti (Gasperetti, 1989).

Intervento di restauro

I mosaici del sito archeologico urbano di S. Aloe presentano dei caratteri attribuibili a forme di alterazione e degradazione che si differenziano in base alle metodologie conservative applicate nei precedenti interventi. In particolare è possibile distinguere le operazioni effettuate sui piani pavimentali della *Nereide* e delle *Quattro Stagioni* e l'intervento che ha interessato il mosaico *Geometrico*. La differenza è da attribuire prevalentemente alle metodologie di intervento che, eseguite in diversi anni (da collegare strettamente agli anni dei rinvenimenti), risultano essere distinte e con problematiche conservative postume, ben diverse tra loro. Il mosaico della *Nereide* e quello delle *Quattro Stagioni*, hanno subito un intervento che ha previsto lo stacco delle tessere, il trasporto in laboratorio e l'applicazione delle stesse su un nuovo supporto in cemento. La collocazione *in situ* è avvenuta in modo da ripristinare quella che doveva essere l'originaria visione del piano pavimentale negli ambienti originali. Il mosaico *Geometrico*, è stato restaurato sul posto con operazioni che non hanno previsto lo stacco ma il trattamento delle depressioni e dei dissesti attraverso fasi di consolidamento (Harrys Reyes – Miranda, 2009).

In tutti i mosaici, le integrazioni sono state effettuate utilizzando delle malte addizionate con inerti di granulometria media e differente, modulati cromaticamente al fine di ottenere un neutro esteticamente utile alla fruizione. Nella considerazione che le lacune in alcuni casi risultavano invasive e con perdita dei motivi decorativi originari non ripristinabili, la scelta di intervenire con un 'neutro' è risultata una decisione valutata in modo congruo. In particolare, l'esempio del mosaico delle *Quattro Stagioni* dove la lacuna è evidente e comprende quasi il 40% del piano pavimentale, riscontrabile in modo uniforme a dimostrazione di una perdita unica delle tessere, il 'neutro' utilizzato, ha riportato l'elaborazione del motivo decorativo principale a carattere modulare, con una leggera variazione di colori degli inerti e con una variazione dei piani dei livelli dell'integrazione. In tal modo, la continuità decorativa di base è stata ripristinata senza intervenire nell'interpretazione di una lacuna caratterizzante la decorazione nella sua interezza.

Le problematiche conservative maggiori si sono innescate in modo continuo e degradante, dal momento in cui gli stessi mosaici hanno subito fasi di apertura e di chiusura con inevitabile seppellimento degli stessi (con TNT ed argilla espansa). In tali occasioni i fenomeni degenerativi, che in un certo senso si erano stabilizzati dopo l'ultima chiusura, venivano nuovamente innescati provocando in particolare il distacco progressivo di altre tessere. Per tale ragione, ed al fine di permettere la valorizzazione e conoscenza di tali manufatti, nel 2016 è iniziata una campagna di restauro che ha interessato inizialmente le aree del sito archeologico (paramenti murari ed ambienti interni) per intervenire successivamente, previa una dettagliata analisi delle problematiche conservative relative ai mosaici, alla redazione di un progetto esecutivo di restauro valutato in riferimento allo stato conservativo analizzato. Sia nelle analisi del 2016, che in quelle del 2018, lo stato di conservazione di tutti e tre i piani pavimentali era il seguente: piante superiori di differenti specie di varia dimensione caratterizzavano uno dei fenomeni maggiormente invasivi di degrado, depositi superficiali di differente natura, distacco delle tessere, lacune estese, dissesto dello strato superiore della malta di allettamento per i due mosaici staccati (a carattere cementizio), fenomeni di fioritura di sali, rigonfiamenti. L'intervento conservativo del 2018 ha ristabilito la staticità dei piani pavimentali e ripristinato in anastilos, dove possibile, le lacune che ad inizio intervento, erano rilevabili attraverso la presenza di integrazioni a 'neutro' in stato di collasso.

Il restauro ha previsto le operazioni succitate ed in particolare la loro esecuzione è stata la seguente.

- *Pulitura delle superfici.* Al momento della nuova apertura dei piani mosaicati, la rimozione delle piante superiori che invadendo la superficie avevano penetrato sia lo strato di argilla espansa e deposito incoerente che il TNT, è avvenuta previa rasatura delle stesse prima della rimozione del tessuto. Il taglio degli apparati radicali è stato effettuato con ausilio di bisturi dove le radici si presentavano di piccola entità, con utilizzo di forbici da potatura in presenza di apparati radicali di maggiori dimensioni. L'operazione è stata effettuata facendo attenzione a mantenere la planarità della superficie tassellata al di sotto del TNT attraverso una pressione localizzata in modo da non provocare ulteriori dissesti con il taglio degli elementi vegetali. La successiva operazione è stata la rimozione controllata del TNT e la spolveratura delle superfici; l'intervento è stato effettuato con utilizzo di pennelli a setola morbida. In tale occasione è stato possibile valutare lo stato di conservazione 'aggiornato' dei piani pavimentali. Nei mosaici della *Nereide* e delle *Quattro Stagioni*, il distacco delle tessere era valutabile in alte percentuali: le radici erano penetrate tra il piano di cemento e le tessere dei mosaici. Nel mosaico *Geometrico*, i distacchi maggiori attribuibili alla penetrazione di apparati radicali, erano individuabili prevalentemente nelle zone perimetrali e circoscritti nelle porzioni centrali dove erano presenti piante superiori di maggiori dimensioni. Tutti i mosaici presentavano depositi trasportati al di sotto del tessuto per dilavamento. La successiva operazione è stato un lavaggio della superficie con Biotin T.

La pulitura meccanica e chimica delle superfici (sono stati effettuati dei lavaggi localizzati con EDTA bisodico al fine di rimuovere i depositi mediamente aderenti), ha permesso di ottenere un buon risultato di rimozione dei differenti depositi, consentendo anche di valutare in modo puntuale, la presenza di differenti cromie a carico delle decorazioni in particolare nel momento di ricollocazione delle tessere e di integrazione.

In presenza di apparati radicali, le operazioni di rimozione sono avvenute con utilizzo di specilli; quando gli elementi vegetali si presentavano di dimensioni maggiori e penetrati in profondità, sono state effettuate delle iniezioni di biocida al fine di inibire l'apparato radicale e rimuoverlo con specilli.

- *Mappatura.* A causa dell'alto numero di tessere distaccate, ed al fine di ottenere una documentazione fedele dell'intervento effettuato, è stata realizzata una mappatura grafica di tutti i mosaici. Tale strumento ha permesso, nelle operazioni successive di ripristino degli elementi distaccati, una ricollocazione degli stessi senza interferire su quella che era la collocazione originaria. In particolare nei mosaici della *Nereide* e delle *Quattro Stagioni* tale intervento è risultato maggiormente agevolato dalla presenza dell'impronta, in negativo, delle tessere sul piano in cemento realizzato durante le operazioni di restauro al momento del rinvenimento. Questo particolare, fondamentale, ha permesso di riposizionare senza margine di errore, le tessere: nella considerazione che ogni elemento è unico per spessore, dimensioni e inclinazione dei piani, la presenza della loro impronta ha consentito un veloce ripristino degli elementi distaccati.

- *Preconsolidamento e Consolidamento.* A causa delle problematiche collegate al distacco delle tessere ed al fine di riacquistare la planarità della superficie, previa rimozione degli apparati radicali, sono state effettuate delle garzature. In tal modo le tessere in sede, ma distaccate, sono state fissate con le successive fasi di consolidamento attraverso iniezioni di emulsioni acriliche ed in casi in cui erano presenti dei vuoti sottostanti, è stata utilizzata malta da iniezione caricata con emulsione acrilica a bassa percentuale. Le tessere che si presentavano totalmente staccate, sono state ricomposte seguendo l'orientamento delle stesse e fissate alle superfici attraverso dei preparati di malte addizionate a pigmenti [6]. La malta utilizzata nelle iniezioni, è stata utilizzata anche in presenza di microlesioni. Nel mosaico delle *Quattro Stagioni*, analizzata la lesione presente nell'integrazione di cemento, sono state effettuate delle forature a cerniera per permettere l'inserimento di barre da 4 mm di fibra di vetro siringate con resina epossidica liquida, in modo da fissare la lesione.

- *Integrazione.* Le tessere che si presentavano distaccate e delocalizzate, sono state collocate seguendo la mappatura (con numerazione progressiva delle lacune) per ogni singolo mosaico. Al momento della ricollocazione, in base alle caratteristiche della lacuna, è stato utilizzato un duplice metodo di applicazione previa prova degli elementi distaccati: il primo ha previsto la collocazione delle tessere dopo aver applicato uno strato di malta pigmentata in polvere, posizionando gli elementi e dopo battitura, bagnando con acqua ed una bassa percentuale di emulsione acrilica. Il secondo metodo ha previsto l'applicazione delle tessere su un impasto di malta pigmentata ed emulsione acrilica a bassa percentuale e seguita da battitura dopo l'applicazione degli elementi al fine di ristabilire la planarità. L'integrazione delle tessere in anastilos ha previsto gli stessi metodi di applicazione. In questo caso le tessere utilizzate sono state quelle che nelle precedenti aperture dei mosaici, la stessa Soprintendenza ha prelevato e conservato nei depositi. La collocazione è avvenuta previa selezione cromatica, analisi delle foto storiche di scavo ed analisi dell'impronta al negativo nel piano di cemento.

In tutti i mosaici sono stati realizzati dei cordoli di contenimento sottolivello sul perimetrale al fine di garantire una maggiore conservazione delle tessere. La realizzazione dei piani è stata effettuata mantenendo un'inclinazione utile al fine di permettere un ipotetico deflusso delle acque piovane verso l'esterno dei pavimenti.

- *Protezione finale.* Il trattamento finale è stato effettuato applicando un leggero strato di resina acrilica a bassa percentuale (3%). È stato inoltre applicato un trattamento finale di biocida al fine di prevenire la formazione di attacchi infestanti.



Figura 1 - 2. Mosaico delle *Quattro Stagioni* e della *Nereide* prima del restauro. Documentazione fotografica del 2016.



Figura 3 - 5. Mosaico delle *Quattro Stagioni*. Operazioni di restauro 2018: particolari. Dopo aver rimosso l'argilla espansa, è possibile osservare la presenza di elementi vegetali che hanno forato il TNT e sono penetrati sotto le tessere. La seconda figura mostra come gli apparati radicali abbiano lasciato l'impronta al negativo del piano mosaicato. La terza figura mostra un saggio di pulitura ed i gruppi di tessere che sono stati distaccati dalle radici.



Figura 6 - 8. Mosaico della *Nereide*. Operazioni di restauro 2018: particolari. Nelle prime due figure è possibile osservare il distacco di un'integrazione effettuata nel precedente intervento di restauro. La rimozione è avvenuta semplicemente in quanto erano presenti delle radici tra l'integrazione stessa ed il piano di appoggio del mosaico. La terza foto mostra il particolare della fase della mappatura con numerazione progressiva.



Figura 9 - 11. Mosaici delle *Quattro Stagioni*, *Nereide*, e *Geometrico* dopo l'intervento di restauro del 2018.

Indagini diagnostiche

Durante la campagna di restauro condotta nel 2018 è stato effettuato il campionamento di un numero rappresentativo di tessere vitree e lapidee cercando di comprendere sia le diverse tipologie di lapideo sia le diverse tonalità di colore delle tessere vitree. Tutti i campioni prelevati sono tessere originali rinvenute in modo erratico durante lo scavo e non riutilizzabili durante il restauro. Tutte le tessere sono state etichettate usando

come prima lettera “N” per il mosaico della Nereide, “G” per il mosaico Geometrico e “QS” per il mosaico delle Quattro Stagioni. In questa prima fase della ricerca lo studio è stato concentrato preliminarmente sulle tessere prelevate dai mosaici della Nereide e Geometrico il cui elenco è riportato in Tabella 1. Al fine di ottenere informazioni sui materiali costituenti, le tessere sono state sottoposte a una caratterizzazione petrografica (tessere lapidee) e geochimica (tessere vitree). Lo scopo principale è stato quello di determinare la natura petrografica e/o la possibile origine geologica delle tessere lapidee, mentre, le tessere vitree sono state analizzate per determinarne la composizione al fine di comprendere la tecnica di produzione. Lo studio petrografico sulle tessere lapidee è stato condotto mediante microscopia ottica polarizzante su sezioni sottili lucide utilizzando un microscopio ottico Zeiss Axiolab.

Lo studio geochimico delle tessere vitree è stato condotto utilizzando due diverse tecniche microanalitiche la microsonda elettronica con associata microanalisi (EMPA/EDS) è stata utilizzata per determinare le concentrazioni degli elementi maggiori, la Spettrometria di Massa al Plasma associata all'Ablazione Laser (LA-ICP-MS) è stata utilizzata per determinare le concentrazioni degli elementi di traccia e delle terre rare (REE).

Per quanto concerne le analisi in microsonda l'EMPA/EDS (modello JEOL-JXA 8230, dotato di cinque spettrometri) è stata utilizzata nelle seguenti condizioni operative per l'acquisizione dell'immagine: 15 kV, corrente sonda a 1 nA e rivelatore a stato solido (SSD), rivelatore Everhart Thornley (SE).

Le analisi LA-ICP-MS sono state eseguite utilizzando uno spettrometro modello Elan DRCe (Perkin Elmer/SCIEX), collegato a una sonda laser New Wave UP213 Nd-YAG (213 nm).

Prima di procedere con le analisi le tessere vitree sono state lucidate con pannetti diamantati e successivamente tre/quattro campioni sono stati fissati su vetrini, con il lato fresco rivolto verso l'alto. In questo lavoro, l'ablazione è stata eseguita con spot di 50 micron, producendo dei fori quasi invisibili a occhio nudo. Tutte le procedure per l'acquisizione dei dati sono state quelle normalmente utilizzate nel Laboratorio di Spettroscopia di Massa al Plasma del Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra dell'Università della Calabria (Italia) (Barca et al., 2009, 2011, 2016). Inoltre, per valutare la bontà del dato analitico in ogni sequenza analitica è stata eseguita l'analisi del vetro basaltico BCR 2G (*Basalt Columbia River*) certificato dalla *United States Geological Survey* (USGS), e sulle concentrazioni ottenute è stata calcolata l'accuratezza per confronto con i valori di riferimento della letteratura (Gao et al., 2002; Pearce et al., 1997).

1.1 Studio petrografico. Lo studio condotto al microscopio ottico da mineralogia ha permesso di classificare le tessere lapidee sulla base delle caratteristiche petrografiche.

- *Tessere nere.* La maggior parte delle tessere nere analizzate sono costituite da una roccia magmatica effusiva a grana fine con tessitura porfirica caratterizzata da rari fenocristalli di plagioclasio e pirosseno immersi in una pasta di fondo da microcristallina a vetrosa. Nei microcristalli in pasta di fondo, insieme a plagioclasio e pirosseni sono ben riconoscibili anche microliti di olivina e ossidi (Figura12a).

Lo studio microscopico permette di classificare le tessere nere come basalto o andesite – basaltica.

Le altre due tessere nere NN3 e NN4 sono rocce calcaree. In particolare si tratta di un calcare micritico fine con rari gusci di foraminiferi e spesso intensamente fratturato (Figura12b).

- *Tessere bianche.* Tre delle quattro tessere bianche sono calcari oolitici costituiti da grani di oodi micritici di colore brunoastri immersi in un cemento sparitico (Figura12c). La quarta tessera bianca è un marmo (Figura 12d). L'analisi petrografica indica che il campione è caratterizzato da calcite a grana fine (MGS compresa tra 0,6 e 0,8 mm), con bordi da retti a curvilinei. La tessitura è generalmente eteroblastica (Figura12d). Considerando la dimensione massima dei cristalli di calcite (*Maximum Grain Size*: MGS) (Figura 13) il campione rientra nelle aree Carrara, Docimium (Afyon) e Pentelicon (Attanasio et al., 2000 e Belfiore et al., 2016 Gorgoni et al., 2002). Tuttavia considerando che il marmo di Carrara mostra una tessitura omeoblastica di tipo “a mosaico”, con cristalli da piccoli a molto piccoli, caratterizzati da contatti con frequenti punti tripli a 120°, possiamo escludere la provenienza Carrara.

1.2 Studio geochimico.

1.2.1 Tessere lapidee - Tessere bianche. Il marmo NB4 è stato analizzato mediante EMPA/EDS. I risultati hanno permesso l'identificazione dei minerali accessori, che sono spesso piccoli, sporadici e difficili da riconoscere tramite il microscopio ottico. L'analisi EMPA indica che la calcite è la fase mineralogica principale, mentre muscovite, quarzo apatite, ossido di Ti e pirite sono presenti come minerali accessori. Questi cristalli sono arrotondati e molto piccoli, con dimensioni comprese tra 10 e 40 µm. Considerando che la tessitura del marmo NB4 esclude una provenienza dalla cava di Carrara, i minerali accessori consentono di discriminare tra le restanti due possibili provenienze Docimium (Afyon) e Pentelicon, individuate utilizzando il MGS. La sorgente Docimium (Afyon) è caratterizzata dalla presenza di apatite, ossido di ferro, clorite, caolinite, pirofillite, muscovite e dolomite (Capedri & Venturelli 2004). Al contrario, quarzo; apatite; pirite; muscovite ossidi di Ti, Fe, Mn, Cr, clorite e subordinata dolomite sono i minerali accessori tipici della sorgente di Pentelicon (Capedri & Venturelli 2004). Pertanto, sulla base dei minerali accessori rinvenuti nel nostro campione tramite EMPA, possiamo escludere la sorgente Docimium e ipotizzare che la tessera di marmo NB4 provenga dall'area greca di Pentelicon.

1.2.2 Tessere vitree - Lo studio geochimico è stato condotto su 12 tessere di vetro di cui 10 prelevate dal Mosaico della *Nereide* e 2 da quello *Geometrico*. Il contenuto degli elementi maggiori è stato ottenuto tramite EMPA/EDS. Tutti i campioni analizzati sono vetri sodico-calcici e mostrano un contenuto di SiO_2 compreso tra 68 e 74% in peso, Na_2O tra 13 e 19% in peso e CaO tra 4 e 8% in peso. I contenuti di Al_2O_3 variano tra 1,9 e 3,1% in peso. I livelli di CaO e Al_2O_3 corrispondono approssimativamente a quelli tipici del vetro romano, suggerendo l'uso di sabbie contenenti feldspato come impurità e, di conseguenza, l'uso di una fonte di silice comune (Freestone, 1994). MgO , K_2O e FeO sono inferiori all'1,5% in peso con l'eccezione del campione N_V4 che mostra un contenuto di K_2O del 3,33% in peso e G-BI con K_2O dell'1,55% in peso e FeO con 1,84% in peso. I bassi contenuti di MgO e K_2O (Figura 14a) suggeriscono che tutti i campioni studiati sono stati prodotti secondo la tecnologia tipica dei vetri di produzione romana, utilizzando come fondente il natron, un sale sodico di origine evaporitica proveniente dall'alto Egitto (Silvestri, 2008; Silvestri et al., 2005; 2008). La presenza di Cl (ClO variabile da 2,71 a 1,08% in peso) e SO_3 (0,12-0,4% in peso) è riconducibile al natron che contiene NaCl e Na_2SO_4 come contaminanti (Shortland, 2004). I dati sono stati plottati sul diagramma triangolare $\text{CaO-Na}_2\text{O}-(\text{K}_2\text{O}+\text{MgO})$ (Figura 14b), in cui sono riportati i quattro campi dei principali gruppi storici di vetri, secondo Hellemans et al. (2019), tutte le tessere dei due mosaici studiati ricadono nel campo 1, ovvero vetri della tipologia “silica-soda-lime” caratterizzati da un alto contenuto di Na_2O e un basso contenuto di K_2O e MgO .

Solo il campione NV4, come evidenziato nel diagramma $\text{MgO vs K}_2\text{O}$ (Figura 14a) mostra contenuti leggermente più elevati in K_2O e MgO e si discosta dal “gruppo 1” di Hellemans et al. (2019).

I due grafici confermano che le tessere vitree mostrano un contenuto in elementi maggiori che ci permettono di ricondurle a un periodo temporale che va dal I millennio a.C. al I millennio d.C.

Tuttavia vale la pena ricordare che nel periodo “Romano” esistevano diversi centri di produzione. Studi precedenti (Freestone, 2005), infatti, hanno dimostrato che le diverse concentrazioni di Na_2O e SiO_2 da sole non consentono di risalire alla tipologia di sabbia utilizzata come materia prima. Al contrario, i contenuti di CaO e Al_2O_3 che sono direttamente correlati alle quantità di feldspati e calcite-aragonite presenti nella sabbia, riflettono sia le eventuali variazioni composizionali sia le differenti proporzioni delle materie prime utilizzate nei diversi centri di produzione. Sulla base delle diverse concentrazioni degli elementi maggiori, Freestone (2005) ha riconosciuto ben 5 tipi di vetri distinti in: Levantino I, Levantino II, Egiziano, Romano blu-verde, HIMT [caratterizzati da alti (H) contenuti in Ferro (I), Manganese (M) e Titanio (T)].

Se si confrontano i dati relativi alle tessere studiate con i valori medi delle 5 tipologie proposte da Freestone (2005) si nota che le tessere studiate sono geochimicamente simili alla tipologia “Romano blu-verde”. Infatti, al contrario dei vetri HIMT, i campioni mostrano bassi contenuti di FeO e MnO , che risultano sempre inferiori all'1 wt % e contenuti di CaO e Al_2O_3 rispettivamente attorno al 6 wt% e al 2,4 wt%.

Infine appare interessante evidenziare che solo le tessere azzurre NA1 e NA3 mostrano contenuti di Pb inferiori ai 1000 ppm attestandosi attorno ai 100-200 ppm. Tutte le altre tessere mostrano contenuti in Pb superiori ai 1000 ppm e raggiungono spesso valori elevati, rilevabili anche tramite EMPA/EDS, come ad esempio si osserva nella tessera gialla del mosaico della *Nereide* in cui il contenuto di PbO oscilla tra 7.4-8.4 wt%.

Le concentrazioni degli elementi in tracce delle terre rare, sono state ottenute utilizzando la tecnica LA-ICP-MS. I contenuti di Sr, Zr e Ba sono correlati al tipo di sabbia utilizzata per la produzione del vetro. Generalmente, un basso contenuto di zirconio e un alto contenuto di stronzio indicano l'utilizzo di sabbia costiera mediterranea (Silvestri 2008). Inoltre, poiché il bario entra nella struttura dei feldspati alcalini come vicariante del potassio, l'alto contenuto di bario è correlabile alla presenza di feldspati alcalini nella sabbia (Silvestri et al., 2008). Tutti i campioni di vetro mostrano bassi valori di zirconio (da 26 a 60 ppm), alti contenuti di stronzio (da 282 a 486 ppm) e bario che varia da 138 a 270 ppm, suggerendo che per la loro produzione è stata utilizzata una sabbia contenente diverse quantità di feldspati alcalini.

I colori delle tessere vitree identificati sono blu, azzurro, verde e giallo (Tabella 1); i diversi colori e le loro sfumature sono dovuti all'introduzione di metalli di transizione nella matrice vetrosa, a volte combinati tra loro, in varie concentrazioni e stati di ossidazione. Nelle 12 tessere studiate, i colori del vetro sono strettamente correlati alle concentrazioni dei coloranti. I due principali ioni coloranti identificati sono rame e cobalto.

Il rame è il principale agente colorante dei vetri verdi, infatti esso è presente in grandi quantità sia nelle tessere del mosaico della *Nereide* che nella tessera verde del mosaico *Geometrico* che mostra un valore massimo di 17189 ppm). Le tessere blu mostrano un alto valore sia di cobalto che di rame. Le maggiori concentrazioni sono state misurate nella tessera blu del mosaico *Geometrico* (G-BI, Co = 2024 ppm e Cu = 2293). Analogamente, le tessere azzurre del mosaico della *Nereide* mostrano alti valori di cobalto e rame, in particolare, i maggiori contenuti sono stati misurati nel campione NA4 (Co = 189 ppm e Cu = 2548 ppm).

I valori misurati di Sn e Cu evidenziano una stretta correlazione tra i due elementi che potrebbe suggerire un'aggiunta intenzionale di bronzo nella “fritta” al fine di impartire la colorazione voluta al vetro come già suggerito in altri casi studio (Hellemans et al. 2019). Si discostano tuttavia dal trend i due campioni NA1 e NA4. Gli elevati contenuti di antimonio nelle tessere opache di tonalità azzurra-blu sono probabilmente correlabili alla presenza di cristalli di antimoniato di calcio $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$. Precedenti lavori (Barca et al. 2016; Hellemans et al. 2019; Verità et al. 2017) indicano che, in epoca romana, era prassi comune opacizzare le tessere colorate con tale

minerale. Tale ipotesi trova conferma nello studio effettuato in EMPA/EDS che ha evidenziato la presenza di cristalli micrometrici di ossido di antimonio dispersi nella matrice vetrosa.

Infine la tessera gialla NG mostra elevati contenuti di Pb rilevato in EMPA/EDS con wt% in PbO compreso tra 7,4 e 8, 4 wt%. Tali elevate concentrazioni possono essere attribuite alla presenza di cristalli di antimonato di piombo $Pb_3(SbO_4)_2$ dispersi nella matrice vetrosa.

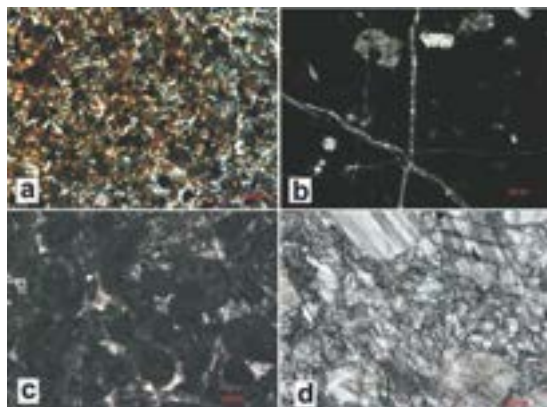


Figura 12. Microfoto al microscopio ottico da mineralogia.

A) tessera nera: basalto (nicols incrociati), B) tessera nera calcare (solopolarizzatore), C) tessera bianca calcare oolitico (solopolarizzatore), D) tessera bianca marmo (nicols incrociati).

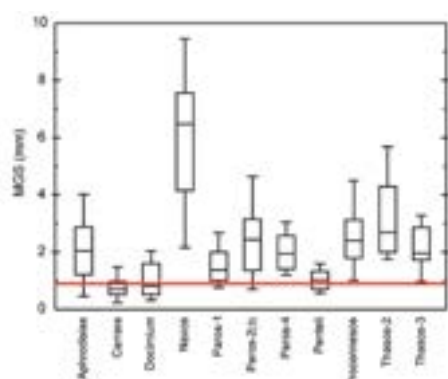


Figura 13 Confronto tra il valore del MGS misurato nel campione NB4 e i valori del MGS dei principali marmi bianchi noti in letteratura (Attanasio et al., 2000; Belfiore et al., 2016; Gorgoni et al., 2002).

Conclusioni

Gli interventi di scavo condotti in maniera discontinua negli ultimi cinquant’anni in questa importante area della città romana associati alle scarse risorse economiche destinate sia dal Ministero che dal Comune di Vibo proprietario quest’ultimo del sito, non hanno permesso negli anni scorsi una fruizione regolare dell’area archeologica. I lavori per il completamento del Parco Archeologico urbano cittadino, partiti nel 2016, hanno risvegliato la passione per l’archeologia vibonese ed in particolare per l’area di S. Aloe dove la presenza dei mosaici ha stimolato l’immaginario collettivo, considerando la bellezza dei tre pavimenti che attirano la curiosità di residenti e turisti ed inorgoliscono i cittadini in una ritrovata e rinnovata ricerca delle proprie radici e dell’identità culturale, per una reale valorizzazione di tutto il Parco archeologico urbano.

Gli studi scientifici sui tre manufatti consentono, invece, grazie alla collaborazione interdisciplinare e multidisciplinare di conoscere aspetti non ancora analizzati.

Le problematiche riscontrate nelle operazioni di restauro, in particolare per i due pavimenti che sono stati oggetto di interventi più lontani, risultano essere ancora oggi motivo di analisi e studio. Le dinamiche di alterazione e degrado a carattere tradizionale che possono essere considerate plausibili e controllabili in un sito complesso come quello di S. Aloe, si amplificano secondo un andamento non tradizionale in presenza di interventi storicizzati. L’utilizzo di materiali differenti e il necessario intervento di restauro anche di tali elementi, risultano essere il momento fondamentale e consapevole di un’operazione volta al mantenimento sia dell’originale che dell’intervento che ha permesso la sua conservazione a tutt’oggi.

Nella consapevolezza che le operazioni ed i materiali di restauro saranno nel futuro oggetto di intervento conservativo in quanto il loro deterioramento naturale caratterizza i materiali stessi, la conoscenza di metodi e

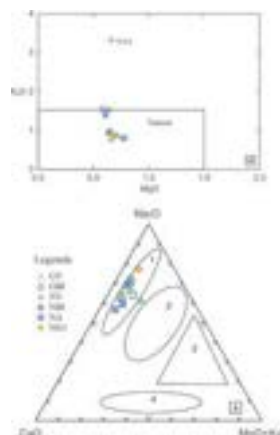


Figura 14. a) Diagramma binario K_2O vs MgO . b) Diagramma ternario $CaO-Na_2O-K_2O+MgO$. Nel diagramma sono riportate le diverse tipologie di vetro individuate da Hellemans et al. (2019): (1) vetro “silica-soda-lime” tipico del primo millennio a.C. – primo millennio d.C.; (2) vetro “silica-soda-lime” del periodo medievale; (3) vetri ad alcali misti del periodo medievale; (4) vetri potassici del periodo medievale. Le tessere vitree studiate nel presente lavoro di tesi ricadono nel “campo 1” del diagramma ad eccezione delle analisi eseguite sulla tessera verde NV4.

Provenienza	Mosaico Tesele										Mosaico Geometrico	
Tessera Verde	SA ₁	SA ₂	SA ₃	SA ₄	SA ₅	SA ₆	SA ₇	SA ₈	SA ₉	SA ₁₀	SA ₁₁	SA ₁₂
Colore	Azzurro	Azzurro	Azzurro	Azzurro	Azzurro	Blu	Giallo	Verde	Verde	Verde	Verde	Blu

Provenienza	Mosaico Tesele										Mosaico Geometrico	
Tessera Lapidee	SA ₁	SA ₂	SA ₃	SA ₄	SA ₅	SA ₆	SA ₇	SA ₈	SA ₉	SA ₁₀	SA ₁₁	SA ₁₂
Colore	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco
Tessera	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore	Colore

Tabella 1. Elenco delle tessere vitree e lapidee campionate nei Mosaici della *Nereide* e *Geometrico* del Quartiere S. Aloe in Vibo Valentia (Calabria).

analisi di interventi storicizzati rientra in quella che è da considerare una pratica utile. Tale comprensione è fondamentale al fine di includere quelle che sono le dinamiche di alterazione e degradazione di materiali differenti che attualmente non rientrano nelle scelte delle attuali operazioni di conservazione.

NOTE

- [1] Capialdi 1659, Bisogni 1710; Capialdi 1832; Marzano 1883, Gagliardi, ispettore onorario a Monteleone nei primi anni del secolo scorso, riferì di ritrovamenti nel corso del costruendo edificio per il liceo Classico Morelli cfr. a questo proposito Iannelli – Givigliano 1989, pp. 627 – 681.
- [2] Per una ricostruzione delle vicende in tal senso, cfr. Rotella 2009, pp. 168 – 177.
- [3] Faedo 1994, p. 595 ss. Per la prima volta vengono descritte in maniera dettagliata le scene rappresentate sul mosaico delle *Quattro stagioni* e su quello della *Nereide su Ippocampo*. Per quello c.d. *Geometrico* venuto alla luce più di recente, per la descrizione cfr. Harrys Reyes - Miranda 2009, p. 168 ss.
- [4] Lo scavo del mosaico geometrico avvenuto nel 2003; è stato restaurato per la prima volta nel 2008. A differenza degli altri due che sono stati staccati, restaurati in laboratorio e riposizionati successivamente in situ, su questo pavimento si è intervenuti direttamente sul posto. Cfr. Harrys Reyes – Miranda, pp. 178 – 191.
- [5] Per le malte utilizzate nelle fasi di collocazione delle tessere e nelle successive operazioni di anastilosi, sono stati realizzati dei campioni di colore differente al fine di stabilire, per ogni mosaico, la preparazione utile cromaticamente. La scelta di una malta di colore simile a quella già presente, è da collegare alla volontà di non creare dei contrasti cromatici con il fondo. Per gli interventi di ricollocazione ed anastilosi, si rimanda alle mappature realizzate.

BIBLIOGRAFIA

1. ARSLAN E.A. (1972). *Scavi e scoperte a Vibo Valentia*, Magna Graecia, VII, 1972, 3 - 4, pp. 12 - 13
2. ARSLAN E.A. (1973). *La ricerca archeologica nel Bruzio*, in *Brettii, Greci e Romani*, Atti del V Congresso Storico Calabrese (Cosenza, Vibo Valentia, Reggio Calabria, 28 - 31 ottobre 1973), Roma, pp. 271 - 301.
3. ATTANASIO D., ARMIENTO G., BRILLI M., EMANUELE M.C., PLATANIA R., TURI B. (2000) Multimethod marble provenance determinations: the Carrara marbles as a case study for the combined use of isotopic, electron spin resonance and petrographic data. *Archaeometry*, 42: 257 – 272.
4. BARCA D., ABATE M., CRISCI G.M., DE PRESBITERIS D. (2009). Post-Medieval glass from the castle of Cosenza, Italy: chemical characterization by LA-ICP-MS and SEM-EDS. *Per. Min.* (ISSN: 0369-8963) 78 (2): 49–64, <http://dx.doi.org/10.2451/2009PM0008>.
5. BARCA D., BASSO E., BERSANI D., GALLI G., INVERNIZZI C., LA RUSSA M.F., LOTTICI P.P., MALAGODI M., RUFFOLO S.A. (2016). Vitreous tesserae from the calidarium mosaics of the Villa dei Quintili, Rome. *Chemical composition and production technology. Microchemical Journal* 124: 726 – 735.
6. BARCA D., LUCARINI G., FEDELE F. (2012). Provenance of obsidian artefacts from the Wādī ATH-THAYYILAH 3 Neolithic site (eastern Yemen plateau) by LA-ICP-MS. *Archaeometry* 54 (4): 603–622, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-4754.2011.00643.x>.
7. BELFIORE M.C., RICCA M., LA RUSSA M.F., RUFFOLO S.A., GALLI G., BARCA D., MALAGODI M., VALLEFUOCO M., SPROVIERI M., PEZZINO A. (2016). Provenance study of building and statuary marbles from the Roman archaeological site of “Villa dei Quintili” (Rome, Italy). *Ital. J. Geosci.* 135 (2): 236 - 249.
8. BISOGNI J. (1710). *Hipponii seu Vibonis Valentiae, vel Montisleonis, Ausoniae Civitatis accurata Historia in tres libros divisa*, Napoli.
9. CAPEDE S., VENTURELLI G. (2004). Accessory minerals as tracers in the provenancing of archaeological marbles, used in combination with isotopic and petrographic data. *Archaeometry* 46: 517 – 536.
10. CAPIALDI G. (1659). *Originis, situ, nobilitatis Civitatis Montisleonis Geographica Historia eiusdem Civitatis*, Napoli.
11. CAPIALDI V. (1832). *Cenno sulle mura d’Ipponio*. Vi si aggiunge il *Giornale degli scavi di Montelione*, Estratto dalle “Memorie dell’Istituto di Corrispondenza Archeologica” I, 2, pp. 157 - 193.
12. D’ANDREA M. (2005). *Vibo Valentia: via S. Aloe, via S. Aloj o via Sebastiano Aloe? Note di toponomastica moderna, topografia antica, archeologia*, in Rogerius, VIII, 1, pp. 87 – 95.
13. FAEDO L. (1994). *Aspetti della cultura figurativa in età romana*, in S. Settis (a cura di) *Storia della Calabria II. Età Italica e romana*, Roma – Reggio Calabria, pp. 595 - 652.
14. FERRARO G., IANNELLI M.T., ROTELLA A.M. (2016). *Regimentazione idraulica a Hipponion/Valentia*, in *Tecnica idraulica antica - Atti del convegno Nazionale*, Roma, pp. 87 – 92.
15. FREESTONE I.C. (1994). Chemical analysis of “raw” glass fragments, in: H.R. Hurst (Ed.), *Excavation of Chartage, The Circular Harbour*, vol. II, Oxford University Press, North Side.
16. FREESTONE I.C. (2005). The Provenance of Ancient Glass through Compositional Analysis. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* Vol. 852 in Materials Research Society. 008.1.1-008.1.14.

17. GAO S., LIU X., YUAN H., HATTENDORF B., GUNTHER D., CHEN L., HU S. (2002). Determination of forty-two major and trace elements in USGS and NIST SRM glasses by laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry, *Geostandards Newsletter: The Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 26:181 – 96.
18. GASPERETTI G. (1989). *Considerazioni sulla ceramica romana di Vibo Valentia*, in *Giornate di studio su Hipponion-Vibo Valentia*, in “AnnPisa” s. III, XIX, 2, pp. 845 - 861.
19. GORGONI C., LAZZARINI L., PALLANTE P., TURI B. (2002). An updated and detailed mineropetrographic and C-O stable isotopic reference database for the main Mediterranean marbles used in antiquity. In “Fifth International Conference of the Association for the Study of Marble and Other Stones in Antiquity”, ed., J. J. Herrmann, N. Herz and R. Newman, London, 1 – 25.
20. HARRYS REYES F.A., MIRANDA L. (2009). *Il restauro di due mosaici pavimentali nel parco archeologico di S. Aloe a Vibo Valentia*, in *Esperide*, nn. 3 – 4, pp. 178 – 191.
21. HELLEMANS K., CAGNO S., BOGANAA L., JANSSENS K., MENDERA M. (2019). LA-ICP-MS labels early medieval Tuscan finds from Siena and Donoratico s late natron glass. *Journal of Archaeological Science: Reports* 23: 844 – 853. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.12.002>.
22. IANNELLI M.T., GIVIGLIANO G.P. (1989). *Hipponion-Vibo Valentia: la topografia (carta archeologica)*, “AnnPisa”, serie III, vol. XIX, 2, Pisa, pp. 627 – 681.
23. MARZANO G.B. (1887). *Notizie degli scavi eseguiti dal 1861 al 1886 nel Montelionese. Necropoli ipponiate e Villa Gelonia. Iscrizioni e bolli inediti*, Palmi, II, pp. 44 – 68.
24. PEARCE N.J.G., PERKINS W.T., WESTGATE J.A., GORTON M.T., JACKSON S.E., NEAL C.R., CHENERY S.P. (1997). A compilation of new and published major and trace element data for NIST SRM 610 and SRM 612 glass reference materials. *Geostand Newslett* XXI: 114 – 115.
25. ROTELLA A.M. (2009). *Il parco archeologico in località S.Aloe a Vibo Valentia: problematiche di tutela e di fruizione tra nuove scoperte e vecchi scavi*, in *Esperide* III - IV, anno II, pp. 168 - 177.
26. SHORTLAND A.J. (2004). Evaporites of the Wadi Natrun: seasonal and annual variation and its implication for ancient exploitation. *Archaeometry* 46: 497 - 516.
27. SILVESTRI A. (2008). The coloured glass of Iulia Felix. *Journal of Archaeological Science* 35 (2): 1489-1501.
28. SILVESTRI A., MOLIN G., SALVIULO G. (2005). Roman and Medieval glass from the Italian area: bulk characterisation and relationships with production technology. *Archaeometry* 47: 797 - 816.
29. SILVESTRI A., MOLIN G., SALVIULO G. (2008). The colourless glass of Iulia Felix. *Journal of Archaeological Science* 35 (2): 331 - 341.
30. SUDANO F., D'ANDREA M., MUSELLA M. (2019). *Vibo Valentia. Nuovi dati sui mosaici del quartiere romano di S. Aloe*.
31. VERITÀ M., LAZZARINI L., TESSER E., ANTONELLI F. (2017). Villa del Casale (Piazza Armerina, Sicily): stone and glass tesserae in the baths floor mosaics. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(1): 373 - 385.

IL MOSAICO BLU DI MAIS DI GENCAY KASAPCI

Grazia De Cesare*, Marcella Ioele, Francesca Valentini***, Antonella Altieri****Marco Bartolini******

*Restauratore, grazia.decesare@beniculturali.it

**Chimico, marcella.ioele@beniculturali.it

***Storico dell'arte, valentini.fra@gmail.com

****Biologo, antonella.altieri@beniculturali.it

Istituto Superiore per la conservazione e il restauro, Via di San Michele 20, 00151 Roma

Abstract

L'opera *Senza nome* di Gencay Kasapci, artista turca, è stata esposta nella mostra a lei dedicata presso la Galleria La Salita di Roma nel 1963 ed è entrata nella collezione GNAM negli anni '90 grazie alla donazione del collezionista Liverani.

Realizzata come un pannello mobile di mosaico a tessere sferiche blu, tipo ceramica, è arrivato nel laboratorio di restauro dei materiali dell'arte contemporanea presso l'Istituto Superiore per la conservazione e il restauro per la rottura di alcune sfere soprattutto perimetrali.

La scelta del restauro ha tenuto conto del ripristino della tenuta strutturale e dell'aspetto estetico, in linea con i principi del restauro brandiano, non perseguendo l'identità materica. Il trattamento in anossia ha completato il restauro.

L'artista

Gencay Kasapci nasce in Turchia, ad Ankara, nel 1933, dove muore, a Mersin, nel 2017. Si diploma all'Accademia di belle arti di Istanbul nel 1965, superando l'opposizione del padre che la voleva destinata ad una formazione per fanciulle e le aveva imposto il Liceo per Ragazze di Istanbul. Già durante gli studi accademici Gencay vince una borsa di studio del governo italiano nel 1958[1], ed è a Firenze dal 1959, dove studia tecniche dell'affresco e del mosaico, per trasferirsi a Roma nel 1960 dove apre uno studio e collabora con gli editori Mondadori e Vallecchi. Inizia il "periodo romano", dal 1960 al 1966, in cui Gencay diventa assistente dell'artista giapponese Nobuya Abe e frequenta importanti artisti italiani che da direzioni diverse stanno superando l'informale: aprendo al pop (Rotella), sperimentando una astrazione regolare e vivamente cromatica (Dorazio, Consagra), e oltrepassando la bidimensionalità del quadro, attraverso superfici estroflesse (Castellani) e attraversate da buchi e tagli (Fontana). È in questa temperie che le superfici vibranti e tattili di Kasapci trovano una collocazione culturale e l'artista realizza alcune personali, tra cui nel 1962 alla Galleria il Cavallino di Carlo Cardazzo a Venezia e nel marzo 1963 da Gian Tommaso Liverani a Roma alla Galleria La Salita, la prima galleria a realizzare una esposizione del Gruppo Zero in Italia nel 1962.

L'opera "Senza Titolo" del 1963 è parte di un ciclo, esposto alla personale alla galleria La Salita di Liverani, le cui superfici sono composte da moduli a rilievo lucidi e dipinti, fittamente serrati, che disegnano geometrie regolari, concentriche, ipnotiche. Immediatamente la critica coeva sottolinea le analogie fra una *pittura* materica a pattern e le origini turche dell'artista, con le superfici a mosaico delle chiese bizantine, riconducendone la ricerca formale alle radici di un'arte religiosamente aniconica.

"E' vero che guardando i quadri di Gencay sembra di riuscire a praticare cupole e navate, connessioni di antichissime mura, perfezioni ottico - luminose tipiche dell'arte orientale, ma tutto ciò rimane un'illusione sia pure giustificata dello spettatore. La pittrice adopera una tecnica che le permette un ambito assai più largo e imprevedibile di ricerca, il deliberato esercizio su variazioni infinitesimali della forma, e quindi degli effetti spazio-luminosi, non può limitare i suoi risultati ad un determinato tipo di emozioni" [2].



Figura 1. Gencay Kasapci davanti a una delle opere in mostra, da *Gencay*, Catalogo della personale alla Galleria La Salita, Roma 1963

Ad una evocazione primaria delle origini, Gencay aggiunge infatti una smaterializzazione dell'immagine praticata attraverso l'annullamento della componente espressiva, che la avvicina al contesto del Gruppo Zero: nel 1966 espone insieme ad Abe, Fontana, Uecker, Burri, Afro, Arp, Kandinski, Chagall, Braque alla Galleria Il Segno a Roma nella mostra *Zero Avantgarde* [3]. La cifra tecnica del pattern materico resta uno stilema di Gencay in tutta la produzione seguente, con maggiori difficoltà di affermazione linguistica in Turchia dove rientra nel 1966 ed assume il cognome Kasapci del marito.

L'opera oggetto di studio fa parte di un nucleo di tre che Gian Tommaso Liverani aveva conservato nella sua collezione privata dalla esposizione del 1963, e donato alla Galleria nazionale d'arte moderna nel 1990.

La tecnica

Senza titolo della collezione della Galleria Nazionale di Arte Moderna di Roma, fa parte di una serie fatta di elementi modulari mobili, dipinti monocromi, che evocano immediatamente somiglianze con lo splendore delle superfici a mosaico delle chiese bizantine.



Figura 2-3. Fronte e retro dell'opera *Senza titolo*, 1963, di Gencay Kasapci, GNAM Roma

La disposizione delle tessere, i pigmenti luminosi e riflettenti, i modelli seriale e ipnotico richiamano efficacemente le cupole a mosaico di Istanbul come riferimento culturale e naturale alle radici dell'artista.

L'artista turca ha creato un'opera d'arte a mosaico di 130x97 cm, con tessere sferiche, in una composizione con cerchi concentrici come il fondo di un cesto. Le piccole sfere giustapposte sono dipinte e verniciate, producendo una superficie simile a una ceramica. Nella sua creazione artistica si ritrovano opere definite *mosaico dipinto* di grandi dimensioni come gli 11mq *nella* Ziraat Bank in Ankara, o anche pittura murale in ceramica come Middle East Technical University, İş Bank Headquarters in Ankara as well as Divan and Etap Marmara Hotel in Istanbul.

L'opera oggetto di questo studio così come appare quasi un bozzetto per le opere maggiori che realizza negli stessi anni.

Il lavoro realizzato come un pezzo mobile ha un pannello di legno reticolato sul retro, creando 10x13 quadrati, rinforzati ulteriormente da due traverse diagonali per garantirne l'indeformabilità, che appare perfettamente intatto e mantiene invariato il suo ruolo.

Caratterizzazione dei materiali

La pittura ha un legante organico ed è rivestita da una resina vinilica, mentre la natura delle tessere si è dimostrata biologica.

Per la caratterizzazione del legante della pittura azzurra è stato eseguito un micro-prelievo da una delle tessere deteriorate, che è stato analizzato mediante microscopia ottica e spettroscopia infrarossa (micro-FTIR) [4]. L'immagine al microscopio del campione (fig. 6) mostra una sottile porzione azzurra e opaca al di sopra della quale è presente uno strato trasparente dallo spessore più consistente. L'analisi FTIR (fig. 7) mostra che la resina trasparente è costituita da polivinil-acetato, sulla porzione azzurra si mette in evidenza anche una componente inorganica riconducibile a solfato di bario, come mostrato dallo spettro differenza. La presenza di segnali C-H, maggiormente evidenti nella porzione azzurra e sullo spettro differenza, suggerisce che il legante del colore sia olio o una resina alchidica, mentre lo spesso strato trasparente superficiale è costituito esclusivamente da polivinilacetato.



Figure 4-5. Zona di prelievo

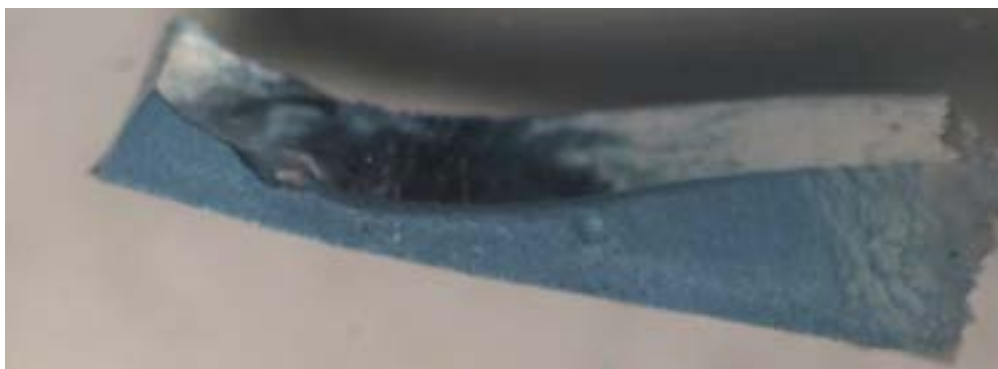


Figura 6. Immagine del campione prelevato in cui è evidente il sottile strato azzurro opaco al di sopra del quale è applicato uno strato vinilico

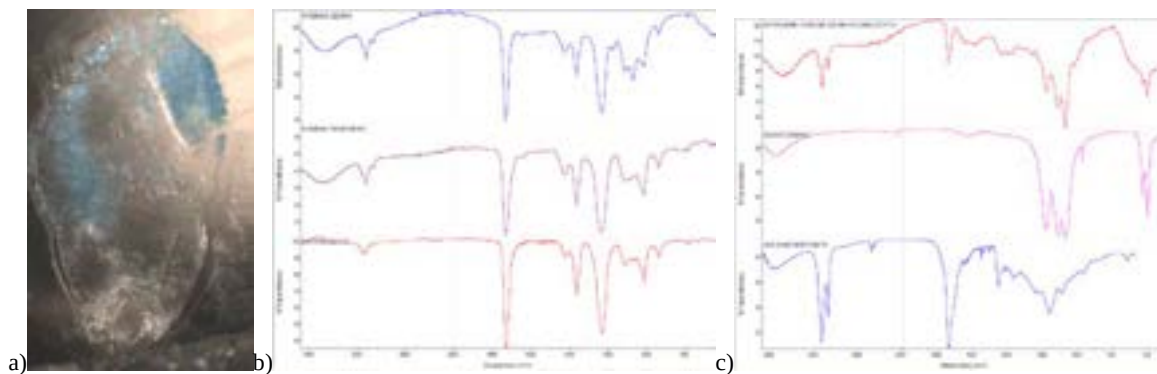


Figure 7. a) Campione schiacciato su cella di diamante, b) spettri FTIR della porzione azzurra e trasparente a confronto con riferimento di polivinilacetato; c) spettro differenza (pellicola pittorica azzurra meno polivinilacetato) a confronto con riferimento di solfato di bario e olio invecchiato

L'analisi del campione per la definizione del materiale organico è stata eseguita presso il laboratorio di Biologia dell'ISCR. All'osservazione al microscopio ottico è stato identificato come mais della specie *Zea mays*, originaria del Sud America, dove ha sostenuto le grandi civiltà di Toltec, Aztec, Maya e Inca prima di essere importate in Europa. Il mais importato dall'America latina dove era chiamato maiz, entra in Europa e si diffonde sotto l'Impero Ottomano, ed entra anche in Italia dai Balcani col nome di granturco. Per tutto il cinquecento il mais rimase una curiosità botanica a volte coltivato anche a scopo ornamentale. In Italia arrivò all'inizio del 500 tanto che nel 1516 Raffaello dipinse 3 pannocchie sul fregio superiore dell'affresco di Amore e Psiche nella villa della Farnesina.

Destinato all'alimentazione umana ed animale, Cristoforo Colombo chiamava il mais "panico", ossia adatto a fare il pane; è stato geneticamente modificato per migliorare le sue qualità di crescita e sviluppo, ma anche per resistere ai vari biodeteriogeni e pesticidi. E' una pianta macroterma che necessita di piogge frequenti e regolari con caldo durante lo sviluppo, ma si adatta a tutti i tipi di terreno e di latitudine. Il chicco di mais, la cariosside, può assumere diverse colorazioni ed è ricco di amido; al suo interno il germe ha il 30% di contenuto di olio (a composizione linoleica in prevalenza sull'oleica). Viene usato per produrre olio, amido sciroppi di destrosio e glucosio e per l'alimentazione zootecnica, oltre che per farine.

Il Restauro

L'opera è arrivata nel laboratorio di conservazione dei materiali di arte contemporanea presso l'Istituto Superiore per la conservazione e il restauro per la rottura di alcune sfere in particolare sul perimetro, danno apparentemente causato da incidenti meccanici, con abrasione di una parte della pittura sulle parti sporgenti.

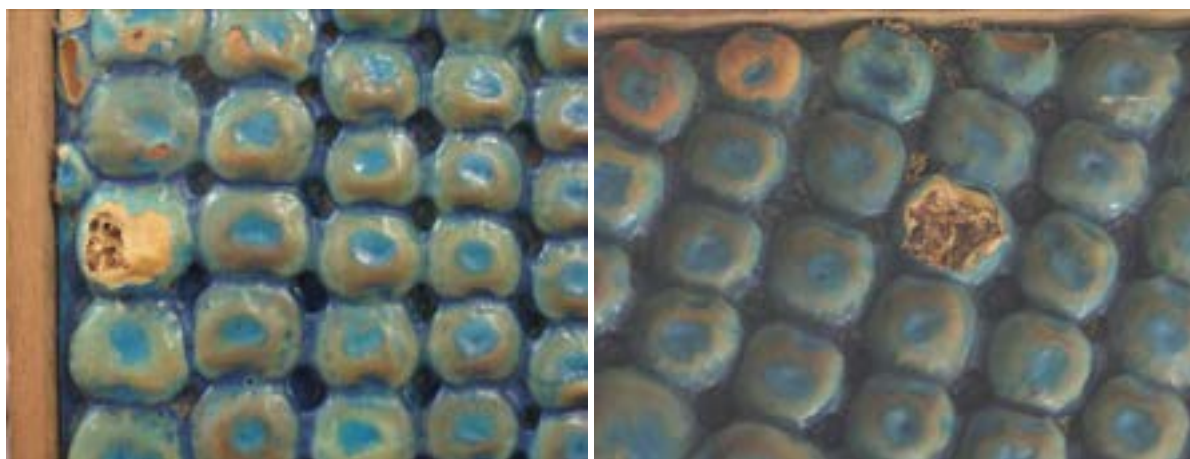


Figure 8-9. Particolari dei chicchi danneggiati

Il deterioramento è stato causato dall'attività degli insetti penetrati attraverso la cornice perimetrale in legno, che riporta fori di sfarfallamento, mentre il retro appare intatto. Le sfere rotte viste da vicino mostravano l'accumulo del rosario e si sbriciolavano facilmente. Il degrado constatato su alcuni chicchi, mostra l'effetto di una polpa

secca e ripiena di polvere come da rosario di insetti, sparsa anche negli interstizi, oppure chicchi che risultavano ormai svuotati.

Il progetto di conservazione è stato orientato al ripristino delle lacune, nel recupero estetico dell'idea dell'artista. Nella scelta dei materiali da introdurre nel restauro si è deciso di integrare le parti mancanti con prodotti sintetici, selezionati secondo i criteri di compatibilità e reversibilità. È stato escluso di poter reintrodurre per identità materica, lo stesso materiale costitutivo. Ci sono casi dove la filologia della scelta artistica spinge verso un ripristino integrale, rispettando le scelte tecniche e a queste affiancandosi nella volontà di rispetto concettuale dell'intera opera, spesso significativa per l'assemblaggio dei suoi singoli elementi composti nell'insieme.

Il restauro si è quindi svolto secondo schemi tradizionali. Dopo depolveratura con pennello e aspiratore, le lacune sono state colmate con stucco sintetico a base di resine acriliche in emulsione ed inerte, lavorato a mano a creare delle sfere, fatte parzialmente asciugare ed applicate, oppure usando la spatola, lo stucco è stato volumetricamente adattato alle lacune, lisciando a bisturi e con carta abrasiva la superficie.

La reintegrazione è stata eseguita con colori ad acquerello Winsor & Newton a pennello. Vista la brillantezza della superficie cromatica originale è stato necessario verniciare localmente le zone trattate con vernice da ritocco Lefranc et Bourgeois del tipo Surfin, acrilica, diluita in etere di petrolio 80-100°C al 50%. In alcuni punti è stato necessario il ritocco con colori a vernice Maimeri.

Il restauro è stato concluso con l'intervento di disinfestazione.



Figura 10. L'opera dopo le stuccature

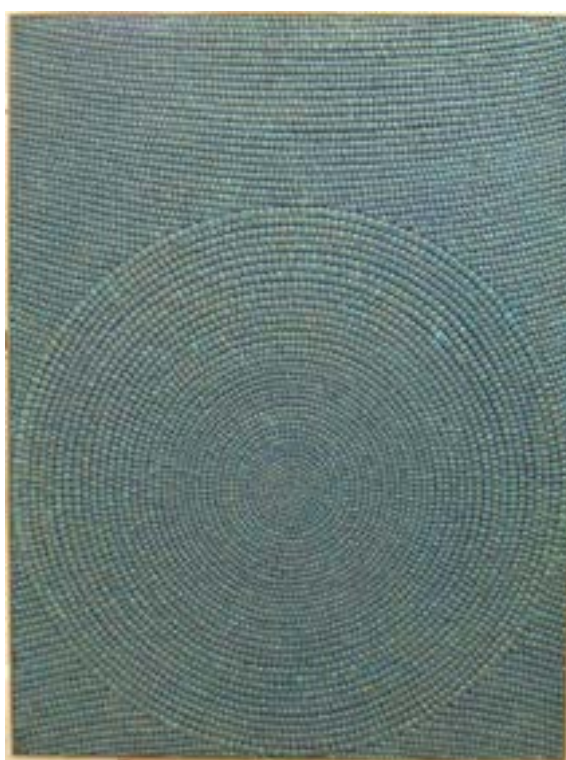


Figura 11. L'opera dopo ritocco



Figura 12. Particolare delle stuccature in basso a sinistra;



Figura 13. Stesso particolare dopo ritocco

La disinfestazione

La composizione dell'opera che vede la presenza di materiali di origine biologica quali il legno e i semi di mais rende il manufatto particolarmente sensibile al degrado biologico operato sia da biodeteriogeni microbici che macroscopici come gli insetti xilofagi. L'attività degradativa di questi ultimi, come dimostrato dalle alterazioni riscontrate sull'opera, può facilmente passare dal legno ai semi di mais in cui è presente una elevata componente di amido. I fenomeni di degrado dovuti agli insetti xilofagi sono particolarmente dannosi in quanto numerose specie hanno esigenze ecologiche che gli consentono di crescere anche in condizioni di scarsa umidità, pertanto, il solo controllo delle condizioni ambientali può non essere sufficiente ad estinguere l'infestazione. Per garantire una disinfestazione completa dell'opera è stato effettuato un intervento mediante un trattamento anossico in atmosfera modificata a base di azoto. Tale metodo consente una devitalizzazione totale di tutte le forme del ciclo vitale degli insetti xilofagi, anche all'interno del materiale, senza richiedere l'uso di sostanze tossiche e senza produrre alterazioni dei materiali costitutivi. Il trattamento è stato eseguito utilizzando il sistema Veloxi® 1000, corredato di un modulo automatico per il controllo dell'umidità del flusso di azoto e di un analizzatore di ossigeno RGI OX-01. L'opera è stata collocata in orizzontale all'interno di un sacco sigillato prodotto con un apposito materiale impermeabile ai gas. Non avendo potuto indentificare le specie di insetti responsabili del degrado, precauzionalmente, sono state applicate condizioni di trattamento severe, letali anche per le specie maggiormente resistenti con concentrazioni di ossigeno inferiore allo 0,3% e tempi di trattamento superiori alle 3 settimane. Inoltre, tenendo conto della stretta relazione tra tasso di mortalità degli insetti e condizioni ambientali di trattamento, la disinfestazione è stata eseguita mantenendo l'umidità relativa all'interno della sacca tra il 45 ed il 55% [5] ed avendo cura di tenere la temperatura ambientale al di sopra di 20°C per tutto il periodo di trattamento poichè il tasso di mortalità è direttamente correlato ai livelli di temperatura.



Figura 14. L'opera durante il trattamento



Figura 15. Controllo dei valori termoigrometrici durante il trattamento



Figura 16. Sistema Velox 1000 per trattamenti in anossia con atmosfera modificata

Conclusione

L'artista combina materiali naturali evocativi, rileggendoli in chiave moderna, ma utilizzando anche prodotti industriali per garantire la tenuta del sistema e l'effetto estetico. Il restauro una volta identificate le cause del degrado è stato condotto con l'approccio di metodo che introduce nell'opera solo materiali stabili e testati nel mondo del restauro, selezionandoli secondo i principi di compatibilità e stabilità per affiancarli all'originale e garantire la reversibilità delle operazioni.

NOTE

[1] Biografia, in *Gencay*, Catalogo della mostra Galleria La Salita, dal 1 marzo 1963, Roma 1963, in Archivio Bioiconografico Galleria nazionale d'arte moderna.

[2] Marisa Volpi, in *Gencay*, Catalogo mostra La Salita, marzo 1963, Roma 1963, in Archivio Bioiconografico Galleria nazionale d'arte moderna. Si veda anche: "La struttura linguistica della sua pittura è estremamente semplice. La teoria delle forme ripetute e la dosatura sapiente, calcolata dei croma conferiscono a queste immagini un singolare, immotivato splendore", Giuseppe Mazzariol, *Gencay*, catalogo mostra Galleria Il Cavallino, Venezia novembre 1962.

[3] *Gencay Kasapci, Zero 1960 – 2016*, esposizione a cura di Giorgio Bertozzi e Ferdan Yusufi, con il contributo critico e storico di Leonardo Regano, Fondazione Museo Venanzo Crocetti Roma 2017

[4] Microscopio infrarosso IN-10, Thermofisher. Le misure sono state eseguite in trasmissione su cella di diamante

[5] Le condizioni di umidità del trattamento sono state scelte in modo da favorire la devitalizzazione degli insetti, il cui tasso di mortalità diminuisce ad umidità relative elevate ma senza rischiare una eccessiva disidratazione dei materiali costitutivi l'opera.

BIBLIOGRAFIA

1. Benzolla A., Reguzzini M.C., Chiappini E., "Controlled atmosphere against insect pest: a Review and some consideration" in "Journal of Entomological and Acarological Research", Ser. II, 43 (2), 201, Università degli Studi di Milano, Milano, 2011, 197-204
2. *Gencay Kasapci, Zero 1960 – 2016*, esposizione a cura di Giorgio Bertozzi e Ferdan Yusufi, con il contributo critico e storico di Leonardo Regano, Fondazione Museo Venanzo Crocetti Roma 2017
3. Mazzariol G., *Gencay*, catalogo mostra Galleria Il Cavallino, novembre 1962, Venezia 1962
4. Poggi R., Doria G., Capocaccia Orsini L. (a cura di), *Colombo e la tavola globale*, Genova, Erredi Grafiche Editoriali, 2007
5. Volpi M., *Gencay*, Catalogo mostra Galleria La Salita, marzo 1963, Roma 1963

RIMOZIONE DI NASTRI AUTOADESIVI: DALLA CARATTERIZZAZIONE ALL'INTERVENTO DI RESTAURO

Giulia Germinario*, Antonio Mirabile, David Chelazzi ***, Luigia Sabbatini******

*Ricercatrice, Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro, via di San Michele 23, Roma,
giulia.germinario@beniculturali.it

**Restauratore-Conservatore, 11 rue de Bellefond, 75009, Parigi, Francia, antonio.mirabile@gmail.com

***Ricercatore, Dipartimento di Chimica di Firenze, Via della Lastruccia, 3-13 - 50019 Sesto Fiorentino (FI),
chelazzi@csgi.unifi.it

****Docente, Centro Interdipartimentale di diagnostica per i Beni Culturali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, via Orabona 4, 70125 Bari, Italia luigia.sabbatini@uniba.it

Abstract

Conservatori e restauratori si trovano spesso ad affrontare la sfida della rimozione di nastri autoadesivi da supporti cartacei spesso usati in passato per motivi conservativi. Questo tipo di nastri sono stati utilizzati per riparare documenti o pagine di libri strappati o su opere lacerate. Più frequentemente si ritrovano adesivi in gomma naturale o sintetica ma anche a base di acrilici insieme ai loro relativi prodotti di degrado. I processi d'invecchiamento e di degrado di questi materiali provocano un forte ingiallimento accompagnato da macchie oleose che, penetrando nel supporto cartaceo, innescano meccanismi di degrado che ne modificano l'aspetto, la leggibilità e la fruizione. I nastri autoadesivi sono costituiti da quattro strati: il rivestimento di rilascio (*release coating*), la pellicola di protezione (*backing*), il primer e l'adesivo. Gli strati facilmente riconoscibili sono l'adesivo, solitamente composto da una gomma o da una miscela di adesivi acrilici ma che può anche contenere antiossidanti, plasticizzanti, catalizzatori, ammorbidenti; e il *backing* che può essere di carta, tessuto, cellophane, polipropilene, acetato di cellulosa, polivinilcloruro plastificato o un qualsiasi materiale flessibile a volte anche rinforzato con vetro o altre fibre. In questo lavoro sono stati selezionati sei nastri autoadesivi, frequentemente individuati su opere d'arte in carta, e analizzati mediante analisi di spettroscopia FTIR [1] che ha permesso di distinguere la principale classe di appartenenza dei costituenti dell'adesivo e del *backing*; e analisi di Py-GC-MS da cui si sono ottenute informazioni più dettagliate sul tipo di adesivo, oltre che su componenti minori presenti. La conoscenza della composizione chimica degli strati è illustrata in funzione dell'applicazione di metodi di intervento sviluppati, in attività di restauro. Tra gli interventi che si possono attuare per l'eliminazione degli adesivi si annovera il metodo meccanico, ad immersione, aspirazione o chimica con solvente. Il solvente può essere applicato solo o in miscela e in vari modi: impacco, batuffolo di cotone o in maniera più innovativa mediante gel caricati con una micro emulsione o un solvente. Questi metodi saranno confrontati e valutati in funzione della composizione dei sei nastri adesivi esaminati al fine di illustrarne il metodo di rimozione nel rispetto dell'opera: in particolare, i gel innovativi utilizzati limitano la penetrazione del solvente all'interno del supporto, senza lasciare residui del sistema pulente, sono molto selettivi e non provocano migrazioni [2] dei componenti delle tecniche artistiche particolarmente sensibili ad ogni forma di trattamento che richiede l'impiego di fluidi.

Introduzione

Nel patrimonio culturale materiale esiste una grande quantità di documenti e di opere d'arte su carta che occupa un posto importante negli archivi, nelle biblioteche e nei musei. La conservazione, la comprensione, la cura, l'uso sostenibile ed il restauro di questo immenso patrimonio culturale cartaceo, già costituito ma anche *in progress*, rappresenta una sfida fondamentale per le scienze del patrimonio e le sue capacità di colmare il divario tra ricerca e le pratiche della conservazione. Nell'ambito dello stretto rapporto fra conservatori e scienze del patrimonio la ricerca svolta dal 2015 sulla rimozione dei nastri autoadesivi illustra un impegno ed un esito positivo di questa collaborazione.

A partire dagli anni '50 il nastro autoadesivo comincia ad essere utilizzato nel risarcimento di strappi e lacune (Manoscritti del Mar Morto, collezione Salce a Treviso...) spesso come intervento temporaneo diventato poi permanente. La rimozione dei residui di nastro autoadesivo dalle opere su carta pone questioni etiche ed estetiche. I residui sono in generale rimossi solo quando hanno subito danni strutturali, quando costituiscono un rischio per il supporto cartaceo e quando sono fortemente ossidati ed influiscono negativamente sulla lettura e l'interpretazione di un oggetto.

I nastri autoadesivi sono costituiti da quattro strati: il rivestimento di rilascio (*release coating*), la pellicola di protezione (*backing*), il *primer* e l'adesivo. Gli strati facilmente riconoscibili sono l'adesivo, solitamente

composto da una gomma o da una miscela di adesivi acrilici ma che può anche contenere antiossidanti, plasticizzanti, catalizzatori, ammorbidenti; e il backing che può essere di carta, tessuto, cellophane, polipropilene, acetato di cellulosa, polivinilcloruro plastificato o un qualsiasi materiale flessibile a volte anche rinforzato con vetro o altre fibre [3].

I nastri adesivi frequentemente riscontrati sul patrimonio culturale cartaceo sono in polipropilene, acetato di cellulosa e carta [2], possono avere un adesivo a base di gomma che si ossida, cambia colore (ingiallimento) e consistenza, diventando oleosi e possono penetrare interamente nel substrato cartaceo. Con il tempo, gli adesivi continuano ad ossidarsi e perdono gradualmente le loro proprietà adesive. In questa fase finale la continua azione ossidativa degli strati adesivi dà luogo ad un prodotto di colore, forma e funzione molto diversa da quella originale. L'adesivo si cristallizza, diventa duro e resistente, di solito diventa marrone scuro e vari componenti dell'adesivo, come additivi, resine e plastificanti, migrano nelle fibre della carta rendendola traslucida e, occasionalmente, provocano anche la migrazione e la decolorazione di media grafici come gli inchiostri della penna a sfera, di pennarelli e gli inchiostri da stampa. Dopo un tale processo di degradazione tutte le proprietà degli adesivi sono scomparse e il supporto, se in posizione, ha perso la sua funzione precedente. I residui di adesivo sono molto difficili, a volte impossibili da rimuovere.

Una nuova famiglia di adesivi a base acrilica è arrivata negli anni '80, con marchio 3M, che scolorisce poco ma è soggetta ad una sorta di scorrimento a freddo che compromette le caratteristiche meccaniche del nastro e penetra al punto in cui la porosità della carta lo permette. Secondo la letteratura 3M, questa differenza di comportamento all'invecchiamento può verificarsi perché ogni adesivo acrilico è un polimero omogeneo che, una volta sintetizzato sul supporto nella sua forma finale, viene pre-reticolato. A causa di questa pre-reticolazione, gli adesivi acrilici non sono solubili in nessuno dei solventi attualmente utilizzati per la conservazione della carta. Il tempo e l'esperienza hanno dimostrato che i nastri autoadesivi su carta possono essere deturpanti, dannosi, difficili e talvolta impossibili da rimuovere. I conservatori del materiale cartaceo conoscono una varietà di metodi di rimozione del nastro, tra cui: meccanico, immersione, cataplasma, rotolamento, tavolo aspirante etc., tuttavia ogni metodo implica alcuni rischi/svantaggi associati, che possono comportare cambiamenti indesiderati come: abrasione della carta con la rimozione meccanica; gore e migrazioni del media grafico quando si utilizzano tecniche di aspirazione e solventi; decolorazione, migrazione della tecnica artistica e penetrazione dell'adesivo nelle fibre di cellulosa quando si utilizzano trattamenti ad immersione.

Negli ultimi anni gli adesivi sono stati oggetto di studio e analisi poiché non è nota la loro esatta composizione chimica e sono stati pertanto esaminati con diverse tecniche analitiche per poter identificare l'adesivo, gli additivi e il backing. Gli adesivi possono essere analizzati in maniera non distruttiva mediante spettroscopia FTIR [4] anche in modalità di riflettanza totale attenuata (ATR) [5]. Tuttavia gli spettri ottenuti, mostrando simultanei segnali dei diversi componenti, non consentono un'identificazione chiara e univoca dei componenti. Queste difficoltà sono state superate dall'analisi di Py-GC-MS [6] che consente di separare e identificare i vari componenti dopo un processo di degradazione termica. Con questa tecnica però l'identificazione di additivi può essere complicata poiché la frammentazione non si verifica sempre in maniera selettiva. Altre tecniche cromatografiche che sono state impiegate sono la cromatografia liquida ad alta efficienza (HPLC) e ad ultra efficienza combinata con la spettrometria di massa con analizzatore a tempo di volo (UPLC-TOF-MS) [7] che sono risultate utili per identificare i componenti degli adesivi ma anche le resine aggiunte come adesivanti.

La nuova attenzione accordata al tema della rimozione dei nastri autoadesivi ha permesso di identificare i materiali costitutivi dei nastri e del loro relativo adesivo e ha consentito di progettare dei sistemi multifunzionali in grado di interagire efficacemente con i diversi supporti mettendo a punto avanzate formulazioni nanostrutturate a base acquosa o di solventi [1,5].

I fluidi nanostrutturati a base acquosa presentano diversi vantaggi per affrontare i problemi del restauro: il confinamento del solvente organico in una matrice acquosa limita gli effetti negativi sul supporto a causa della potenziale diffusione incontrollata del solvente organico nella matrice porosa della carta; l'uso di piccole quantità di solventi organici migliora il sistema in termini di impatto ambientale, tossicità e compatibilità sanitaria; infine, l'elevata area interfacciale intrinseca dei nanofluidi porta ad un'altissima efficienza e alla rimozione selettiva di nastri autoadesivi. I fluidi nanostrutturati possono essere poi caricati in gel altamente ritentivi, in modo da controllarne il rilascio su manufatti cartacei altamente sensibili a acqua o solventi. Questa combinazione rappresenta il sistema pulente più avanzato sviluppato per la pulitura, ed è stata utilizzata di recente per la rimozione di nastri adesivi da manufatti cartacei classici e contemporanei [1].

In un'altra applicazione recente, un solvente organico "verde", il dietil-carbonato, è stato confinato in un organogel a base di polietilmetacrilato. Questo solvente ha un basso impatto ecotossicologico, e un'ottima capacità di rigonfiare o solubilizzare gli adesivi trovati nei nastri. Il sistema gel+solvente è stato utilizzato per la rimozione di adesivi da un disegno di Keith Haring [5].

In sintesi, i due sistemi a base di organogel e carbonato di dietile e di idrogel e microemulsione hanno mostrato un'alta efficienza nella rimozione dei nastri autoadesivi i cui supporti sono a base di polipropilene, PVC o di materiale cartaceo [1,5].

In questo lavoro sei nastri adesivi sono stati analizzati mediante analisi di spettroscopia FTIR-ATR e analisi di Py-GC-MS. La conoscenza della composizione chimica degli strati è stata impiegata per la selezione del più opportuno ed efficiente metodo di rimozione nel rispetto delle opere in carta.

Caratterizzazione chimica dei nastri adesivi

Materiali e metodi

Per questo studio sono stati presi in esame sei nastri autoadesivi: nastro ordinario (OT), nastro marrone (BT) del marchio Tesa; nastro Filmoplast P (FPP) del marchio Neschen; nastro masking (MKT), nastro magico (MT) del marchio 3M e nastro isolante (IT).

In questo lavoro le analisi di spettroscopia ATR-FTIR sono state eseguite sull'adesivo e sul supporto; mentre le indagini di Py-GC-MS sono state eseguite sugli adesivi, sulla pellicola di protezione, e sul rivestimento di rilascio (backing-release), separati meccanicamente o mediante l'utilizzo di opportuni solventi. In particolare, gli adesivi del nastro ordinario (OT), marrone (BT) e filmoplast (FPP) sono stati estratti con acetone; gli adesivi del nastro magico (MT) e del nastro masking (MKT) sono stati estratti con p-xilene; mentre il nastro isolante (IT) con etanolo.

Reagenti

Acetone (purezza > 99,5%); p-xilene (purezza > 99,0%); ed etanolo (purezza > 99,0%) acquistati da Sigma Aldrich.

Spettroscopia ATR-FTIR

Le analisi ATR-FTIR sono state effettuate utilizzando uno spettrometro Thermo Nicolet Nexus 870 dotato di una cella con diamante Golden Gate. Gli spettri sono stati acquisiti con un detector MCT (area di campionamento di 150 μm^2), sommando 128 scansioni per ogni spettro, nell'intervallo 4000-650 cm^{-1} .

Py-GC-MS

Le analisi di Py-GC-MS sono state effettuate con un sistema integrato costituito da un pirolizzatore SGE PYROJECTOR II, un gas cromatografo Perkin Elmer Clarus 680 dotato di una colonna Perkin Elmer Elite-5MS, 30 m x 0,25 mm i.d. con 0,25 μm spessore del film, e uno spettrometro di massa a singolo quadrupolo Perkin Elmer Clarus SQ 8T. I campioni sono stati trasferiti in un capillare di quarzo (4 cm x 0,53 mm), che veniva successivamente inserito nel pirolizzatore, mantenuto ad una temperatura di 600°C ed una pressione di 15.0 psi. La camera di pirolisi è collegata direttamente all'iniettore del gas-cromatografo, mantenuto ad una temperatura di 280°C. La temperatura della transfer line era di 290°C, mentre quella della sorgente ionica era di 250°C. Lo spettrometro di massa ha operato nella modalità di ionizzazione positiva (70eV) con un mass range di 35-500 m/z. Al forno cromatografico è stato applicato il seguente programma di temperatura: 40°C per 5 minuti, 10°C al minuto fino ad una temperatura di 280°C, la quale veniva mantenuta costante per 10 minuti. Il gas di trasporto impiegato è l'elio con una pressione costante di 10 psi. Il solvent delay è di 0,5 min. Le analisi sono state effettuate in modalità split con rapporti di splittaggio di 50:1.

Metodologie di rimozione dei nastri adesivi

Materiali e metodi

I gel a base di polietilmetacrilato e dietil carbonato sono stati preparati come riportato in letteratura, tramite polimerizzazione radicalica dell'etilacrilato nel solvente [5]. Il processo permette di ottenere foglietti di gel dello spessore di 1-2 mm.

Il fluido nanostrutturato EAPC è composto da acqua, sodio dodecilsolfato (SDS), 1-pentanol, acetato di etile (EA) e propilene carbonato (PC). La caratterizzazione chimico-fisica del sistema è riportata in letteratura [8]; essenzialmente, gocce nanometriche principalmente composte di EA sono stabilizzate nella fase continua (acqua e ca. 20% PC) da un film di SDS e 1-pentanol. Il PC, principalmente localizzato nella fase continua, è anche in parte situato all'interfase con le micelle, il che garantisce un'alta capacità pulente al sistema. Sia EA che PC sono classificati come solventi "environmental friendly".

Il fluido è stato caricato (per immersione in circa 12h) in idrogel ritentivi del tipo Nanorestore Gels® Dry, gel chimici trasparenti (ca. 150 cm^2 , spessore 2 mm) basati su un reticolo semi-interpenetrato (sIPN) di poli(2-idrossietil metacrilato) (pHEMA) e polivinilpirrolidone (PVP).

Risultati

Caratterizzazione chimica degli adesivi

Le analisi di FTIR-ATR e di Py-GC-MS svolte sugli adesivi dei campioni esaminati permettono di distinguere due grandi classi: adesivi a base acrilica e adesivi di copolimeri a blocchi a base di stirene.

Nella prima classe ricadono i nastri autoadesivi OT, BT, MT e FPP. Gli adesivi a base acrilica (Figura 1a) sono stati facilmente identificati grazie alla presenza di picchi intorno a 2955, 2930, 2875 (C-H stretching di gruppi CH_2 e CH_3 nella catena alifatica), 1730 (stretching C=O), 1240 (stretching C-O), e 1155 cm^{-1} (stretching C-C(=O)-O) (vedi Figura 1a). Gli adesivi stirenici (Figura 1b) presentano bande diagnostiche a 1600 (vibrazione dell'anello stirenico), 750 e 699 cm^{-1} (bending =C-H e C=C). Anche l'identificazione dei backing è possibile tramite FTIR-ATR. Ad esempio, il polipropilene è chiaramente identificato da bande a 2960, 2920, 2857 (CH_3 stretching), 1447 (bending CH_2), e 1375 cm^{-1} (bending CH_3) (Figura 1c), che lo distinguono dai backing di cellulosa e acetato di cellulosa. Quest'ultimo ha assorbimenti caratteristici a 3475 (banda debole e larga, stretching O-H), 2922 e 2852 (stretching CH_2), 1735 (C=O stretching), 1367 (vibrazioni CH_3), 1216 e 1031 cm^{-1} (C-O stretching dei gruppi acetili e vibrazioni C-O-C dell'anello piranosico).

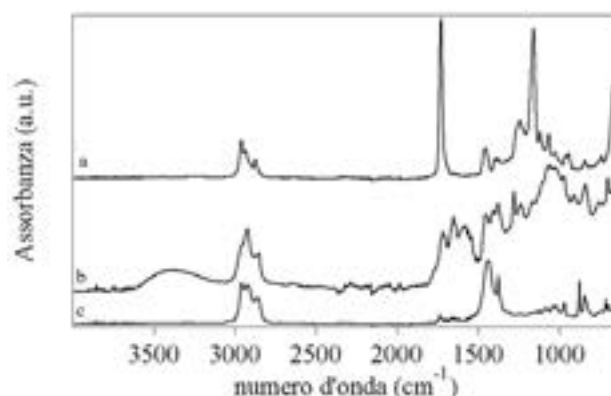


Figura 1. Spettri FTIR-ATR di adesivi (a,b) e backing (c) di nastri adesivi.

Le analisi di Py-GC-MS sono state eseguite sugli adesivi, sul backing e sui nastri autoadesivi per interi. I principali prodotti di pirolisi rilevati e identificati negli adesivi sono mostrati in Tabella 1. In particolare, gli adesivi di OT e BT risultano composti da un acrilato e un metacrilato, dove il componente principale è il polibutylacrilato (pnBA) e il comonomero è il polimetilmetacrilato (pMMA). La presenza nel pirogramma di trimeri di nBA e di nBA-nBA-MMA induce a ipotizzare la presenza di un copolimero nBA-nBA-MMA [9]. Solo nel campione OT si riscontra la presenza di un altro monomero acrilico, il 2-etilacrilato (2EHA). Insieme ai componenti acrilici per questi adesivi si riscontra anche il diisobutyladipato come plasticizzante (Figura 2a).

Nel nastro magico (MT) gli stessi monomeri si riscontrano in rapporti diversi: il pMMA è il monomero principale e il pnBA e il p2EHA sono presenti come monomeri secondari. In questo caso non si ritrovano trimeri, ma sesquimeri di nBA-MMA che consentono di ipotizzare la presenza di un copolimero.

Nel filmoplast (FPP), invece, insieme al pnBA come principale monomero è stato ritrovato il polietilacrilato (pEA). Caratteristica importante per la combinazione di diversi monomeri acrilici è la loro temperatura di transizione vetrosa (T_g), che rappresenta la temperatura alla quale i polimeri cambiano il loro stato da vetroso a gommoso. A temperature superiori rispetto alla T_g un polimero risulta flessibile e presenta un'elevata capacità di stiramento prima di raggiungere il punto di rottura; al contrario a temperature inferiori il polimero risulta fragile. In generale, per gli acrilici la T_g tende a ridursi all'aumentare della lunghezza della catena, ma dipende anche da altri fattori tra cui il peso molecolare, il grado di cristallinità e il grado di cross-linking. Quando si ha a che fare con copolimeri le proprietà fisiche sono determinate dalle loro T_g oltre che dalla composizione in peso degli omopolimeri considerati. Dalle analisi di Py-GC-MS non è possibile risalire alla composizione in peso relativa dei due monomeri ma si possono ottenere delle deduzioni sulla combinazione degli acrilici usati. Laddove sono presenti degli acrilati (nBA o EA o 2EHA) l'adesivo possiede valori di T_g molto basse, quindi una maggiore adesività e una ridotta resistenza meccanica; se a questi monomeri sono aggiunti i metacrilati l'obiettivo è stato quello di ottenere degli adesivi con maggiore resistenza meccanica, infatti l'aggiunta di pMMA come copolimero a blocchi aumenta la resistenza allo strappo e quindi la forza adesiva.

Gli adesivi del nastro masking (MKT) e del nastro isolante (IT) mostrano i prodotti di pirolisi principali dei copolimeri a blocchi stirenici [6, 10] (Tabella 1): il copolimero stirene-isoprene-stirene (SIS) è stato individuato come adesivo del MKT (Figura 2b); mentre nel nastro isolante IT sono stati individuati i prodotti di pirolisi del

polistirene, poliisoprene e del polibutadiene che inducono a pensare che siano presenti due copolimeri a blocchi: 1) stirene-isoprene-stirene (SIS) e, 2) stirene-isoprene-butadiene (SIB) che sono due gomme termoplastiche caratterizzate da due diverse temperature di transizione vetrosa. In particolare, il polistirene è un polimero tenace e resistente, per cui il blocco stirenico conferisce durabilità, invece il polibutadiene e/o il poliisoprene sono materiali gommosi.

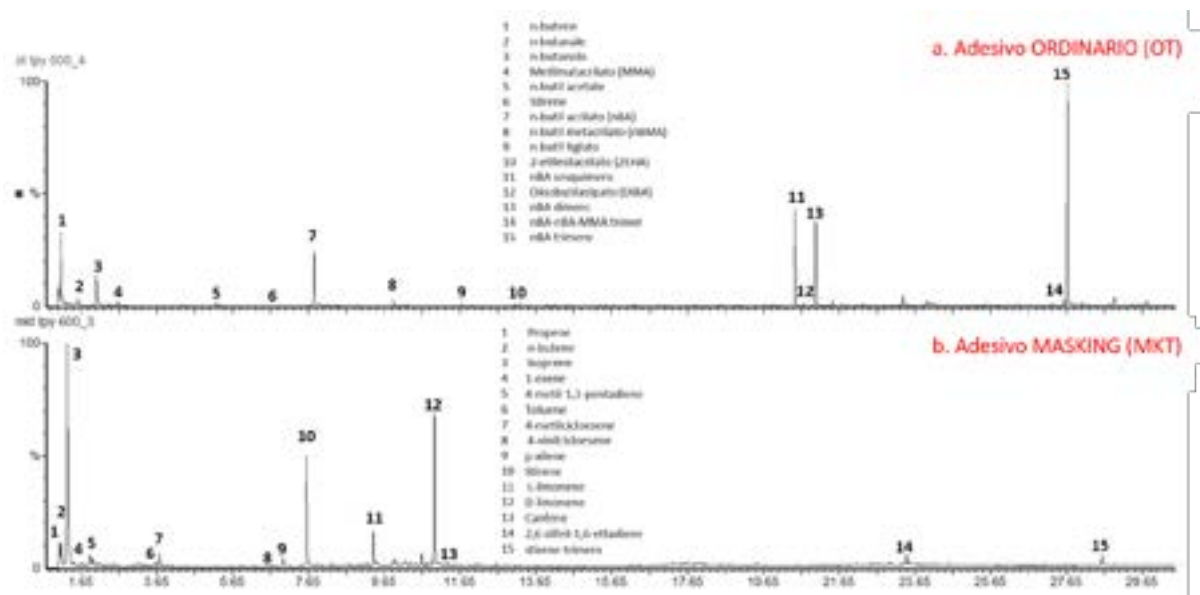


Figura 2. a) Pirogramma dell'adesivo del nastro ordinario e relativi prodotti di pirolisi identificati; b) Pirogramma dell'adesivo del nastro masking e relativi prodotti di pirolisi identificati

Tabella 1. Principali prodotti di pirolisi individuati negli adesivi esaminati [6, 9]

Adesivi						
Acrilici				Copolimeri di stirene a blocchi		
nBA	EA	2EMA	MMA	Stirene	Isoprene	Butadiene
n-butene	1-enene	2-etilmetilacrilato	Metilacrilato	Toluene	Isoprene	1,3-butadiene
n-butanale	Etilacrilato (EA)		Metilmetilacrilato (MMA)	Stirene	1,4-cyclohexadiene	4-metil-1,3-pentadiene
n-butilacetato	2-etilacrilato			α-metilstirene	D-limonene	Vinilcyclohexene
n-butilacrilato (nBA)	4-metilacrilato			Stirene dimero		Etilbenzene
n-butilmetilacrilato (nBMA)	EA sesquimero			Stirene trimero		
n-butilglicole						
n-BA sesquimero						
n-BA dimero						
n-BA trimero						

Per quanto riguarda le pellicole di protezione dei nastri adesivi sottoposti in analisi, in Tabella 2 sono mostrati i principali prodotti di pirolisi che consentono di identificare per i nastri ordinario e marrone il polipropilene [10]; per il filmoplast e per il nastro masking la carta [11]; l'acetato di cellulosa [12], con il dietilftalato [13] come plasticizzante, nel nastro magico e, infine, il polivinilcloruro [10] nel caso del nastro isolante.

Tabella 2. Principali prodotti di pirolisi individuati nelle pellicole di protezione [6,11, 12, 14].

Pellicola di protezione (backing)			
Polipropilene	Carta	Acetato di cellulosa	Polivinilcloruro (PVC)
Propilene (C ₃)	1-idrossi-2-propanone	Acetone	Cloruro di idrogeno
Pentano (C ₅)	1-acetossio-2-propanone	1-3-ciclopentadiene	Benzene
4-metil-3-etilene (C ₆)	Furaldeide	Acido acetico	Toluene
2,4-dimetil-1-etilene (C ₆)	2(5H)furanone	Benzene	Clorobenzene
2,4,6-trimetil-1-etilene (C ₇)	3-metil-2,4-furandione	Etilbenzene	Etilbenzene
4,6-dimetil-2-nonene (C ₉)	5-idrossimetilfuraldeide	Xilene	Xilene
2,4,6-trimetil-1-nonene (C ₁₂)-forma meso			Stirene
2,4,6-trimetil-1-nonene (C ₁₂)-forma racemica			1-cloro-2,3-didro-3H indene
2,4,6,8-tetrametil-1-undecene (C ₁₃)-forma isotattica			1-metilindene
2,4,6,8-tetrametil-1-undecene (C ₁₃)-forma eterotattica			3-metilindene
2,4,6,8-tetrametil-1-undecene (C ₁₅)-forma sindiotattica			Naftalene
2,4,6,8,10-pentametil-1-undecene (C ₁₆)			1-metilnaftalene
2,4,6,8,10-pentametil-1,10-undecadiene (C ₁₇)			2-metilnaftalene
2,4,6,8 tetrametil-1-undecene (C ₁₇) forma isotattica			1,2-ditronaftalene
2,4,6,8,10-pentametil-1-tridecene (C ₁₄)			
2,4,6,8,10,12-esametil-1,12-tridecadene (C ₁₈)			

I nastri adesivi sono stati anche analizzati integralmente per riuscire ad ottenere anche informazioni sulla composizione del primer e del rivestimento di rilascio. Nel caso dell'OT e del BT non sono stati individuati prodotti diversi da quelli già rilevati nell'adesivo e nel supporto. Nel pirogramma dell'intero nastro adesivo FPP si può identificare la presenza di un copolimero a blocchi stirene-isoprene-butadiene (SIB), probabilmente aggiunto come primer; dell' α -pinene aggiunto come adesivante e del diisotilftalato come plasticizzante [6,14].

Nel pirogramma dell'intero nastro adesivo MKT sono stati riscontrati diversi terpeni (canfene, 3-carene, α -pironene, α -cedrene e β -camigrene) e di prodotti fenolici che suggeriscono adesivanti del tipo terpenico-fenolico con un maggior carattere idrofilico [15]. L'aggiunta di adesivanti tende a far aumentare la Tg dell'adesivo. Sono state anche trovate tracce di diisotilftalato come plasticizzante [13].

Solo per il nastro isolante IT è stato possibile separare il release coating che risulta costituito principalmente dal bis2etilestilftalato come plasticizzante e dal polibutilacrilato. Nel pirogramma del nastro adesivo integrale sono stati individuati alcuni prodotti di pirolisi (toluene, etilbenzene, dimetil e trimetil-benzene, naftalene e suoi derivati) [16] ascrivibili alla presenza di una gomma a base di idrocarburi.

I componenti chimici identificati nei vari strati dei nastri esaminati in questo lavoro sono elencati in Tabella 3.

Tabella 3. Composizione chimica dei diversi strati dei nastri adesivi analizzati

	OT	BT	FPP	MKT	IT	MT
<i>Adesivi</i>	nBA-MMA-2EHA DIBA	nBA-MMA DIBA	nBA-EA	SIS	SIB Ur Ter b2EHA b2EHP	nBA-MMA- 2EHA
<i>Pellicola di protezione</i>	PP DIOP	PP	Ca	Ca DIOP	PVC b2EHP	AC DIEP
<i>Rivestimento di rilascio</i>					nBA b2EHP	
<i>Nastro adesivo intero</i>	nBA-MMA-2EHA DIBA-DIOP PP	nBA-MMA DIBA PP	nBA-EA DIOP Ca SIB	SIS DIOP Ca Ter Fe	SIB Ur Ter b2EHA, b2EHP PVC PIC	nBA-MMA- 2EHA DIEP AC Fe

Legenda: AC: acetato di cellulosa, DIBA: diisobutiladipato, DIEP: dietilftalato; DIOP: diisotilftalato, PP: polipropilene, Ca: Carta; SIB: stirene-isoprene-butadiene; SIS: stirene-isoprene-stirene; PIC: colla a base di idrocarburi, Fe: fenolo; PVC: polivinilcloruro; Ter: terpeni; Ur: poli uretano; b2EHA: bis2etilestiladipato; b2EHP: bis2etilestilftalato

Metodologie di rimozione dei nastri adesivi

La caratterizzazione di supporti ed adesivi ci ha permesso di conoscere l'intima natura dei vari materiali e di cercare i solventi corrispondenti che ne favorissero una rapida, sicura ed efficace rimozione.

Vale la pena di considerare che un conservatore di materiale cartaceo rimuove solitamente il nastro poi rimuove lo strato adesivo. In alcuni casi il nastro, se è considerato parte integrante di un'opera può essere rimosso temporaneamente, pulito e ridisposto sull'opera d'arte. I solventi usualmente usati per la rimozione dei nastri sono: 1. Acqua; 2. Cicloesano; 3. Alcool etilico; 4. Acetato di etile; 5. Acetone; 6. Tetraidrofurano; 7. Toluene; 8. Xilene e 9. N,N,Ndimetilformammide.

Dei solventi elencati, solo il cicloesano ha lasciato i componenti dei media grafici (in corrispondenza o nelle vicinanze dei nastri autoadesivi), come la penna a sfera, il pennarello e gli inchiostri da stampa contemporanea, immutati dopo l'immersione o l'applicazione con l'aerografo. Tutti gli altri solventi elencati hanno causato modifiche visibili i dei componenti delle tecniche artistiche citate. L'evidenza dei fatti, vale a dire il rilevante numero di solventi che solubilizzano i media grafici e la cui tossicità specifica comporta rischi alla sicurezza oltre che alla salute ci ha spinti a riconoscere che questo tipo d'intervento di conservazione richiede un nuovo approccio.

In particolare, sono stati sperimentati con successo nel corso del progetto NANORESTART (Horizon 2020 research and innovation programme, grant agreement No. 646063) due metodi innovativi. Nel primo è stato utilizzato il carbonato di dietile confinato in un organogel. Questo solvente è stato selezionato per il suo basso impatto eco-tossicologico, la capacità di attraversare i polimeri come il cellophane, il polipropilene e l'acetato di cellulosa e l'abilità a far rigonfiare gli adesivi a base acrilica. Interessante è stato anche l'uso dell'organogel (in questo caso a base di meta-acrilato d'etile) che con la sua rete polimerica permette di controllare la diffusione, la penetrazione ed il tasso di evaporazione del solvente, o della miscela di solventi, che trasporta. L'invasività dell'intervento è stata ulteriormente minimizzata grazie all'applicazione del gel caricato di solvente direttamente sulla superficie esterna del nastro che attraversando lentamente il supporto provoca un rigonfiamento dell'adesivo, ne facilita la rimozione senza che il solvente arrivi fino al supporto dell'opera d'arte.

L'efficacia del metodo è stata appurata mediante test su campioni preparati *ad hoc* e corrispondenti a dei casi studio. Le analisi di microscopia confocale, di spettroscopia ATR-FTIR, le misure reologiche e lo studio d'evaporazione hanno permesso di capire la cinetica di penetrazione del solvente all'interno del nastro e di verificare l'assenza di residui nel materiale cartaceo [5]. In un secondo tempo i sistemi sviluppati sono stati impiegati nella rimozione di nastri su due disegni di Federico Fellini e su un disegno di Keith Haring [5].

Nel secondo metodo invece si impiega una microemulsione chiamata EAPC confinata in un idrogel. Il fluido nanostrutturato è composto da acqua, sodio dodecil solfato, 1-pentanololo, acetato di etile e carbonato di propilene. EAPC ha mostrato un'alta efficienza nella rimozione dei rivestimenti acrilici dalle superfici artistiche. Inoltre, sia l'acetato di etile che il carbonato di propilene sono classificati come solventi ecologici.

Di singolare considerazione è poi il fatto che la microemulsione confinata nell'idrogel (in questo caso a base di p(HEMA)/PVP) sia liberata in modo graduale e lento garantendo il controllo del processo di restauro. A seconda della loro composizione e delle proprietà viscoelastiche, gli idrogel possono essere facilmente modellati per adattarsi perfettamente all'impronta del nastro determinando un rilascio controllato anche della diffusione laterale del nanofluido, evitando così di bagnare il supporto dell'opera e le eventuali gore che ne potrebbero risultare.

Dopo una serie di test applicativi su modelli invecchiati artificialmente, la rimozione di nastri autoadesivi originali è stata eseguita applicando la stessa procedura per tre disegni selezionati: l'idrogel caricato con la microemulsione è stato applicato sui nastri dopo che è stato modellato per corrispondere esattamente al profilo e alle dimensioni del nastro. Dopo cinque minuti di applicazione, il rigonfiamento dell'adesivo è stato testato con un bisturi. Il distacco è stato effettuato con un'azione meccanica molto delicata, senza rischio di abrasione del supporto cartaceo sottostante e, grazie ad un meccanismo di *dewetting*, il supporto e l'adesivo si sono staccati insieme dal supporto dell'opera. L'inedito intervento è stato realizzato su un disegno di Lucio Fontana, un acquerello di Maria Helena Vieira da Silva e da un disegno della metà del XVI secolo il cui nastro autoadesivo rimosso nascondeva l'iscrizione *di mano di Michelangelo* [1].

Nel caso dei nastri adesivi analizzati in questo lavoro la selezione del miglior metodo di rimozione dei nastri adesivi dipende da diversi fattori ma le seguenti considerazioni terranno conto principalmente della composizione chimica dell'adesivo e del backing. In particolare, il carbonato di dietile confinato in organogel è stato impiegato per rimuovere il nastro ordinario, marrone e il nastro magico, proprio perché il solvente è capace di attraversare le pellicole di protezione in polipropilene e in acetato di cellulosa e rigonfia gli adesivi a base acrilica.

La microemulsione EAPC confinata in idrogel, invece, sulla base dell'affinità chimica il fluido ha penetrato efficacemente il supporto del FPP e del Masking Tape, grazie all'idrofilia e alla porosità del supporto a base di cellulosa dei due nastri e del Magic Tape grazie alla parziale solubilità dell'acetato di cellulosa in acetato di etile e carbonato di propilene. Mentre per il supporto a base di polipropilene non si è notata alcuna interazione. Questa microemulsione consente di rimuovere gli adesivi acrilici del FPP e del nastro magico.

Per i nastri adesivi a base stirenica, MKT e IT, invece, sono stati testati dei solventi tradizionali, seguendo il diagramma Teas; la sperimentazione mediante solventi green è ancora in corso.

Conclusioni

In questo lavoro si è presentato un esempio di come le analisi scientifiche siano un valido supporto alle attività di restauro. In particolare, dalla caratterizzazione chimica dei vari costituenti di sei nastri adesivi presi in esame è stato possibile individuare due classi di adesivi, una a base acrilica ed una di copolimeri a blocchi di stirene, e quattro diverse classi di backing, ossia il polipropilene, l'acetato di cellulosa, la carta e il polivinilcloruro. I nuovi metodi di rimozione, messi a punto sulla base di risultati di una recente sperimentazione, prediligono l'impiego di solventi eco-compatibili e atossici, efficaci per la rimozione di adesivi acrilici che sono confinati in gel a rilascio lento e graduale che consente un controllo dell'intervento di restauro.

BIBLIOGRAFIA

1. Bonelli Nicole, Montisa Costanza, Mirabile Antonio, Berti Debora, Baglioni Piero, “*Restoration of paper artworks with microemulsions confined in hydrogels for safe and efficient removal of adhesive tapes*” in Proceedings of the National Academy of Sciences 2018, 115 (23) 5932-5937
2. Mirabile Antonio, “*Il disegno di architettura su lucido: L’esperienza al Musée National d’Art Moderne Centre Pompidou a Parigi*” in Atti del convegno sulle Carte lucide e carte trasparenti nella pratica artistica tra otto e novecento: uso, conservazione e restauro, Tortona, 3-4 settembre 2014, p. 149-160
3. Smith Merrily A., Jones Norvell M. M., Page Susan L., Dirda Marian Peck “*Pressure-Sensitive Tape and Techniques for its Removal from Paper*” in Journal of the American Institute for Conservation 1984, 23(2), p. 101-113
4. Bart, J. C. J. “*Plastics Additives*”; IOS Press: Amsterdam, The Netherlands, 2006
5. Pamela Ferrari, David Chelazzi, Nicole Bonelli, Antonio Mirabile, Rodorico Giorgi, Piero Baglioni “*Alkyl carbonate solvents confined in poly (ethyl methacrylate) organogels for the removal of pressure sensitive tapes (PSTs) from contemporary drawings*” in Journal of Cultural Heritage 2018, 34 p. 227-236
6. Kumooka Y. “*Analysis of deteriorated rubber-based pressure sensitive adhesive by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry and attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectrometry*” in Forensic Science International 2006, 163 p. 132-137
7. Canellas Elena, Nerin Cristina, Moore Rowan, Silcock Paul J. “*New UPLC coupled to mass spectrometry approaches for screening of non-volatile compounds as potential migrants from adhesives used in food packaging materials*” in Analytica Chimica Acta 2010, 666 p. 62-69
8. Baglioni Michele, Berti Debora, Teixeira Josè, Giorgi Rodorico, Baglioni Piero “*Nanostructured surfactant based systems for the removal of polymers from wall paintings: A Small-Angle Neutron Scattering Study*” 2012 in Langmuir 28 p.15193-15202
9. Learner Tom “*Analyses of modern paints*” in Getty Conservation Institute Publications, Los Angeles, 2004
10. Wampler Thomas P. “*Applied Pyrolysis Handbook*” Second Edition 2007, CRC Press -Taylor & Francis Group
11. Chiantore Oscar, Riedo Chiara, Sclarone Dominique “*Gas chromatography-mass spectrometric analysis of products from on-line pyrolysis/silylation of plant gums used as binding media*” in International Journal of Mass Spectrometry, 2009, 284 p. 35-41
12. Truffa Giachet Miriam, Schilling Michael, McCormick Kristen, Mazurek Joy, Richardson Emma, Khanjian Herant, Learner Tom “*Assessment of the composition and condition of animation cels made from cellulose acetate*” in Polymer Degradation and Stability, 2014, 107 p. 223-230
13. Cheng-Yu Wang Frank “*Polymer additive analysis by pyrolysis-gas chromatography I. Plasticizers*” in Journal of Chromatography A, 2000, 883 p. 199-210
14. Tsuge Shin, Ohtani Hajima, Watanabe Chuichi “*Pyrolysis GC/MS data book of synthetic polymers. Pyrograms, Thermograms and MS of Pyrolyzates*” Elsevier 2011
15. Mess Aylin, Vietzke, Jens-Peter, Rapp Claudius, Francke Wittko “*Qualitative Analysis of Tackifier Resins in Pressure Sensitive Adhesives Using Direct Analysis in Real Time Time-of-Flight Mass Spectrometry*” in Analytical Chemistry 2011, 83, p.7323-7330
16. Zięba-Palus J., Augustynek A. “*Effective differentiation of adhesive tapes by the use of infrared spectroscopy and pyrolysis -gas chromatography for criminalistic purposes - Problems of Forensic Sciences*, 2011, LXXXVI p. 103-113

IL RESTAURO DI UNA TESTA COLOSSALE DEI MUSEI CAPITOLINI. STUDIO E VALORIZZAZIONE DI UN INUSUALE INTERVENTO PRECEDENTE: LO ZOLFO COME MATERIALE DI ALLETTAMENTO DEI PERNI

Antonella Basile*, Valeria Bruschi, Chiara Di Marco*****

* Funzionario conservatore restauratore, Istituto Superiore per la Conservazione e per il Restauro (ISCR), via di San Michele, 23, 00153, Roma, 3479443338, abasile09@gmail.com

** Restauratrice, laureata ISCR, via del Velodromo 35, 00179, Roma, 3349956807, bruschi.valeria86@gmail.com

*** Restauratrice, laureata ISCR, via del Castello 7, 67020, Fossa (AQ), 3803621354, chiara,dimarco@hotmail.it

Abstract

La scultura, proveniente dai Musei Capitolini, rappresenta una testa colossale di divinità femminile (alta 68 cm, escluso il piedistallo) composta da numerosi frammenti marmorei assemblati tra loro nel corso della sua complessa storia conservativa.

Il restauro si è svolto nell'ambito della borsa di studio istituita dalla "Fondazione Paola Droghetti" presso i laboratori di restauro dell'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro (ISCR).

Le problematiche conservative dell'opera sono attribuibili sia alla modalità di ricomposizione dei frammenti di cui è composta, sia alle condizioni espositive a cui è stata sottoposta nel corso dei numerosi spostamenti.

Si tratta di quattordici frammenti, alcuni dei quali appartenenti a specie marmoree diverse, tenuti insieme da un articolato sistema di imperniaggi. Gli interstizi tra un frammento e l'altro sono stati colmati da stratificazioni di malte di diversa tipologia, di cui la più estesa colmava tutta la porzione posteriore della scultura.

Le indagini diagnostiche effettuate sono state eseguite dai laboratori scientifici dell'ISCR, dal laboratorio di geochimica ambientale del CNR di Roma e dalla MOST CND S.r.l. e hanno permesso di caratterizzare la maggior parte delle specie marmoree, di studiare la tipologia dei vincoli metallici e il loro rapporto con lo stato di conservazione generale dell'opera.

La complessità degli ancoraggi si è palesata soltanto in seguito all'eliminazione della stratificazione di scialbi e stuccature che hanno evidenziato la presenza di una grande staffa in bronzo inserita nel retro della scultura al fine di tenere insieme i frammenti principali. Tale vincolo metallico era completamente allettato in zolfo puro, materiale d'intervento piuttosto insolito, che mostra una tecnica operativa inconsueta rispetto ai restauri storici tradizionali. Il ritrovamento ha permesso di studiare e approfondire l'utilizzo di questo materiale in ambito conservativo e di progettare una modalità di copertura rimovibile del retro, che permetta di mantenere visibile per ulteriori studi il peculiare intervento precedente, evitando l'applicazione di una nuova stuccatura a chiusura del retro e di monitorare periodicamente lo stato di conservazione dell'elemento metallico.

A tale scopo è stata realizzata una struttura in carbonio, laminata direttamente sul retro della testa e trattata cromaticamente per non interferire con la visione estetica complessiva dell'opera. La copertura si aggancia al retro della scultura con un sistema di incastri che sfrutta la morfologia della superficie senza rendere necessario l'inserimento di nuovi perni, evitando così di compromettere l'integrità dell'opera.

Introduzione

È ormai assodato che ogni intervento di restauro non debba essere soltanto progettato in base alla tipologia dei materiali costitutivo dell'opera, né considerato un susseguirsi di procedure standardizzate. Per questa ragione viene rivolta sempre maggiore attenzione allo studio della storia conservativa e all'analisi degli interventi precedenti subiti nel corso del tempo. Tale studio, se supportato da indagini diagnostiche appropriate, consente di affrontare in maniera critica e cosciente un intervento finalizzato sia alla corretta conservazione che alla valorizzazione dell'opera d'arte.

Il restauro della 'Testa colossale di divinità femminile con diadema', appartenente alle collezioni Capitoline, è stato svolto sulla base di questo assunto. La collaborazione di diverse professionalità storico-scientifiche ha permesso di apportare un prezioso contributo sia alla fase conoscitiva dell'opera che progettazione dell'intervento stesso.

Tecnica esecutiva, interventi precedenti e stato di conservazione.

L'intricata storia conservativa della testa colossale si sviluppa nell'arco dei secoli in cui è stata sottoposta a diversi interventi di restauro che ci hanno restituito un'opera alquanto complessa e di difficile interpretazione, tanto da

rendere difficoltoso, in una prima fase conoscitiva, l'individuazione di un vero e proprio nucleo originale. La scultura si presenta infatti come un assemblaggio di quattordici frammenti di differenti specie marmoree, accostati tra loro tramite perni e staffe, per costruire l'immagine della divinità che oggi vediamo (Fig. 1).



Figure 1 e 2. Fronte e retro della scultura, prima del restauro

Una prima grande distinzione può essere fatta tra:

1. Frammenti appartenenti allo stesso blocco marmoreo, riassemblati tra loro in seguito a rottura.
2. Frammenti corrispondenti a inserti di restauro, che concorrono alla realizzazione dell'immagine che oggi vediamo.
3. Piccoli inserti lapidei realizzati per colmare le mancanze della figura.

Il retro della scultura era colmato da una stratificazione di malte di varia composizione (Fig.2) realizzato per nascondere i due incavi a sezione rettangolare, probabilmente funzionali all'ancoraggio di elementi non pervenuti. Gli interventi integrativi hanno avuto come scopo primario quello di restituire un aspetto completo e unitario a una serie di frammenti archeologici, seguendo l'orientamento tipico dei restauri settecenteschi [1]. A tal proposito, alcune ricerche storico-archivistiche, effettuate da storici dell'arte e archeologi dei Musei Capitolini, hanno permesso di accertare l'appartenenza dell'opera alla collezione Albani, primo nucleo costitutivo del museo risalente al 1733, avvalorando così la presenza dei numerosi rifacimenti mimetici [2].

Un'attenta analisi della tecnica esecutiva ha permesso di individuare discordanze, apparentemente poco percettibili, nella lavorazione dei vari frammenti principali che compongono la figura, mostrando una tecnica abile e virtuosa sia nella resa dei volumi che nella definizione dei tratti somatici.

La visione frontale della scultura mostra un volto composto da più frammenti, dai tratti somatici severi e con lievi differenze volumetriche. Le ciocche della chioma di sinistra sono leggermente più contenute rispetto a quelle di destra, in cui l'uso sapiente dello scalpello e del trapano crea ciocche ondulate e volumi corposi. Il trapano viene utilizzato per disegnare i cosiddetti "vermicelli", elementi di contrasto che enfatizzano la corposità delle singole ciocche. La stessa tecnica esecutiva è stata utilizzata per quelle di sinistra, appartenenti ad un altro frammento, ma con un risultato finale più contenuto (Fig.3 e 4).

La linea mediana della fronte è la guida per distanziare gli occhi cavi, appartenenti a due frammenti differenti e che mostrano lievi e quasi impercettibili difformità. Quello di destra ha l'arcata sopracciliare definita da una linea morbida e arcuata, la palpebra superiore, esternamente delimitata da una incisione a unghietto, è ampia e voluminosa; quella inferiore è lavorata con lo scalpello e definisce la forma dell'occhio cavo. Quello di sinistra, invece, tende a essere più sporgente, l'arcata sopracciliare ha un andamento sfuggente e la palpebra superiore è meno voluminosa e lavorata anch'essa con lo scalpello, ma a spigolo vivo.

La finitura delle superfici esterne, in particolar modo nell'incarnato, ha prediletto una lavorazione superficiale evidenziata dai segni di una accurata levigatura, realizzata con raspe sottili e abrasivi, ammorbidendo le tracce degli scalpelli, dell'unghietto e del ferro tondo. Le connessioni tra i frammenti erano state colmate da stuccature talvolta grossolane e le differenze di cromia uniformate da scialbi.

L'accurato trattamento delle superfici di contatto, l'utilizzo dei marmi dalla tonalità e dalla grana affini, l'elevata qualità del modellato con cui sono state riproposte le ampie parti di capigliatura, appaiono tutti segni di un restauro

ben fatto e ben mimetizzato. L'unico elemento che appare dissonante in questo quadro integrativo è dato dalla calotta cranica la quale, oltre che a essere costituita da un marmo più freddo e venato, è stata scolpita in maniera sommaria e poco ricercata (Fig.5) [3].



Figure 3, 4. Viste laterale destra, vista laterale sinistra dopo il restauro.
Figura 5. Differenza nella lavorazione della capigliatura in due frammenti.

La capigliatura in questo caso è stata realizzata alternando scalpello e unghietto a definire un andamento delle ciocche senza volume.

Vista la difficoltà nel distinguere alcune integrazioni di restauro dal nucleo più antico è risultata di fondamentale importanza caratterizzare le specie marmoree dei frammenti principali tramite indagini diffrattometriche e isotopiche, realizzate dai laboratori scientifici dell'ISCR in collaborazione con il CNR di Roma.

E' stato così possibile individuare i frammenti tra loro coerenti al fine di determinare un nucleo principale, realizzato in marmo Pario (Fig.6); questo è composto dai sette frammenti dalla parte centrale comprendenti il volto, il décolleté e la complessa struttura del retro (Fig.7). La calotta cranica è stata scolpita da un blocco in marmo di Carrara, mentre la capigliatura di sinistra in marmo docimio (Afyon). Più dubbia è invece la provenienza della porzione destra della capigliatura [4].



Figura 6. Restituzione grafica del nucleo principale in marmo Pario (V. Bruschi, C. Di Marco)
Figura 7. Vista del retro durante il restauro

L'intera opera presenta tracce evidenti di una prolungata esposizione all'aperto, evidenziata sia dalla presenza di croste nere e patine a ossalato di calcio, localizzate in numerose zone di sottosquadro, che dal differente comportamento delle diverse specie marmoree al degrado indotto dagli agenti atmosferici. Gli elementi in marmo di Carrara risultano essere i componenti maggiormente degradati. Inoltre, su porzioni di superficie ben delimitate è visibile una patina di colore scuro dovuta ad un pregresso attacco biologico che persisteva nella sua forma di resistenza.

L'opera è interessata da un quadro fessurativo rilevante attribuibile principalmente alla presenza di perni e staffe. Grazie all'ausilio di indagini elettromagnetiche e a ispezioni endoscopiche, realizzati dalla MOST CND S.r.l., è stato possibile accertarsi della presenza, del posizionamento e della dimensione di alcuni elementi metallici non visibili, come quello che vincola la testa al piedistallo [5].

Il quadro fessurativo del retro, è invece determinato dalla presenza di una grande staffa in bronzo e da un perno cilindrico posto in posizione orizzontale a bloccarla, inserito a pressione (Fig.7); La loro funzione era quella di vincolare gli elementi del nucleo centrale, venuti alla luce soltanto in seguito alla rimozione della stuccatura che colmava il retro.

Gli elementi metallici, entrati in contatto con gli agenti atmosferici durante il periodo di esposizione all'aperto, hanno subito un processo di corrosione con conseguente aumento di volume, provocando delle pressioni all'interno della struttura del marmo e determinandone la frattura.

La staffa in bronzo (lunga circa 25 cm e larga 4 cm) mostra un'insolita tecnica di allettamento, che rende questo intervento precedente unico nel suo genere; è infatti fissata all'elemento lapideo tramite zolfo puro (Fig. 8) [6].



Figura 8. Particolare del perno cilindrico allettato nello zolfo (V. Bruschi, C. Di Marco)

Figura 9. Immagine al microscopio ottico in luce visibile che evidenzia la morfologia dei cristalli di zolfo (G. Sidoti, L.Conti)

L'utilizzo di questo materiale per la realizzazione di imperniaggi è una caratteristica piuttosto inconsueta poiché i vincoli metallici vengono solitamente allettati in piombo, resine o in gesso, almeno nella maggior parte dei restauri storici. Le caratteristiche fisico-meccaniche di questo materiale, dalla struttura cristallina (Fig. 9), si discostano notevolmente dall'utilizzo in campo strutturale a causa dell'estrema fragilità se sottoposto a stress meccanici quali compressione, torsione o allungamento. Tali caratteristiche rendono lo zolfo un materiale poco idoneo alla funzione che dovrebbe svolgere in questo caso, ovvero quella di ammortizzamento delle forze tra i movimenti degli elementi metallici in contrapposizione a quelli della pietra. Per questo motivo lo zolfo della porzione esterna risultava totalmente fratturato, non svolgendo più alcuna funzione contenitiva (Fig. 11).

Tutta la porzione posteriore della scultura era colmata da una stratificazione di stuccature di diversa composizione e colore che ne modellavano il profilo partendo dal bordo inferiore della calotta fino ad inglobare l'elemento lapideo di forma irregolare, posizionato nella parte bassa dell'opera (Fig. 2).

La stuccatura più interna è composta da una malta cementizia a base di calce, gesso e silicati, dalle caratteristiche prettamente idrauliche che ne conferiscono una notevole durezza [7]. Quella intermedia presentava talvolta una colorazione giallo intenso, a causa dell'aggiunta di piccole percentuali di zolfo. La più esterna era composta da gesso patinato.

Le prime due malte sono da ritenersi precedenti all'esposizione della scultura in esterno poiché presentano una forte alterazione cromatica dovuta presumibilmente al lungo periodo di esposizione all'aperto; il tono generale delle stuccature virava superficialmente verso tonalità giallo-brune (Fig. 5). Ed è proprio per nascondere tale alterazione e per colmare le zone di frattura che è stato steso in un secondo momento e in maniera grossolana un quantitativo disomogeneo di gesso, patinato con una tinta grigiastra, per uniformarlo alla cromia generale della statua.

Un ulteriore malta, con la stessa composizione della prima, ma con inerti di calcite di maggiore dimensione, è stata inserita in uno scasso alla base del piedistallo che ne ha modificato l'inclinazione proiettando il baricentro verso la parte anteriore (Fig. 10).

Intervento di restauro

Le operazioni di restauro sono state messe a punto in seguito a prove preliminari di pulitura delle superfici, a saggi stratigrafici sulle malte e a indagini diagnostiche mirate.

Una volta rimosso il sottile strato di scialbo gessoso, che rendeva cromaticamente uniformi le diverse superfici e occultava le croste nere presenti, si è proceduto con la rimozione graduale delle malte che colmavano i giunti tra i frammenti. L'asportazione della grande stuccatura sul retro ha reso visibile l'inusuale utilizzo dello zolfo puro, posto a diretto contatto con l'elemento metallico. Questo materiale, come già detto, è stato utilizzato in sostituzione del più frequente piombo, ma non possedendone le stesse caratteristiche meccaniche, nel corso del tempo si è infragilito e fratturato, non svolgendo più né un'azione isolante nei confronti dell'umidità, né una funzione riempitiva della sede di alloggiamento (Fig. 11). Per questo motivo e per consentire lo svolgimento delle operazioni di restauro degli elementi metallici e lapidei al di sotto di questo, si è scelto di rimuovere la porzione degradata esterna conservando quella interposta tra la grappa e i frammenti marmorei, in buono stato di conservazione.

La staffa in bronzo, spina dorsale dell'opera, risultava fortemente degradata vista la presenza di uno spesso strato di prodotti di corrosione (dello spessore di 4-5mm) che destavano serie preoccupazioni sulle condizioni di stabilità dell'opera frammentata. Il trattamento del bronzo è avvenuto rimuovendo meccanicamente i prodotti di corrosione fino al raggiungimento della patina composta da prodotti stabili, non polverulenti. Sulla superficie è stata poi applicato un inibitore di corrosione al fine proteggere le superfici e limitare gli scambi di umidità con l'ambiente esterno.

L'ultima stuccatura rimossa è stata quella posta alla base del piedistallo (che proiettava in avanti la scultura).

Data la dimensione dell'opera e la presenza di un importante quadro fessurativo è stato deciso di valutare la stabilità della scultura in base ai rapporti di equilibrio delle varie componenti. Tale valutazione è stata possibile grazie all'utilizzo di indagini microsismiche, realizzate dalla MOST CND S.r.l al fine di valutare la stabilità del baricentro sotto sollecitazione microvibrazionale. L'indagine ha confermato un leggero spostamento del peso verso la parte frontale destra (Fig. 10). Tale disquilibrio è stato corretto con la completa rimozione della stuccatura che ha consentito di ripristinare il corretto asse della scultura.



Figura 10. Verifica dell'assetto con livella laser

Figura 11. Rimozione della stuccatura che rivela l'estrema fratturazione dello zolfo esterno (V. Bruschi, C. Di Marco)

Terminata la rimozione di tutte le stuccature, sono state effettuate le operazioni di messa in sicurezza di alcuni elementi a rischio di caduta e l'intera opera è stata sottoposta a trattamento biocida. Trascorso il tempo necessario ad assicurare l'efficacia del trattamento, ha avuto inizio la fase di pulitura delle superfici, diversificata in base alle caratteristiche del materiale lapideo e alle peculiarità delle patine da rimuovere [8].

In ultimo sono state realizzate le stuccature tra i giunti dei frammenti con una tonalità tale da adattarsi alle diverse cromie dei marmi presenti e in leggero sottolivello. Così facendo i frammenti che concorrono a formare l'immagine

che oggi vediamo, frutto di una complessa storia conservativa, sono distinti e le vicissitudini dell'opera leggibili (Fig. 14 e 15).

Realizzazione della copertura rimovibile del retro

Dato il singolare rinvenimento (staffa bronzea allettata nello zolfo) emerso durante le fasi di intervento e la scelta di volerlo mantenere visibile ai posteri, è stato chiesto al Laboratorio di Fisica dell'ISCR di elaborare un progetto per la realizzazione di un elemento di copertura del retro di rinforzo e protezione, escludendo l'inserimento di nuovi perni all'interno del manufatto. Per la realizzazione del "guscio" si è scelto di utilizzare del tessuto di carbonio impregnato di resina epossidica ancorato alla scultura sfruttando i sottosquadri del manufatto, senza intaccare la materia.



Figure 12 e 13. Progetto esecutivo (elaborazione grafica a cura di J. Russo). A destra, piastra in carbonio in posizione

A tal proposito sono stati realizzati tramite calco diretto degli inserti di bloccaggio estraibili (in rosso nella fig. 12) con funzione di ancoraggio ai sottosquadri dell'incavo centrale.

Successivamente si è proceduto alla laminazione delle fibre di carbonio, direttamente sulla scultura (adeguatamente protetta tramite tessuto aeratore ed inserita in sacco sigillato in cui è stato creato il vuoto), per assicurare una perfetta aderenza alle superfici. Sono stati utilizzati 5 strati di tessuto biassiale con orientamento delle fibre isotropo, impregnati con resina epossidica (Fig. 13).

Al supporto, reso rigido e indeformabile dopo 16 ore di cura sotto vuoto a temperatura di 24° C, sono stati aggiunti (fuori opera) 2 strati di tessuto twill [9].

L'ultima fase ha visto l'inserimento di bussole in acciaio ai componenti in carbonio, per consentire l'aggancio della copertura agli inserti di bloccaggio.

Terminate le fasi di realizzazione si è proceduto ad accordare cromaticamente il nuovo elemento in carbonio alla tonalità dell'opera, così da non risultare esteticamente dissonante (Fig. 16).



Figure 14, 15. Fronte e retro dopo il restauro. **Figura 16.** Retro con copertura in carbonio trattata cromaticamente (V. Bruschi, C. Di Marco)

Approfondimento sull'uso dello zolfo

La scoperta inusuale dello zolfo, sia fuso per l'allettamento di elementi metallici, che addizionato ad alcune malte per la riadesione di frammenti marmorei, ci è sembrato una valida occasione per un approfondimento.

La maggior parte dei manuali artistici riportano l'uso dello zolfo come materiale versatile per la realizzazione di copie (dette anche 'zolfi' o 'solfi') di monete, pietre preziose o gioielli, quali i cammei (Fig. 17).

Grazie al basso punto di fusione (115°C) lo zolfo minerale viene scaldato, pigmentato a piacimento e fuso in particolari pentolini; una volta liquefatto viene colato in apposite controforme per creare una copia dettagliata dell'oggetto. Sulla tecnica di queste particolari realizzazioni è possibile trovare un interessante riferimento nell'operato di G. A. Aldini nelle sue 'Istituzioni glittografiche' del 1785.

A volte lo zolfo poteva essere utilizzato per creare piccole matrici di elementi modulari in stucco, come dimostrano alcuni esempi ritrovati nei laboratori dell'ISCR, composti da un guscio in gesso all'interno del quale è contenuta la matrice in zolfo dell'elemento decorativo da riprodurre. In questo caso la presenza del guscio in gesso è necessaria per dare resistenza alla controforma in zolfo che altrimenti risulterebbe fragile e friabile (Fig. 18).

Per quanto riguarda il suo utilizzo in architettura è risultato di rilevante importanza un testo del 1806 che parla dell'utilizzo dello zolfo come materiale idrorepellente utilizzato per l'allettamento di perni metallici nella pietra.

Si tratta del manuale 'Pratica ed economia dell'arte di fabbricare' di Giovacchino Pagani, la cui prima edizione risale al 1789. Il testo nella pagina 28 del capitolo dedicato ad 'Altri cementi per ristuccare la scommessure delle pietre, e gli squarci' riporta:

«Modernamente si è cominciato a saldare il ferro, o rame nell'incavatura delle pietre, ciò che noi diciamo impiombatura servendosi di zolfo liquefatto invece del piombo; tali saldature di zolfo resistono stupendamente nell'interno, e esterno delle mura per la collegamento delle pietre marmi ec. esperienza che può fare ciascuno con tenuissima spesa».

Un altro testo del 1832 riporta anch'esso l'utilizzo dello zolfo per le impiombature, si tratta del 'Programma o sunti delle lezioni di un corso di costruzione' dell'ingegnere G. Caldolini in 'Scelta biblioteca dell'Ingegnere Civile' volume I. Il testo riporta in pag. 63:

«Le chiavi, i perni, gli arpesi, e le caviglie comunemente si impiombano nelle pietre. In questo modo riescono più ferme, ma il dispendio occorrente è eccessivo; si può sostituirvi lo zolfo, il ferro ossidato coll'aceto, ed anco una malta di coccio pisto, che ossidando il ferro dei perni produce col tempo una saldatura tenacissima».

Un'altra applicazione dello zolfo come additivo in particolari tipi di malte e stucchi. A questo proposito il manuale di Pietro Cataneo del 1553 costituisce una interessante testimonianza:

«Si miscelano 8 parti di calce di marmo, più una parte di zolfo vivo, più due parti di polvere di pomice e, rimestando spesso, si lasciano in recipiente per otto giorni. Si aggiunge del gesso cotto polverizzato quanto basta per ottenere una pasta, e inoltre un decotto di bucce di olmo, fieno greco e cime di malva: ingredienti che per il loro abbondante contenuto in amico, tannino e zucchero dovrebbero incrementare la lavorabilità dell'impasto sia in fase umida che una volta asciutto. Secondo il Cataneo inoltre, questo particolare impasto renderebbe lo stucco particolarmente resistente ad aria, vento, pioggia, ghiaccio [...]».

Queste informazioni, ci aiutano a comprendere e giustificare l'inconsueta presenza di questo materiale per l'allettamento dei perni e staffe; consentendo di delineare un ipotetico periodo in cui potrebbe essere stato realizzato l'intervento che ha visto l'inserimento della staffa in bronzo nel retro della statua.

In particolar modo G. Pagani nel 1789, con il termine 'Modernamente' induce a pensare che interventi di questo tipo possano essere temporalmente collocati a partire dalla seconda metà del 1700, data che corrisponderebbe alla

prima pubblicazione dello scritto e che è di poco successiva all'annessione della collezione Albani ai Musei Capitolini (1733).



Figura 17 e 18. “Zolfi” per la realizzazione di copie di monete e matrice in zolfo per stucchi

NOTE

[1] La linea dominante del periodo, infatti, tendeva a completare in stile le mancanze dei reperti archeologici trascurando talvolta la coerenza dell'integrazione, che veniva molto spesso eseguita in base a una interpretazione soggettiva del frammento o a una volontà di ottenere un'identità chiara del personaggio raffigurato anche quando il frammento non lo consentiva. Vedi anche O. Rossi Pinelli, “Chirurgia della memoria: scultura antica e restauri storici”, in “Memoria dell'antico nell'arte italiana”, a cura di S. Settis, III, Torino 1986, pp. 183-249.

[2] Dalla documentazione in possesso dei Musei Capitolini, l'assetto attuale della scultura sembra essere stato lo stesso fin dall'ingresso nelle collezioni dei musei. La prima attestazione risale al 1736, quando fu collocata all'interno della Galleria al primo piano di Palazzo Nuovo, posta su una colonna in cipollino. Nel 1818-19 fu spostata nel Cortile dello stesso Palazzo, affianco alla fontana del Marforio. Vedi E. Dodero, “Le due teste di divinità di Palazzo Nuovo: storia, critica e vicende nelle collezioni capitoline”, in *Immagini di dea, due teste colossali dei Musei Capitolini*, Gangemi editore 2018, pp. 29-39.

[3] F. Giacomini, “A ogni testa il suo restauro”, in in “*Immagini di dea, due teste colossali dei Musei Capitolini*”, Gangemi editore 2018, pp.42.

[4] Pur possedendo caratteristiche macroscopiche assimilabili al marmo di Afyon, è difficile stabilire con certezza una corretta caratterizzazione, a causa della notevole variabilità isotopica del marmo docimio; alcuni elementi, come l'elevata composizione isotopica del carbonio, sono infatti più caratteristici del marmo pario. L. Conti, M. Brilli, “Il materiale costitutivo”, in *Immagini di dea, due teste colossali dei Musei Capitolini*, Gangemi editore 2018, pp. 91-93.

[5] L'indagine elettromagnetica è basata sull'impiego di pacometro integrato a scanner con array di sensori per la restituzione di mappature bidimensionali dei metalli posizionati all'interno della scultura. M. Tommasini, “Indagini microsismiche ed elettromagnetiche a supporto del restauro”, in *Immagini di dea, due teste colossali dei Musei Capitolini*, Gangemi editore 2018, pp. 97-101.

[6] L'identificazione del materiale è stata realizzata nei laboratori scientifici dell'ISCR. G. Sidoti, L. Conti, M. Botticelli, “Indagini sui materiali dei precedenti restauri”, in *Immagini di dea, due teste colossali dei Musei Capitolini*, Gangemi editore 2018, p. 95.

[7] Ibidem.

[8] Le croste nere sono state rimosse grazie all'applicazione alternata di compresse di polpa di cellulosa e ammonio carbonato e l'utilizzo della tecnologia Laser.

[9] R. Ciabattini, “Divinità con diadema. Progetto e realizzazione di un elemento di rinforzo e protezione”, in *Immagini di dea, due teste colossali dei Musei Capitolini*, Gangemi editore 2018, pp. 79-81.

BIBLIOGRAFIA

1. P. Cataneo, “*L'architettura*”, Venezia, 1553
2. G. A. Aldini, “*Istituzioni glittografiche*”, Cesena 1785
3. G. Pagani, “*Pratica ed economia dell'arte di fabbricare*”, Firenze 1806 (prima ed. 1789)
4. G. Caldolini, “*Programma o sunti delle lezioni di un corso di costruzione*”, in “*Scelta biblioteca dell'Ingegneria Civile*”, volume I, Milano 1832

5. O. Rossi Pinelli, *“Chirurgia della memoria: scultura antica e restauri storici”*, in *“Memoria dell'antico nell'arte italiana”*, a cura di S. Settis, III, Torino 1986
6. Pelagia O., *“The greek sculputures”*, ed. Cambridg University, 2008
7. Giuffredi A., *“Scultura in pietra, strumenti e tecnica”*, Alimea ed., Roma 2012
8. M. C. Laurenti, A. M. Cerioni a cura di, *“Immagine di Dea. Due teste colossali dei Musei Capitolini”*, Gangemi ed international, Roma 2018

Gruppo di lavoro I.s.C.R. direttore: Ficacci L., DL: Laurenti M.C., DO: Basile A., F.: Ciabattori R., I.S: Conti L., Sidoti G., Botticelli M, IF: Aramini F., D.G. e 3D: Rubino A., Provera F., Santangelo C.

Referenze fotografiche: Loliva E.

Gruppo di lavoro Musei Capitolini: Sovrintendente Presicce Parisi, C., DO: Cerioni A.M, Giacomini F.,DS: Doderò E.,

servizi M. E.: Magagnini A., Galletti T., progetto A: Pierlorenzi L., Panico N., Cucchi M., S.O. Zetema p. cultura, Movimentazione: Liguigli F. A.S Sas, I. M. E.: Tommasini M. (MOST CND)

DIAGNOSTICA, RICERCHE E STUDI APPLICATI

CONDIZIONI MICROCLIMATICHE, DEGRADO E IPOTESI DI INTERVENTO: IL CASO DELLA CHIESA DELLA NATIVITÀ DI MARIA A POLPENAZZE (BS)

Rosita Zanchi*

*Ingegnere, Rosita Zanchi, Via Zublino 55, 25010, San Felice d/B (BS), Tel. 3458870879, rosita.zanchi@tiscali.it

Abstract

Il testo propone i risultati di uno studio riguardanti il monitoraggio microclimatico e macroclimatico della Chiesa Parrocchiale di S. Pietro dedicata alla Natività di Maria, localizzata a Polpenazze del Garda (BS) in Piazza Biolchi. Obiettivo principale del lavoro è stato quello di valutare il formarsi di umidità di condensazione, a tale riguardo sono state osservate le condizioni microclimatiche interne alla chiesa e gli effetti termo-igrometrici generati dal funzionamento dell'impianto di riscaldamento ad aria durante il susseguirsi delle varie stagioni [1]. I dati micro e macroclimatici raccolti sono stati analizzati al fine di verificare se esiste una connessione tra le patologie riscontrabili nell'edificio religioso, rappresentate nelle tavole di rilievo delle patologie di degrado, ed i risultati dell'indagine. Oltre alle variazioni diurne e notturne di UR e T [2] del microclima interno rispetto al macroclima esterno all'edificio, si è eseguita la mappatura termo-igrometrica e, in seguito all'attivazione dell'impianto di riscaldamento ad aria, sono stati rilevati i tempi di diffusione del calore illustrati in una planimetria dell'edificio. Nello specifico, è stata rappresentata la stratificazione del UR e T fino alla quota del cornicione a +10 m dal livello del pavimento in prossimità dell'attacco della volta a botte lignea decorata. Poiché le 2 griglie di uscita del riscaldamento ad aria calda affiancano un Crocefisso ligneo policromo datato 1598, collocato lungo la navata nel lato sinistro, si è approfondito lo studio del suo stato di conservazione raccogliendo i dati di T e UR ai piedi del Crocefisso per un arco temporale settimanale e misurando la T in uscita dalle grate dell'aria calda prossime all'opera lignea. Alla fine del monitoraggio si è avanzata un'ipotesi di intervento in cui si è proposto un impianto di riscaldamento a pavimento, oltre ad individuare esternamente soluzioni per risolvere un problema di degrado delle superfici esterne e interne causato dall'acqua piovana che cade lungo il fianco della chiesa in una trincea a cielo aperto.

Introduzione

La chiesa di Polpenazze del Garda si trova sulla sponda bresciana del lago di Garda, l'esigenza di costruire una nuova chiesa all'interno della comunità locale si manifesta nel 1561. I lavori di costruzione iniziano più tardi verso la fine degli anni '70. Il progetto e la direzione sono attribuiti all'arch. Giulio Todeschini, nel 1585 i muri perimetrali sono innalzati inglobando parte delle murature del castello recetto verso ovest. Al contrario, verso sud una torre del castello viene completamente demolita per fare spazio alla facciata della chiesa. L'edificio è quindi il risultato di una stratificazione costruttiva e di un adattamento delle sue forme a preesistenze storiche. Attualmente, la facciata sul lato S/W e il lato S/E sono totalmente liberi, mentre gli altri lati sono adiacenti a costruzioni facenti parte dell'antico Castello di Polpenazze in particolare, il fronte ovest è costituito dalla muraglia del Castello. Il riuso dell'antico muro ha determinato la formazione di un pertugio, una sorta di "trincea" a cielo aperto, che si sviluppa lungo le prime due campate della Chiesa Parrocchiale e l'ex-oratorio attiguo. Questa discontinuità non è leggibile all'esterno poiché l'attuale facciata dell'edificio è il risultato del rifacimento stilistico dei primi del '900 su progetto dell'Arch. e dell'Ing. Tagliaferri, che hanno stilisticamente reso unitario il prospetto della Chiesa Parrocchiale e quella dell'attiguo ex-oratorio [3].



Figura 1. Localizzazione "trincea" tra la Chiesa Parrocchiale e l'ex-oratorio attiguo



Figure 2 e 3. Condizioni volta a botte lignea campata verso abside e campata uscita aria calda, grate uscita aria calda impianto di riscaldamento inserite a fianco del Crocefisso ligneo datato 1598.

La chiesa presenta una navata unica caratterizzata da una particolarissima volta a botte con assi in legno decorate costruita durante il biennio 1806-1807. Lungo i lati perimetrali nella volta a botte si innestano le lunette contraddistinte dall'alternanza di finestre e di tamponamenti con disegno a trompe - l'oeil, la volta evidenzia diversi effetti di degrado: distacco della pellicola pittorica, perdita di colore, alterazione cromatica, perdita finitura superficiale, macchie, deformazioni assi, annerimento per deposito superficiale. La muratura dell'edificio evidenzia all'interno macchie di umidità di risalita diffuse e in alcune zone sono presenti lacune della finitura con affioramento della muratura interessata da efflorescenza. Gli stucchi del cornicione e dei capitelli in generale manifestano mancanze, efflorescenze, polverizzazioni, pitting e annerimento determinato dal deposito superficiale.

Obiettivi del monitoraggio

Prima di procedere all'indagine di monitoraggio si è osservata la geometria di distribuzione del degrado all'interno della chiesa, ponendo particolare attenzione alla volta lignea. È stato verificato come i fattori scatenanti le problematiche di distacco delle pellicole pittoriche e di deformazione del legno non sono riconducibili ai ponti termici delle finestre. Il degrado è localizzato sia nelle campate con finestre che in quelle tamponate e anche in zone distanti dal perimetro delle murature, con effetti legati più a livelli di saturazione del legno e a percolazione dell'acqua che non alla semplice condensazione.

Un altro aspetto indagato preliminarmente ha riguardato la campata della volta lignea che presenta uno stato di conservazione migliore di tutte le altre, caratterizzata da modesti fenomeni di distacco della pellicola pittorica dalla superficie lignea. Essendo questa la campata in cui si trovano le bocche di uscita dell'aria calda del riscaldamento, quindi potenzialmente quella che poteva essere soggetta a maggiori sbalzi termici e conseguentemente con più danni, si è valutato di approfondire quali fenomeni scaturissero nelle altre campate, più distanti dalla fonte di calore, perciò più fredde.

Da queste prime osservazioni si è proceduto con un programma di indagini specifico con lo scopo di capire se i fenomeni di condensazione rilevati si innescassero a seguito dell'attivazione intermittente dell'impianto di riscaldamento e, conseguentemente se le patologie riscontrate potessero essere ricondotte a queste cause.

Strumentazione monitoraggio e dati rilevati

Nello svolgimento dello studio si sono utilizzati il termoigrografo meccanico a “capello” SIAP 7006 (intervallo misura ammesso: °C da -10° a 40°, UR da 0 a 100), il termoigrografo elettronico portatile HANNA Instruments HI8064 per il rilievo di misure puntuali di T e UR (intervallo misura ammesso: °C da 0° a 60°, UR da 10 a 95), l'USB datalogger EXTECH RHT10 (intervallo misura ammesso: °C da -40° a 70°, UR da 0 a 100) e la postazione meteo del GVG posta nel raggio di 3,6 Km per i dati climatici esterni.

La preventiva pianificazione della procedura operativa ha assunto un ruolo fondamentale nella resa del lavoro svolto, infatti sono state previste schede d'interfaccia dati tra i valori raccolti dai diversi strumenti al fine di rielaborare i risultati e compararli per una valutazione globale e complessiva. I fogli di calcolo impostati hanno permesso di elaborare al meglio e in modo semplice l'elevata quantità di dati raccolti manualmente o ricavati dalle tabelle Excel del datalogger. Il SIAP 7006 è uno strumento che necessita di un piano di manutenzione per il

suo corretto funzionamento. Oltre al cambio settimanale del tabulato e all'aggiunta dell'inchiostro al pennino, va eseguita la verifica periodica della sua taratura, controllando se si è modificata a seguito di un eventuale allentamento del fascio di capelli e qualora sia necessario bisogna registrare manualmente con apposita strumentazione la sua taratura. Questa manutenzione operativa effettuata ripetutamente è indispensabile per garantire la precisione di rilievo sul lungo periodo; pertanto gratificante è stato apprendere che nei mesi di rilievo la taratura si era mantenuta in linea con quella del datalogger. Grazie a questa precisione di rilievo, si sono potuti comparare i dati dello strumento meccanico a quelli del datalogger, e questo ha permesso di stabilire che l'edificio, quando non è in funzione l'impianto di riscaldamento, ha un comportamento in pianta e in quota tendenzialmente “uniforme”.

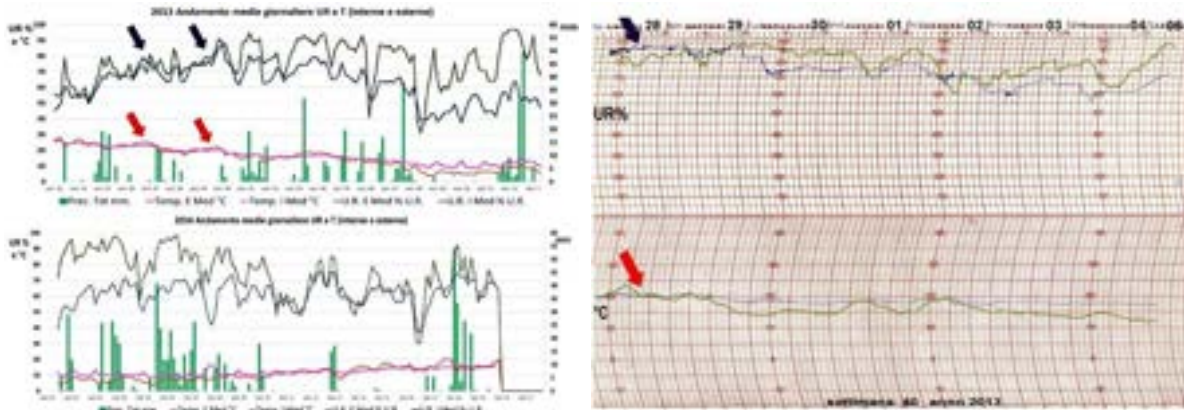


Figure 4 e 5. Grafici di riepilogo andamento delle medie giornaliere UR e T (interne e esterne) e precipitazioni da settimana 33 dell'anno 2013 a settimana 20 dell'anno 2014, in cui si nota che al cambio di stagione autunnale la chiesa è riuscita a mantenersi sensibilmente più fredda delle temperature esterne per tutto il giorno, innescando l'innalzamento del livello di UR all'interno dell'edificio, poi la chiesa a fronte di un inverno umido ha mantenuto un livello di UR inferiore di 25% - 30% rispetto ai valori climatici esterni fino al cambio stagione. Tabulato termografo a capello settimana 40 su cui sono stati sovrapposti i dati climatici esterni, evidenza che la chiesa è riuscita a mantenersi sensibilmente più fredda delle temperature esterne per tutto il giorno, compreso le ore della notte.

Avendo a disposizione un solo termografo a “capello” per il rilievo dati in continuo e un solo datalogger, è divenuta basilare l'operazione preliminare di identificare i luoghi di rilievo più efficaci all'interno della chiesa. La prima operazione è stata quella di mappare con il termografo elettronico HANNA Instruments HI8064 l'edificio, la distribuzione di UR e T, in particolare la presunta uniformità. Contemporaneamente, si sono rilevate le posizioni delle aperture e il formarsi di correnti d'aria generate dalla semplice apertura delle porte. Infine si sono considerati quali fossero i flussi d'aria creati dall'impianto di riscaldamento presente.



Figure 6 e 7. Localizzazione SIAP 7006 indicata con pallino blu: schema del flusso d'aria generato dall'attivazione dell'impianto di riscaldamento, le frecce rosse indicano l'uscita dell'aria calda in parte immediatamente ricircolata, a fianco pianta Chiesa Parrocchiale e attiguo ex-oratorio, le frecce indicano il percorso dell'aria rilevato in condizioni di porte spalancate per entrambi gli edifici, le zone leggermente più umide sono quelle tratteggiate in rosso. Lato Sud/Est particolare di degrado attacco muro e pavimenti con efflorescenza.

La fase di studio microclimatico è iniziata il 06 agosto 2013. Vista l'interazione presente tra i due edifici (Chiesa e Oratorio), è stata svolta una prima mappatura termo-igrometrica considerando l'interno complesso, ma poiché le grandezze microclimatiche mutano continuamente, perché influenzate dalle condizioni meteorologiche, per definire con certezza la localizzazione dello strumento, il giorno che è stato posizionato si è provveduto a rifare la mappatura dell'edificio che ha fornito ulteriore conferma dell'andamento distributivo termo-igrometrico in pianta già rilevato in precedenza. La mappatura in pianta, che è stata rieseguita più volte nei mesi successivi, ha evidenziato anche che la distribuzione dei parametri si mantiene senza subire sostanziali modifiche a seguito dei cambi stagionali intercorsi o di ripetuti eventi di pioggia. Il dato di UR raccolto dallo strumento, è da

considerarsi rappresentativo del valore di tendenza di umidità presente in quell’istante all’interno dell’edificio, poiché le variazioni di UR a pari quota in pianta, più volte mappate, sono nell’ordine del $\pm 2\%$. Il termoigrografo a “capello” è stato posizionato in modo da registrare il potenziale cambiamento dei dati nelle varie stagioni mostrando le differenze tra:

- (1) Chiesa totalmente chiusa e chiesa con porte aperte;
- (2) Chiesa non riscaldata ed effetti dell’entrata in funzione del riscaldamento, (per questo posto in posizione che rilevasse nell’immediato il ricircolo dell’aria dell’impianto in modo che si potesse sapere l’istante di accensione del riscaldamento anche se non si era presenti in chiesa);
- (3) Livelli diurni e notturni T e UR;
- (4) E’ stato posto a filo muratura ma a quota di 2,10 m (+ 0,17 m quota fascio capelli) per essere il meno possibile influenzato dal valore dell’umidità di risalita.

Come si può vedere dal grafico ricavato dalla tabella Excel (Figura 4), dal monitoraggio eseguito è emerso che l’andamento dell’umidità interna alla chiesa è in stretta correlazione con l’andamento dell’umidità esterna, inoltre nei periodi in cui non è in funzione l’impianto di riscaldamento emerge come il micro e il macro clima abbiano valori diversi ma la stessa tendenza e il microclima interno recepisce “nell’immediato” i cambiamenti esterni. Immediatamente si nota che i problemi di umidità elevata della chiesa fanno riferimento al cambio stagione, dove vi sono giornate in cui il valore medio dell’umidità interna supera quello dell’umidità esterna, anche se non siamo in giornate di pioggia e in precedenza non si sono manifestati elevati livelli di precipitazione (periodo indicato dalle frecce blu in Figura 4), contestualmente si nota che la T esterna mediamente nell’arco della giornata si è mantenuta più alta di quella interna alla chiesa (frecce rosse nei grafici della Figura 4). Se si scende in una rappresentazione grafica oraria più dettagliata si nota che in quelle giornate fino a tarda sera e in alcune giornate anche la notte, la T interna alla chiesa è rimasta più bassa di quella esterna, causando il conseguente aumento di umidità all’interno dell’edificio (Figura 5). Tuttavia, la corretta gestione dell’apertura delle porte dell’edificio per consentire il ricambio d’aria, ha permesso che il microclima interno alla chiesa si riassetasse in tempi congrui sui valori abituali. Si mette in risalto che il periodo di osservazione ricomprende un inverno caldo e piovoso, quindi il 70% di UR rilevato nel periodo invernale è più che normale considerando che vi erano valori esterni del 95%. Quando piove i valori di UR interna rimangono comunque inferiori di un 20% - 35% rispetto all’UR esterna e l’edificio, interessato da una fisiologica umidità di risalita, non evidenzia ristagni di umidità a seguito di periodi piovosi, dal rilievo si nota che “istantaneamente” segue il cambio clima esterno.

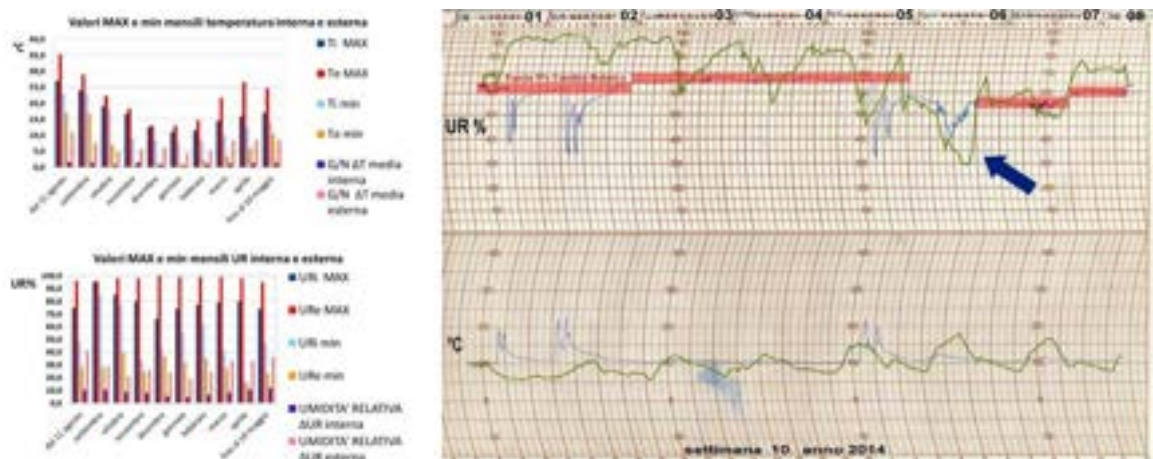


Figure 8 e 9. Grafici riepilogo valori MAX e min mensili della T e dell’UR, interne e esterne, e intervallo di variazione notte e giorno interno e esterno. Tabulato SIAP 7006 con raffronto UR interna e esterna. Gli sbalzi maggiori di UR interna si hanno per condizioni climatiche esterne “estreme” e rare (forte vento o UR molto bassa indicate dalla freccia blu). Normalmente, in condizioni di clima naturale, la variazione di UR interna si attesta a $\pm 5\%$ come evidenzia la fascia rossa sovrapposta alla linea resa dal pennino del termoigrografo a capello. Mentre i picchi di UR concomitanti con quelli della T, indicano il valore del flusso d’aria calda ricircolato dall’impianto di riscaldamento e non il microclima interno dell’edificio.

Riepilogando i dati mensili, si è notato che la T massima interna è stata raggiunta il mese di agosto con 27°C mentre la minima si è avuta nel mese di gennaio con 8°C . La variazione notte/giorno della T è strettamente legata alle stagioni, nel periodo estivo è infatti possibile notare l’innalzarsi delle temperature di giorno e il riabbassarsi la sera mentre nei periodi invernali in condizioni di microclima imperturbato dal funzionamento dell’impianto di riscaldamento le variazioni sono pressoché assenti. La T interna in inverno varia per l’andamento delle temperature notte giorno, ma la variazione maggiore è determinata dal brusco cambio climatico esterno legato a perturbazioni. Dai riepiloghi mensili è stato possibile ricavare il grafico del periodo d’osservazione, da cui emerge che per le variazioni di T in condizioni microclimatiche naturali, mediamente la tendenza è quella di rimanere sotto la soglia di $1,5^{\circ}\text{C}$, anche a fronte di consistenti variazioni esterne, quindi

dall’analisi fatta emerge che l’edificio non ha problemi di brusche variazioni di T generate dai cambi climatici o dalle escursioni termiche giornaliere. Per quanto riguarda l’UR interna, notiamo che, nella maggior parte delle settimane osservate, la notte sensibilmente è portata ad aumentare ed il giorno a calare con escursione di $\pm 5\%$. Le giornate con una variazione giornaliera maggiore sono quelle interessate da mutamenti climatici esterni, spesso indipendenti dal ciclo orario della giornata (Figura 9 freccia blu).

Nel periodo invernale, considerando l’entrata in funzione del riscaldamento ad aria, si sono individuati alcuni punti più significativi per il controllo dei parametri microclimatici generati dal suo funzionamento. I punti sono distribuiti in campate diverse, con un intervallo di quota compreso tra 2,30 ÷ 3,00 m, pur non essendo tutti alla stessa quota ricadono comunque in un intervallo di quota confrontabile per la definizione della tendenza microclimatica delle diverse campate via via più distanti dal luogo di uscita dell’aria calda. Si è poi provveduto a mappare il microclima artificiale con lo strumento portatile durante il funzionamento dell’impianto, raggiungendo i 3 m di rilievo per ogni punto mappato, mentre per determinare l’andamento a una quota maggiore, il datalogger EXTECH RHT10, impostato con un rilievo dati ogni 10 minuti, è stato posto per 15 giorni in quota a 10 m dal livello del pavimento della navata, a livello del cornicione di una delle campate in cui la volta lignea è più degradata. Poiché i punti 1 e 3 indicati nelle Figure 10 e 11, sono a quote prossime a quella del termoigrografo a capello, la comparazione dei dati raccolti dal datalogger posto nei luoghi sopracitati con il tabulato in continuo reso dallo strumento meccanico, ha permesso di stabilire l’andamento distributivo del microclima interno alla chiesa nella fascia di quota di 2,27 m ÷ 2,65 m. Si è potuto vedere che nel punto di rilievo 1 (Figura 11), in alcuni giorni il max di T è raggiunto dopo circa 2 ore e 20 minuti dall’attivazione dell’impianto di riscaldamento, mentre per i punti di rilievo 2 e 3 (Figura 11) il max T avviene circa tre quarti d’ora/un’ora dopo l’attivazione. L’analisi ha anche permesso di stabilire che il comportamento dell’edificio che confina con altri fabbricati è analogo a quello della parte che confina con l’ambiente esterno, quando la T della chiesa inizia a calare in ambedue i luoghi, a parità di condizioni microclimatiche esterne, cala con lo stesso gradiente.

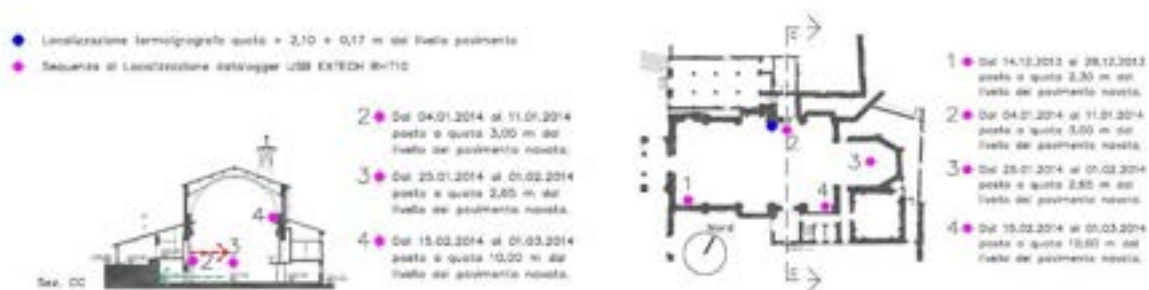


Figure 10 e 11. Localizzazione SIAP 7006 e sequenza periodica di localizzazione Datalogger USB EXTECH RHT10 in sezione e in pianta.

Il rilievo delle effettive condizioni ambientali della campata dove esce l’aria calda è stato fatto posizionando il datalogger ai piedi del Crocefisso di legno policromo, in una zona che non risentiva del flusso diretto d’aria e che poco discostava dalla quota del termoigrografo a capello che registrava invece il flusso d’aria. Questo ha permesso di registrare le variazioni microclimatiche della campata più calda ad una quota che poco discosta da quelle rilevate nelle precedenti campate, consentendo la comparazione nell’intervallo di quota tra 2,30 m ÷ 3,00 m tra la campata d’uscita d’aria calda e le campate più distanti. Si è rilevato che, per una distribuzione uniforme del calore nella chiesa, vi sono tempi superiori a mezz’ora/tre quarti d’ora, che sono determinati dal fatto che siamo in presenza di un impianto tarato per generare un flusso d’aria tiepida 35,4 °C, che raggiunge tale livello scaldandosi in 3 tempi progressivamente, condizione ottimale vista la presenza di arredi lignei nell’edificio, poiché tempi più brevi con livelli d’aria calda in uscita più alti che raggiungono anche i 50°C potrebbero causare problemi di dilatazione termica al legno e inoltre potrebbero far sorgere effetti dannosi per la salute delle persone. Per quanto riguarda il rilievo fatto a quota 10 m, ha evidenziato che l’ambiente a tale quota durante il funzionamento dell’impianto è secco e caldo, e non sono stati rilevati livelli di condensazione ambientale nelle fasi di raffreddamento o della notte, sia nel periodo della prima settimana di rilievo, in cui vi è stata più affluenza dei fedeli per le frequenti funzioni religiose e si sono effettuate ripetute accensioni dell’impianto con intervalli di 1,5 ore per più di 2 giorni con condizioni di clima esterno di pioggia; che nella settimana successiva che ha registrato la tipica accensione settimanale dell’impianto per le sole 3 messe festive e le condizioni microclimatiche con giornate serene. La sovrapposizione tra i dati del termoigrografo meccanico e quelli del datalogger posto a quota +10m, mette in risalto che la prima settimana a seguito delle ripetute attivazioni dell’impianto, in condizioni di microclima naturale, in quota si è registrato un livello di UR sensibilmente più basso (Figura 12 tracciato rosa) rispetto a quello rilevato a quota 2,10 m dal termoigrografo, mentre la seconda settimana i valori di UR alle diverse quote sono “coincidenti”. Per quanto riguarda la T in quota è sensibilmente più alta.

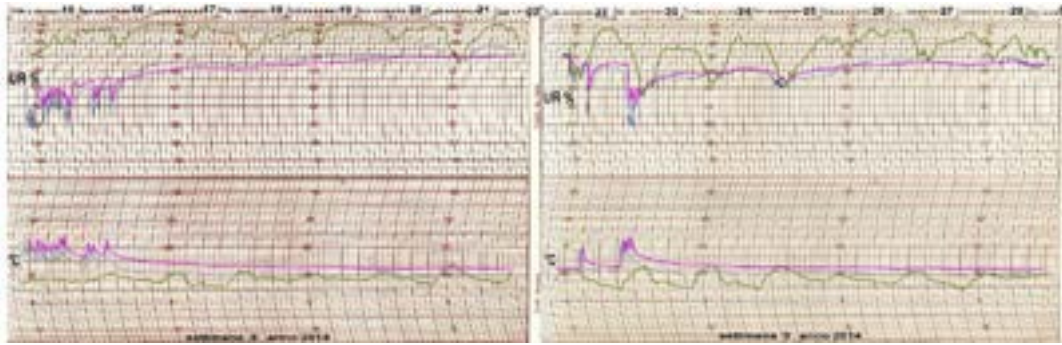


Figura 12. Tabulati SIAP 7006 con tracciato pennini blu (se è attivo il riscaldamento è il valore del flusso d'aria ricircolato e non quello dell'ambiente, in condizioni di clima naturale è rappresentativo del valore interno all'edificio a quota +2,10 m), con sovrapposizione dei dati rilevati dal datalogger a quota cornicione +10 m nel punto di rilievo 4 (dati in rosa) e dei dati climatici esterni (dati in verde).

Nella Figura 13 sono state riportate schematicamente le condizioni di T massima e UR minima a livello del cornicione, riepilogando i dati è emerso che alla quota di 3 m la chiesa, nella maggior parte dei punti mappati, durante il funzionamento dell'impianto registra 14 °C, ne deriva che il delta di T tra 3 m e 10 m è circa di 10° C; mentre quello di umidità è all'incirca intorno al 15%. Si evidenzia che rispetto ad altri casi visionati, che in quota arrivano anche a 40 °C, il livello di T registrato qui è inferiore, si giustifica la situazione poiché l'impianto è tarato per far girare una massa d'aria tiepida che al massimo in uscita dalla grata raggiunge i 35,4 °C, attivato 30 minuti prima della funzione, una volta raggiunta la T desiderata per l'interno chiesa, viene lasciato attivo l'impianto solo per il ricircolo continuo dell'aria dell'edificio senza scaldarla, così facendo l'ampia grata compie un'operazione di de-stratificazione del calore e allo stesso tempo questo sistema consente di raggiungere un livello omogeneo di diffusione del calore a livello planimetrico.

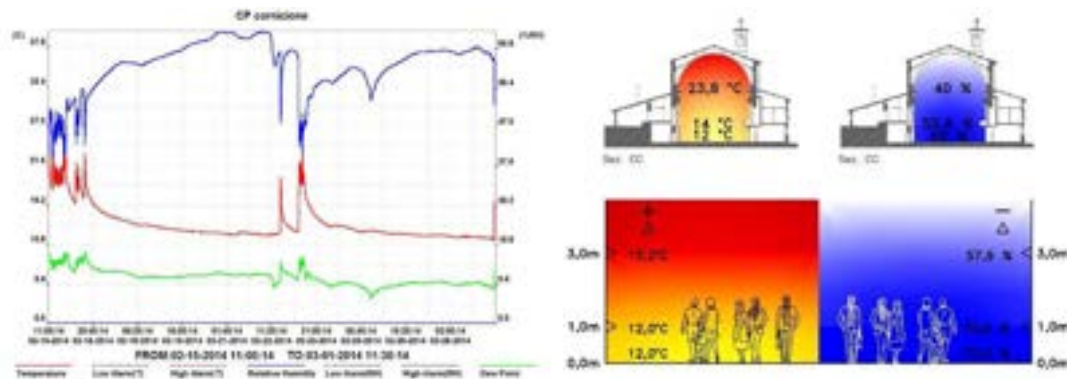


Figure 13 e 14. Grafico reso dal datalogger EXTECH RHT 10 posto a quota +10m dal 15.02.2014 al 01.03.2014 che riporta i valori di UR e T, a fianco schematizzazione di stratificazione di UR e T all'interno della Chiesa dal livello del pavimento a +10 m nella campata oggetto di rilievo quando è attivo l'impianto di riscaldamento e schema diffusione di UR e T fino a quota +3m per uno dei punti mappati durante il funzionamento dell'impianto di riscaldamento.

Conclusioni

Riepilogando tutti i rilievi fatti è emerso che, tra i materiali catalogati all'interno dell'edificio quello più diffuso e degradato è il legno, ma va considerato che la situazione di degrado rilevata, che interessa la volta a botte in legno decorata, è dipesa da precedenti problematiche di infiltrazione d'acqua piovana, risolte con l'intervento di rifacimento della copertura. Nell'analisi si è considerato che i valori di UR e T ambientali inducono per effetto di equilibrio termo-igrometrico valori di umidità specifica diversi a seconda dei materiali considerati, visionando la Tabella che riepiloga i valori teorici dell'umidità del legno in relazione alla T e all'UR dell'aria ambiente [4], si è notato che nell'intervallo di temperature che vanno da 0° C a 30°C il legno rimane all'interno dell'intervallo 8%-12% di acqua ammettendo a seconda dei valori di T un UR minima del 40% e massima del 65%. Come si può vedere dalla Figura 4, pur avendo ricompreso nel periodo di rilievo un inverno umido la maggior parte dei mesi rientra nell'intervallo di UR 40% - 65% con andamento progressivo di assestamento (e T tra 8°C e 27°C), fa eccezione il cambio stagione che supera la soglia del 65%, però va precisato che, per le condizioni microclimatiche rilevate all'interno chiesa, il legno anche nei periodi di UR più elevata non dovrebbe comunque arrivare a livelli di saturazione. La condizione peggiore rilevata è quella con umidità ambientale del 95% a 20°C, che porta il legno a un contenuto d'acqua teorico del 25% (che è inferiore alla % teorica di saturazione), inoltre

raffrontando i tempi di permanenza dell'UR con i tempi di adattamento del legno, è ipotizzabile che prima di raggiungere l'equilibrio, l'umidità ambientale è già calata e contestualmente la % di acqua nel legno non si innalza più ma inizia a calare. Si è desunto che, un ambiente che subisce una variazione di UR tra il 40% e il 65%, nell'intervallo di T considerato 0°C – 30°C, implica che il legno teoricamente varia il suo contenuto di acqua tra 8% e 12% che è l'intervallo in cui ricadono solitamente i legni sottoposti al processo di essiccazione per uso interno. E' ragionevole intuire che, quando sono state messe in opera le assi contenevano una % di acqua, nel momento in cui il microclima interno influisce variando tale livello il legno può ritirarsi se si abbassa la percentuale o rigonfiarsi rispetto allo stato di messa in opera se si innalza il livello di acqua presente, pertanto qualunque variazione positiva o negativa di umidità specifica si traduce in un cambiamento dimensionale. Con la strumentazione a disposizione, non è stato possibile definire che valori di umidità e T abbiano realmente i legni presenti nell'ambiente e come sia il loro andamento, ma dal rilievo materico e di degrado fatto, si è comunque tratta un'importante considerazione: se si osserva la volta in legno policroma, si nota che la campata di uscita dell'aria dell'impianto di riscaldamento, che è quindi la più soggetta di tutte a forti sbalzi termici e di UR, è quella che sta meglio. Ciò avvalorata l'ipotesi che, anche se si tratta di legno policromo, il passaggio tra il 40% e il 65% di umidità in condizioni ambientali naturali, reca sì tensioni e deformazioni alle assi che costantemente si adattano alle condizioni ambientali, ma non è stata la causa principale di degrado della volta a botte e di distacco della pellicola pittorica. Nelle altre campate le assi policrome sono vistosamente deteriorate, ma in passato sono state sottoposte a periodi in cui percolava l'acqua piovana e nei quali il legno può aver raggiunto il suo livello di saturazione mantenendolo per lunghi periodi prima di riuscire a asciugare. E' ipotizzabile che in quel contesto, il funzionamento dell'impianto di riscaldamento ad aria ha favorito la campata interessata, poiché riusciva a ridurre il livello di acqua nelle assi policrome evitando il rammollo della pellicola pittorica e il successivo distacco nei periodi in cui si seccava, impedendo anche decolorazioni e macchie di attacchi funginei. Il distacco della pellicola pittorica nelle campate più interessate dal degrado è stato poi aggravato dagli eventi sismici intercorsi negli anni.

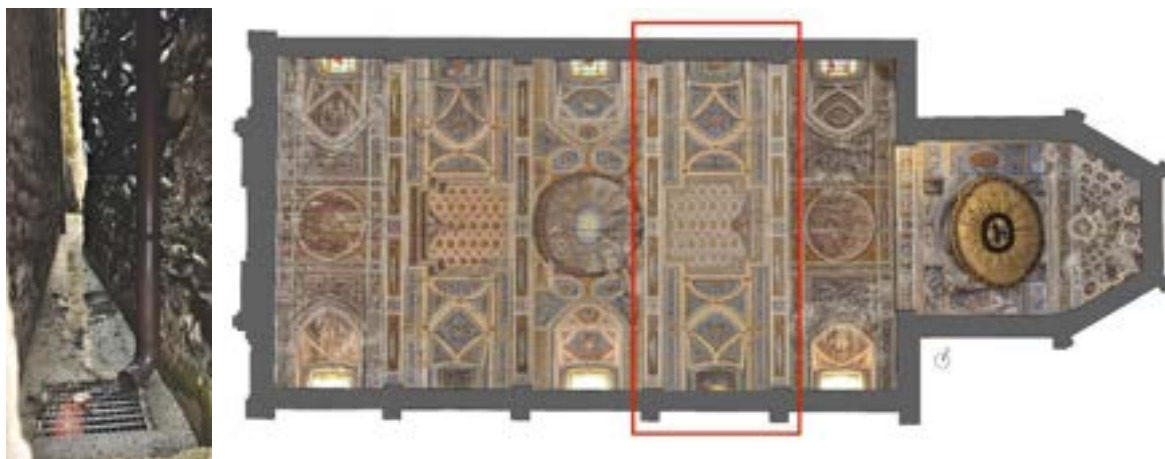


Figure 15 e 16. Trincea con umidità, specchiatura e proiezione soffitto Chiesa il riquadro rosso evidenzia la campata di uscita dell'aria calda.

Per quanto riguarda le murature, sebbene buona parte dei problemi è stata risolta con gli interventi passati, permangono ancora alcuni degradi attivi, riconducibili alla fisiologica umidità di risalita, dovuta alla presenza di un pavimento posato senza vespaio sottostante, mentre altre manifestazioni di degrado a muro sono causate dal particolare contesto morfologico che concatena la Chiesa all'ex oratorio. Le condizioni degli intonaci della muratura delle prime 2 campate a N/W, presentano un degrado riconducibile alla presenza di umidità nella muratura incamerata dal "fossato" esterno con conseguenti fenomeni di efflorescenza attivi. Poiché qualsiasi intervento aggiuntivo fatto sul fondo del "fossato" non ridurrebbe la presenza di licheni, muschi e patine biologiche presenti sulle murature verticali esterne; si ritiene opportuno ripensare alla lattoneria ipotizzando una soluzione che accorpi in sé più funzioni: convogli l'acqua che scende dalle falde dei 2 edifici per risolvere i danni evidenti delle murature interne alle 2 chiese e per evitare ristagni d'acqua sotto il terreno delle chiese; funga da cavedio con aerazione più ampia rispetto all'attuale cunicolo d'aerazione posto sul fondo del "fossato". Infine, l'impianto di riscaldamento attualmente presente, che risulta da sempre il più diffuso per un uso discontinuo, reca con sé vantaggi e svantaggi, come del resto qualsiasi impianto di riscaldamento. Dal monitoraggio fatto è emerso che, per come è tarato e attivato, durante il suo funzionamento a quota + 10 m il microclima raggiunge un livello di T di 23,8 °C e umidità del 40% e non si sono rilevati dati di condensazione. In presenza di inverni umidi, come quello analizzato, il funzionamento induce nella fascia tra 2,30 m ÷ 3,00 m una riduzione di umidità controllata e benefica. L'impianto presenta però l'inconveniente legato al deposito di particolato (che emerge dalle tavole dei Materiali e del Degrado) e l'inevitabile stratificazione del calore verso

l'alto che porta ad avere non più di 14° C a livello dei fedeli e contestualmente ben 23,8 °C a quota + 10 m con dispendio inutile di energia per scaldare ove non serve. L'uso di un sistema di riscaldamento a pavimento permetterebbe di disperdere meno calore e contestualmente di lasciare inalterata la situazione microclimatica alle quote più alte.

NOTE

[1] La diagnosi è stata svolta tenendo conto delle seguenti normative:

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 *“Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137”*, (G.U. n. 45 del 24 febbraio 2004, s.o. n. 28).

UNI, Norma UNI 10829:1999 – *“Beni di interesse storico e artistico - Condizioni ambientali di conservazione - Misurazione ed analisi.”*

UNI, Norma UNI EN 15757:2010 *“Conservazione dei Beni culturali - Specifiche concernenti la temperatura e l'umidità relativa per limitare i danni meccanici causati dal clima ai materiali organici igroscopici.”*

UNI, Norma UNI EN ISO 15758:2010 – *“Conservazione dei Beni Culturali - Procedure e strumenti per misurare la temperatura dell'aria e quella della superficie degli oggetti.”*

UNI, Norma UNI EN 15759:2012 – *“Conservazione dei beni culturali - Clima interno - Parte 1: Linee guida per riscaldamento delle chiese, cappelle e altri luoghi di culto.”*

[2] Per convenzione UR sta per umidità relativa e T per temperatura.

[3] Progetti e scritti inerenti la Chiesa sono conservati nell'Archivio Tagliaferri presso la Fondazione Ugo Da Como a Lonato del Garda (BS); la visione del materiale conservato ha permesso di apprendere la seguente notazione: *“....ritengo necessario che venga con apposito canale convogliata l'acqua che cadendo nello spazio tra la Chiesa e l'Oratorio esce da un foro posto nello zoccolo del muro di prospetto [...] che sia tolto ogni ristagno d'acqua contro le pareti della Chiesa”*.

[4] Tabella visionata su GIORDANO G., *“Tecnologia del legno I – La materia prima seconda edizione”*, UTET, Torino, 1981, pagine 720 – 721.

BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV., *“Il riscaldamento nelle chiese e la conservazione dei Beni Culturali: Guida all'analisi dei pro e dei contro dei vari sistemi di riscaldamento”*, Electa, Milano, 2006.
2. CAMUFFO D., STURARO G., and VALENTINO A., *“Thermodynamic exchanges between the external boundary layer and the indoor microclimate at Basilica of Santa Maria Maggiore, Rome, Italy: the problem of conservation of ancient works of art”* in Boundary Layer Meteorology, August 1999, Vol. 92, Issue 2, pagine 243 - 262.
3. CAMUFFO D., BERNARDI A., STURARO G. and VALENTINO A., *“The microclimate inside the Pollaiuolo and Botticelli rooms in the Uffizi Gallery, Florence”* in Journal of Cultural Heritage, April-June 2002, Vol. 3, Issue 2, pagine 155 - 161.
4. BOCCHIO G., *“La Parrocchiale della Natività della Madonna in Polpenazze del Garda”*, Comune di Polpenazze d/G, 1995.
5. BOCCHIO G., *“I primi cento anni della scuola materna “Asilo Infantile Mafizzoli””*, Tipografia Bortolotti Arti Grafiche, Salò, 2010.
6. CARBONARA G., *“Trattato di Restauro Architettonico”*, UTET, Torino 2001, Vol. V.
7. CARPICECI M., *“Fotografia digitale e architettura – Storia strumenti ed elaborazioni con le odierne attrezzature fotografiche e informatiche”*, ARACNE EDITRICE, ROMA, 2012.
8. DELLA TORRE S., PRACCHI V., *“Le chiese come beni culturali – Suggerimenti per la conservazione”*, Milano, Electa Mondadori, 2003.
9. DUGALL S.K., *“Building materials”*, NEW AGE INTERNATIONAL PUBLISHER, New Delhi, 2008.
10. GIORDANO G., *“Tecnologia del legno 1 – La materia prima – seconda edizione”*, UTET, Torino, 1981.
11. LUCCHI E., PRACCHI V., *“Efficienza energetica e patrimonio costruito – La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica”*, MAGGIOLI EDITORE, Segrate (MI), 2013.
12. MASSARI G., MASSARI I., *“Risanamento igienico dei locali umidi”*, HOEPLI EDITORE, Milano, 1985.
13. MENICALI U., *“I materiali dell'edilizia storica – tecnologia e impiego dei materiali tradizionali”*, NIS, Roma, 1992.
14. MONTAGNI C., *“Materiali per il restauro e la manutenzione”*, UTET, Torino, 2000.
15. PILOTELLI M., PIANA E., *“Lucidi delle lezioni di fisica tecnica per il corso di studi in ingegneria edile-architettura”*, Cartolibreria SNOOPY, Brescia, 2010.
16. KENNETH E. WILKES, JERRY A. ATCHLEY, PHILLIP W. CHILDS and ANDRE DESJARLAIS, *“Effects of Drying Conditions, Phase Transformations, and Carbonation Reactions on Measurements of Sorption Isotherms of Building Materials”* in Journal of ASTM International, Vol. 4, No.8.

DIFETTI DI ADESIONE DELLA PELLICOLA PITTORICA NEI DIPINTI MURALI A SECCO: PROBLEMATICHE D'INTERVENTO, ANALISI DI MATERIALI E SPERIMENTAZIONE SU DUE CASI STUDIO

Francesca Azolini*, Cristiano Riminesi**, Sara Penoni***

*Restauratore beni culturali profilo PFP1, e-mail: francesca.azolini@gmail.com

**Ricercatore presso CNR- ISPC, via Madonna del Piano 10, Edificio C, 50019 Sesto Fiorentino (FI),
e-mail: cristiano.riminesi@cnr.it

***Funzionario Restauratore, Opificio Delle Pietre Dure, Firenze, email: sara.penoni@beniculturali.it

Abstract

Questa ricerca si pone l'obiettivo di individuare metodologie applicative e materiali per difetti o perdita di adesione di pellicola pittorica dei dipinti murali a secco ubicati in interno, selezionando tecniche e prodotti compatibili con la materia originale. Per lo studio di questo fenomeno di degrado sono stati realizzati campioni fedeli agli originali, al fine di comprendere l'efficacia e la durabilità di alcuni trattamenti prescelti.

La sperimentazione è mirata alla selezione di prodotti e alla scelta di metodi idonei per la riadesione di pellicola pittorica sollevata e/o distaccata. Le verifiche sul comportamento e sull'efficacia degli adesivi sono state eseguite a seguito di invecchiamenti accelerati con tecniche distruttive (peeling-test, microscopio ottico) e non distruttive (imaging VIS e UV, fotogrammetria con tecnica SfM).

Introduzione

Il presente studio propone un approfondimento sulla mancanza di adesione della pellicola pittorica nel caso di due dipinti murali a secco. L'interesse per questa problematica conservativa nasce in occasione di un tirocinio svolto presso l'ex monastero di S. Maria al Santo Sepolcro a le Campora - oggi un'affascinante residenza privata sui colli fiorentini, poco distante da Porta Romana (Fig. 1) – ed inoltre grazie ad un'esperienza svolta nel cantiere della Sala delle Arti Liberali dell'Appartamento Borgia ai Musei Vaticani (Fig. 2).

Nella fattispecie i due dipinti, completamente differenti sul piano della tecnica esecutiva e dello stato di conservazione, erano entrambi interessati da una tipologia di degrado simile, il sollevamento o distacco, parziale o totale, dello strato pittorico. Uno degli obiettivi iniziali è stato quello di includere in una ricerca congiunta due materie pittoriche così diverse proprio per cercare di stilare un protocollo compatibile e confrontabile che

fornisse soluzioni utili per altri dipinti a secco collocati all'interno.

Osservando attentamente la materia del dipinto di le Campora, si intuisce con chiarezza che nasca in parte come un dipinto a *buon fresco*, ma che una pellicola pittorica ben inglobata nel suo intonaco pittorico non potrebbe avere determinate reazioni, quali una sensibilità all'ambiente acquoso e sollevamenti dal supporto sotto forma di micro scaglie rigide e compatte. Pertanto, l'identificazione dello strato pittorico, supportata



Figura 1. Cappella Benini-Formichi dedicata a S. Antonio Abate. Sulla sinistra il dipinto oggetto di studio prima dell'intervento di restauro, Firenze.

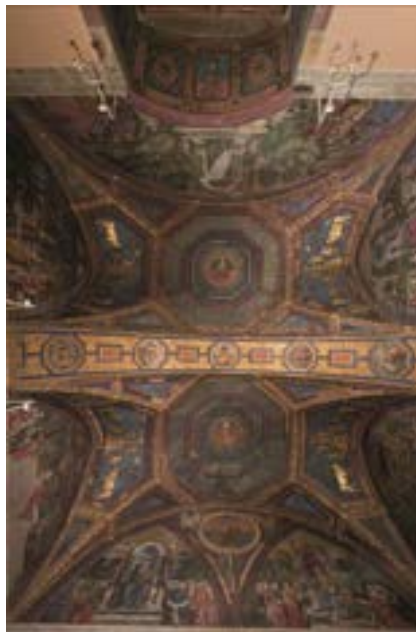


Figura 2. Volta e lunette della Sala delle Arti Liberali dell'Appartamento Borgia, Musei Vaticani.

dalle analisi, prevede l'utilizzo della calce, in questo caso acqua o latte di calce [1], come legante della pellicola pittorica, addizionato con caseina o latte. La presenza di questo legante, che ispessisce la pellicola pittorica, in un contesto ad elevata umidità, porta all'inevitabile distacco di materia

pittorica. Contestualmente la zona circoscritta ai due fronti dell'arco centrale della Sala delle Arti Liberali ha una composizione molto complessa, dove ad un'imprimitura a base di gesso e colla, segue una pellicola pittorica ($\pm 50-80 \mu\text{m}$), in cui si evidenzia l'impiego di un legante di natura proteica [2].

Premesse alla sperimentazione

Partendo da un'analisi delle possibili problematiche conservative legate alla mancanza di adesione di pellicola pittorica dal supporto, si è cercato di comprendere meglio l'approccio, le metodologie operative adottate abitualmente durante un intervento di restauro e le caratteristiche dei prodotti adesivi disponibili in commercio, mettendo a confronto studi e risultati riportati in letteratura.

Generalmente nel caso di un dipinto a secco, la forza che trattiene i pigmenti sulla superficie del supporto è di tipo adesivo, diversa dalla natura di forza coesiva che caratterizza invece l'intonaco di supporto. Quando avviene una rottura o un'interruzione fra un sistema adesivo e uno coesivo, si deve necessariamente intervenire con un altro adesivo: a prescindere dall'intensità di questo legame, quello che determinerà la riuscita o meno dell'intervento conservativo è quanto sarà influente la diversità di natura costitutiva tra le parti.

Selezionare vari prodotti, in seguito ad una scelta consapevole tra diversi materiali presenti in commercio, è stato il passo preliminare alla sperimentazione. Il criterio di identificazione degli adesivi ha cercato di tener conto di numerosi fattori. Per primo la necessità di moderare accuratamente l'apporto acquoso, vista l'esposizione della preparazione originaria potenzialmente sensibile all'acqua di uno dei due dipinti. Inoltre è stato considerato il fatto che sostanze adesive a più alto peso molecolare o ad alta concentrazione producano soluzioni più viscosi e penetrino meno. Infine c'era la volontà di testare alcuni prodotti innovativi nel campo del restauro, insieme ad altri già ampiamente utilizzati da tempo, qui messi alla prova con una tecnica artistica particolare.

Pertanto, sono stati selezionati i quattro adesivi giudicati più performanti rispetto ad altri, scelti principalmente sulla base dei parametri di viscosità, concentrazione del prodotto ed evaporazione della fase solvente, cercando di rappresentare classi di prodotti organici sintetici, semisintetici e naturali: Primal CM 330 (ex 330S) [3], Klucel G [4], LapiGelatina di pesce [5], Funori [6].

Si è riscontrata la necessità di approfondire, in modo specifico e mirato, il funzionamento di tali trattamenti in assenza di variabili e situazioni che potessero condizionarne la lettura, considerando che in situ non è possibile svolgere il test di verifica della forza adesiva. Pertanto si sono realizzati dei campioni in laboratorio, rispettando la composizione e la struttura dei dipinti originali, precedentemente sottoposti a scrupolose indagini diagnostiche.

È stato concluso il lavoro di ricerca sul caso studio offerto dai dipinti dell'arco centrale della Sala delle Arti Liberali, mentre quello delle Campora è ancora in corso di sviluppo. La ricerca e il confronto fra le pitture originali ed i provini di laboratorio sono ancora oggetto di studio e discussione.

Materiali e metodi

Il supporto dei campioni delle Campora è stato realizzato utilizzando quattordici mattoni emiliani di $14 \times 28 \times 5.5$ cm, sui quali sono stati preparati otto tasselli di 5×5 cm grazie all'ausilio di una guaina in PVC appositamente adattata per questa esigenza, caratterizzati da uno strato di arriccio di circa 1,5 cm e a seguire uno strato di intonaco di 0,5 cm di spessore (Fig. 3). I mattoni così realizzati sono stati lasciati ad asciugare per un paio di settimane in un ambiente controllato, per poi essere sistemati in una stanza climatica con RH 60% e T 20 °C (Fig. 4). È in fase di realizzazione la pellicola pittorica: sarà oggetto di una prossima occasione la presentazione dei risultati ottenuti.



Figura 3. Realizzazione del supporto dei campioni di le Campora, dove sono visibili in successione il mattone grezzo, l'arriccio e l'intonaco.



Figura 4. Stanza climatizzata (CNR-IVALLSA, Firenze) a temperatura e umidità controllata, in cui sono stati lasciati a stabilizzare i campioni di le Campora.

I provini del Borgia sono stati realizzati su sedici mattoni antichi, le cui dimensioni sono circa $26,5 \times 13,5 \times 4-5$ cm spessore. Su ciascuno di essi è stato steso un intonaco pozzolanico in grassello di calce (1:2) e i campioni sono stati mantenuti in assestamento in un ambiente a circa 50% RH e circa 24-25 °C per otto mesi, prima di procedere con la fase successiva (Fig. 5). In seguito, ogni campione è stato suddiviso, grazie all'ausilio di nastro di carta adesivo, in otto tasselli di 5×5 cm, sui quali sono stati stesi rispettivamente un primer di colla di coniglio e un'imprimatura a gesso e colla (Fig. 6).



Figure 5 e 6. Campioni Borgia dopo la stesura dell'intonaco pozzolanico e in seguito alla realizzazione dei tasselli di gesso e colla.

L'obiettivo primario della sperimentazione è stato quello di indagare in modo accurato il comportamento dei quattro adesivi selezionati per le loro qualità: per fare ciò si è dimostrato indispensabile considerare l'ipotesi di realizzare dei provini che fossero interessati da un distacco totale di pellicola pittorica.

È stata quindi messa a punto una tecnica che ha permesso di realizzare dei campioni aventi una pellicola pittorica autoportante e distaccata dal supporto, in modo tale da verificare integralmente il potere adesivo su tutta la superficie a disposizione fra la pellicola pittorica e il supporto [7]. Il PTFE o teflon è stato scelto per le sue qualità di scorrevolezza e anti-aderenza superficiale. Seguendo da un lato le indicazioni della tecnica pittorica originaria emerse dalle analisi (dove si distinguono stesure nette e successive di gesso e colla), e dall'altro volendo ricreare un sollevamento/distacco molto simile a quello in situ, si è deciso di creare una sottile base di gesso e colla prima del film pittorico.



Figura 7. Sfoglia di pellicola pittorica di cinabro, preparata su una lastra di teflon.

La scelta dei pigmenti ha cercato di rispettare il criterio di selezione di una cromia chiara e una scura, dando rilevanza a quelle campiture che presentavano maggiori problematiche di adesione, sebbene non sia possibile affermare con certezza che esista una correlazione diretta fra differenti tipologie di pigmenti e intensità di sollevamento. Pertanto, si sono

considerati i seguenti pigmenti: cinabro e kermes per la campitura rossa, malachite per quella verde (Fig. 7).

È stato inoltre effettuato un accurato studio sulla lacca Kermes - oggi giorno è un prodotto che non si trova in commercio pronto all'uso - in modo tale da poter estrarre il principio del colorante solubile in acqua e farlo adsorbire su un substrato inorganico, con lo scopo di utilizzarlo come pigmento (Fig. 8 e 9).



Figure 8 e 9. Il processo di precipitazione del colorante su un substrato inorganico parte dalla macinazione dell'insetto Kermes essiccato, fino ad ottenere il pigmento in polvere.

In seguito, le “sfoglie” pittoriche sono state fatte aderire ai rispettivi tasselli di supporto, dopo aver iniettato un quantitativo standard (1ml) di ciascun adesivo nelle due concentrazioni prestabilite [8], facilitando la distribuzione del prodotto con un leggero apporto di calore [9] (Fig. 10-13).



Figura 10.
Pre-bagnatura con 0,5 ml di H₂O demineralizzata per facilitare la distribuzione dell'adesivo nella porosità.

Figura 11.
Distribuzione di 1 ml di adesivo in modo omogeneo su tutta la superficie del tassello.



Figura 12.
Applicazione della sfoglia pittorica sul tassello.

Figura 13.
Leggero apporto finale di calore, con termocauterio a 40 °C.

Tecniche diagnostiche applicate alla sperimentazione

La ricerca ha previsto la valutazione dell'efficacia degli adesivi prima e dopo un invecchiamento accelerato in cella climatica (Angelantoni, mod. Challenge 5000), il quale è stato impostato con cicli termo-igrometrici sulla base dei dati rilevati in situ. La durata complessiva del trattamento è stata di 720 ore, in cui la temperatura ha oscillato da 10 °C a 35 °C, mentre l'umidità dal 25% al 75% (Fig. 14).

Durante i cicli di invecchiamento accelerato sono stati eseguiti a tempi prestabiliti controlli per la valutazione degli effetti sulla superficie del prodotto adesivo applicato, mediante tecnica di imaging nell'UV e nel Visibile (Fig. 15-18) e indagini colorimetriche. Inoltre, per la verifica delle caratteristiche adesive, controllo del sollevamento della superficie pittorica, è stato impiegato il peeling test [10]. Questa tecnica di indagine (analisi semi-quantitativa) anche se distruttiva consente di quantificare l'efficacia dell'adesivo applicato sotto le “sfoglie” pittoriche (Fig. 19-21).



Figure 15 e 16.
Immagine campione n. 1 in luce visibile e ultravioletta all'inizio della sperimentazione.



Figure 17 e 18.
Immagine campione n. 9 in luce visibile e ultravioletta all'inizio della sperimentazione.



Figura 14.
Mattoni in cella climatica (Angelantoni, mod. Challenge 5000).

A seguito dei cicli di invecchiamento accelerato si sono verificati spontaneamente dei sollevamenti della pellicola pittorica autoportante dal substrato per la perdita di efficacia dell'adesivo. Il controllo dell'entità del sollevamento è stato misurato e documentato mediante l'esecuzione del rilievo fotogrammetrico della superficie utilizzando la tecnica Structure from Motion (SfM) [11] (Fig. 22-26).

Riguardo il controllo della distribuzione dell'adesivo nel supporto le tecniche di imaging in UV non hanno dato risultati significativi, essendo anche la matrice parzialmente sensibile alla stessa radiazione, analisi impiegando il micro-FTIR sono attualmente in corso.



Figure 19 e 21.

Strumento test di peeling della SINT Technology, prima e dopo l'esecuzione di un test.

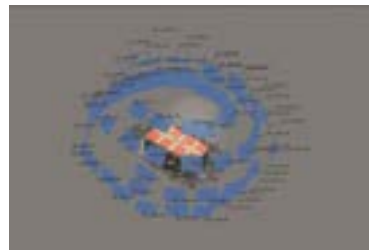


Figura 22.

Il software Agisoft PhotoScan® è un programma adatto a realizzare modelli 3D partendo da un set di fotografie, il cui risultato è una nuvola di punti che costituirà la base per la generazione della superficie. In questo caso ad ogni punto sono associate sia informazioni spaziali (xyz) che colorimetriche (RGB).

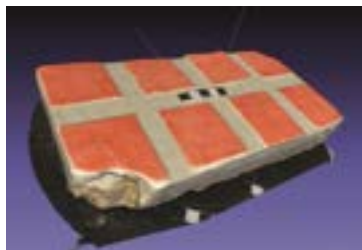


Figure 23 e 24.

Campione n.10 al T0 e T3. MeshLab® in questo caso è servito a tracciare un profilo dove far passare un piano di sezione, caratterizzato da tre coordinate, che risulterà essere lo stesso sia per il modello iniziale (T0), che per quello invecchiato (T3).

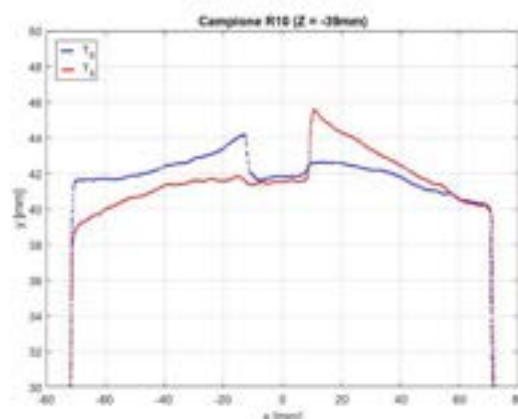
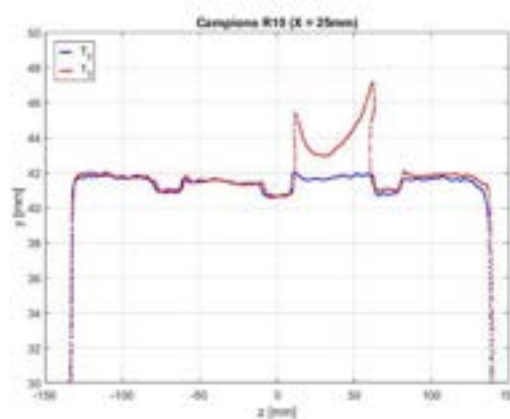


Figure 25 e 26.

Il risultato finale è un diagramma grafico che riporta i due profili che corrispondono al cambiamento in sezione della superficie in un punto prescelto, al tempo iniziale T0 e finale T3: in conclusione è possibile misurare il gradiente di deformazione della superficie in millimetri.

Risultati

L'attività tecnico-sperimentale svolta ha permesso di suggerire dei protocolli per la scelta del trattamento di riadesione da attuare su una superficie policroma di un manufatto con le caratteristiche sopradescritte. Poiché, per questo genere di dipinti murali realizzati a secco, il problema principale è costituito dall'eterogeneità della tecnica esecutiva e dalle differenti proprietà dei materiali organici utilizzati, che, sul lungo termine, costituiscono una difficoltà per la conservazione. La soluzione proposta, oltre a garantire il mantenimento della pittura in situ rispettando e valorizzando l'aspetto storico-artistico, deve prevedere e prevenire possibili interazioni fra il prodotto adesivo e la pittura originale che siano sorgente di alterazione/degrado. In questa ottica, l'importanza della ricerca condotta è stata quella di evidenziare, mediante la modellazione 3D, le indagini colorimetriche e il peeling-test, il prodotto o i prodotti che potessero garantire al meglio una riadesione al supporto, nel pieno rispetto dell'opera e nel ragionevole compromesso di alcuni parametri, come l'economicità, tempi di lavorazione e la reversibilità del trattamento.

Il lavoro svolto ha permesso di determinare che il metodo migliore di riadesione su questa particolare tecnica pittorica, offerta del caso studio del Borgia, favorisca l'utilizzo di prodotti naturali, assolutamente compatibili con l'originale, primo fra i quali la gelatina di pesce e poi a seguire il funori, dove la soluzione idroalcolica combinata con l'azione del calore, riesce a creare una connessione fra l'adesivo e il legante organico originale.

Ringraziamenti

Le conclusioni tratte da questa attività non sarebbero state possibili senza la stretta collaborazione tra il laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Restauro ed il Laboratorio di Restauro Dipinti dei Musei Vaticani e l'Istituto per la Conservazione e Valorizzazione dei Beni Culturali di Firenze.

I risultati e le riflessioni prodotte, nonché il merito di questo lavoro, vanno a tutti i ricercatori, tecnici di laboratorio, restauratori e storici dell'arte che hanno generosamente condiviso la loro conoscenza ed esperienza, dedicandosi a questo progetto. Si ringrazia infine Lapi Gelatine SpA per la gentile fornitura dei prodotti utili per la ricerca.

NOTE

[1] Rispettivamente soluzione satura senza corpo di fondo di idrossido di calcio, e sospensione acquosa di idrossido di calcio. Istituto Centrale del Restauro, *Corso sulla manutenzione di dipinti murali, mosaici e stucchi. Tecniche di esecuzione e materiali costitutivi*, in "DIMOS", parte I modulo I, 1978, Roma, p.98

[2] Dal confronto con gli standard, la composizione amminoacidica percentuale è verosimilmente compatibile con la presenza di uovo (albume e/o tuorlo) e di collagene. Tuttavia, non essendo possibile determinare l'esatta localizzazione e distribuzione delle due proteine all'interno della successione stratigrafica, non si può descrivere con precisione l'impiego di ciascuna di esse. Va precisato altresì che il fenomeno di mancanza di adesione si presenta sia negli strati di gesso-colla della preparazione, sia fra la stesura pittorica e questi stessi.

[3] Prodotto da Dow Chemical Company e conosciuto all'estero come Rhoplex. È una dispersione acrilica meno conosciuta ed utilizzata rispetto ad altre tipologie di Primal, con l'interessante caratteristica di solubilità in solventi organici, in questo caso utile se si vuole utilizzare un prodotto su un substrato sensibile all'acqua, senza avere ripercussioni sulla viscosità della dispersione.

[4] È un'idrossipropilcellulosa (370.000 mPa.s) a pH neutro in soluzione, che viene definito come polimero semisintetico proprio perché ricavato da un prodotto naturale. Il leggero potere tensioattivo che possiede induce un aumento del potere bagnante delle soluzioni addensate (acquose o a solvente), diminuendo la capacità di penetrazione e risalita capillare.

[5] La gelatina di pesce dell'azienda Lapi Gelatine S.p.a è un biopolimero proteico, commercializzato sotto forma di micro-granuli inodori e pressoché trasparenti, che si ricava dalla denaturazione del collagene. La gelatina contiene l'84-90% di proteine, l'1-2% di sali minerali, 10-12 % di acqua. La scelta della gelatina di pesce risiede nell'intento di voler rispettare quanto più fedelmente il legante originario della preparazione e in parte anche dello strato pittorico, individuando al contempo un prodotto con la medesima struttura e caratteristiche di base ma purificato e raffinato.

[6] L'alga Funori è un prodotto già conosciuto ed utilizzato per via delle sue ottime qualità di consolidante ed adesivo naturale vegetale, di resistenza all'attecchimento di microrganismi e rispetto delle proprietà ottiche di un dato materiale.

[7] Si vogliono ringraziare sinceramente i colleghi Alexa Ciardi e Anjo Weich-brodt per il prezioso scambio di idee e suggerimenti condivisi.

[8] Primal CM330 (ex 330S) al 5-10% in solvanol, Klucel G al 1-3% in etanolo, Lapigelatina di pesce al 5-10% in soluzione idroalcolica, funori a 0,5-1% in acqua.

[9] Viene interposto un foglio di melinex (PET) con il lato mono-siliconato rivolto verso il provino e si applica una leggera pressione con la spatola di un termocauterio a 40-45 °C. I campioni sono stati lasciati in camera climatica (62% RH e 22 °C) 20 giorni, sotto un peso di 2 kg.

[10] Normativa di riferimento ASTM-3759 e ASTM-3330. SINT Technology ha progettato un sistema di misura per l'esecuzione automatica di test di peeling su materiali lapidei. Il sistema Peeling Test Device è stato sviluppato nell'ambito del progetto TeCon@BC (Tecnologie innovative per la Conservazione e valorizzazione dei Beni Culturali).

[11] La prima fase è l'acquisizione fotografica dell'oggetto a 360°, poi le immagini vengono elaborate con il software Agisoft PhotoScan®, in seguito la mesh ottenuta viene importata su MeshLab® ed infine le sezioni estratte vengono elaborate su MatLab® da cui si ottiene un diagramma grafico che riporta i profili di sollevamento e/o deformazione della superficie pittorica evidente, in modo tale da ricavarne una misura quantitativa: è possibile infatti misurare il gradiente di deformazione della superficie in millimetri, confrontando la situazione prima e dopo l'invecchiamento accelerato.

BIBLIOGRAFIA

1. A. Giuffredi, F. Iemmi, C. Cigarini, *“Il cantiere di restauro. Materiali-tecniche-applicazioni”*, Alinea editrice, Firenze 1991.
2. H. Kurihara *et al.*, *“Antibacterial activity activity of phenothiazines, benzo[a]phenothiazines and benz[c]acridines”*, Japan 1992, pp.129-132.
3. Y. Saeki *et al.*, *“Inhibitory effects of funoran”*, Japan 1996, pp. 119-125.
4. O. Masson, M. Ritter, *“Konsolidierung mit Jun-Funori: praktische Anwendung an drei Objekten mit unterschiedlichen Farbschichtproblemen”*, In Papierresturierung, Vol 6 N. 3, 2005, pp. 22-29.
5. F. Michel, T. Geiger, *“Studies on the polysaccharide JunFunori used to consolidate matt Paint”*, in IIC *“Studies in Conservation”*, Vol. 50, 2005, pp.193-204.
6. P. Carnazza, *“Funori, adesivo di origine vegetale, in L'attenzione alle superfici pittoriche. Materiali e metodi per il consolidamento e metodi scientifici per valutarne l'efficacia”*, atti del congresso CESMAR 7 (Milano 10-11 novembre 2006), Il Prato, Saonara 2006, p. 182.
7. J. Zheng *et al.*, *“Chemical composition and antioxidant/antimicrobial activities”*, China 2010, pp. 2634-2647.
8. P. Cremonesi, *“L'ambiente acquoso per il trattamento di opere policrome”*, Il Prato, Saonara 2011, p. 23.
9. A. Barros D'sa, L. Bone, R. Clarricoates, A. Gent, *“Adhesives and Consolidants in Painting Conservation”*, Archetype Publications, London 2012.
10. C. Galliano Lalli *et al.*, *“Funori, adesivo naturale per le pitture murali e materiali cartacei”*, Linea grafica editrice, Chieti 2016.

STUDI DIAGNOSTICI SUL CONTROSOFFITTO LIGNEO POLICROMO DEL SALONE DEI MARMI DELLA CASA DI TELEFO (ERCOLANO)

Domenico Camardo*, Maria Perla Colombini, Ascanio D'Andrea***, Alessandra De Vita****,
Gianna Giachi*****, Nicola Macchioni*****, Benedetto Pizzo*****, Elisa Pecoraro*******

* Capo Archeologo, Herculeum Conservation Project, Parco Archeologico di Ercolano, Via Mare 44, 80056 Ercolano (NA), +393356280871, d.camardo@herculaneum.org

**Direttore del CISBEC dell'Università di Pisa, via Moruzzi 13 56124 Pisa, tel +39 334 3763273, maria.perla.colombini@unipi.it

*** Data Manager, Herculeum Conservation Project, Parco Archeologico di Ercolano, Via Mare 44, 80056 Ercolano (NA), +393334367573, a.dandrea@herculaneum.org

**** Conservatore Restauratore, Herculeum Conservation Project, Parco Archeologico di Ercolano, Via Mare 44, 80056 Ercolano (NA), +393481215237, alessandradevita123@gmail.com

***** Responsabile Chimico, Museo e Istituto Fiorentino di Preistoria "Paolo Graziosi", via S. Egidio 21, 50122 Firenze, +393355419940, giachi.gianna@gmail.com

***** Ricercatore, Istituto per la Bioeconomia (CNR-IBE), via Madonna del Piano 10,50019 Sesto Fiorentino, 055 5225502, macchioni@ivalsa.cnr.it

***** Ricercatore, Istituto per la Bioeconomia (CNR-IBE), via Madonna del Piano 10,50019 Sesto Fiorentino, 055 522 5623, pizzo@ivalsa.cnr.it

***** Conservatore scientifico, Ricercatore, Istituto per la Bioeconomia (CNR-IBE), via Madonna del Piano 10,50019 Sesto Fiorentino, +393288230898, elisapecoraro@gmail.com

Abstract

Nel 2009, nell'area dell'antica spiaggia del sito archeologico di Ercolano, nell'ambito dei lavori dell'Herculeum Conservation Project (HCP) mirati alla sistemazione e al convogliamento delle acque di falda, fu ritrovata parte della copertura lignea del Salone dei Marmi della Casa del Rilievo di Telefo. L'eccezionale scoperta di 211 reperti in legno appartenenti alla struttura del tetto a capriate e al controsoffitto decorato a rilievo e dipinto ha posto la necessità di elaborare un progetto a lungo termine per la tutela dei reperti che presentavano, altresì, complessi problemi per la loro conservazione. Questa complessità ha portato l'allora Soprintendenza (oggi Parco Archeologico di Ercolano) e l'equipe interdisciplinare dell'HCP a consolidare la collaborazione pubblica-privata come catalizzatore per ulteriori forme di partenariato e, nel 2011, dopo aver avviato le prime misure di urgenza e di monitoraggio dello stato di conservazione e documentato in modo esaustivo la scoperta, è stato formalizzato un accordo con un più ampio gruppo di istituzioni e esperti per intraprendere la fase di diagnostica propedeutica al restauro dei reperti lignei. Sono state quindi avviate collaborazioni con l'Istituto per la Valorizzazione del legno e delle Specie Arboree IVALSA- CNR di Firenze (ora Istituto per la Bioeconomia CNR-IBE) per la caratterizzazione micromorfologica, fisica e chimica del legno degradato e imbibito; con il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa, per indagini sulla componente organica dello strato pittorico; e con il Museo e Istituto Fiorentino di Preistoria "P. Graziosi" e la Soprintendenza per i Beni Archeologici di Firenze (ora SABAP; MiBAC), per indagini sulla componente inorganica e la stratigrafia pittorica. A questa prima serie di indagini conoscitive e di studio è seguita una fase di sperimentazione condotta dallo stesso Museo fiorentino e da CNR-IBE per determinare, l'efficacia di diverse metodiche di consolidamento del legno archeologico imbibito (in relazione al livello di degrado del materiale in studio) e la compatibilità, anche cromatica, rispetto alla finitura pittorica degli elementi policromi. La sperimentazione condotta mediante l'utilizzo di provini rappresentativi (sia su materiale archeologico di minore rilievo, sia appositamente preparato), ha abbracciato materiali naturali, quali ad esempio la colofonia e il lattitolo, e materiali di sintesi, come la Kauramina, confrontando i più conosciuti e utilizzati sistemi conservativi nell'ambito del legno archeologico imbibito, indirizzando le future scelte di restauro di questi importanti reperti. Questo contributo illustra gli esiti raggiunti dagli approfondimenti scientifici nel contesto di un ricco percorso interdisciplinare.

Introduzione

Fra l'agosto 2009 e il mese di giugno del 2010, una serie di lavori di pulizia e scavo nella parte orientale dell'antica spiaggia della città romana di Ercolano, distrutta dall'eruzione vesuviana del 79 d.C. è stata eseguita nell'ambito dell'*Herculeum Conservation Project*, un più ampio progetto multilaterale per la conservazione e la valorizzazione del patrimonio archeologico ercolanese che oggi si avvicina a quasi 20 anni di attività continuative, una collaborazione pubblico-privata per il patrimonio archeologico italiano senza precedenti [1]. Questi lavori investigativi sul fronte mare erano finalizzati alla redazione di un progetto per la regimazione delle acque sorgive in una zona che era stata solo marginalmente intaccata da precedenti interventi.

Lo scavo ha permesso di individuare un imponente crollo di legni coperti dai flussi piroclastici (**Figura 1**). Questi hanno inglobato e completamente sigillato i legni e li hanno mantenuti in perfetto stato di conservazione. La prosecuzione delle indagini, che ha portato allo scavo di un'area di circa 55mq, ha rivelato che si trattava del crollo di un tetto in legno rovesciato sulla spiaggia dalla violenza dei flussi vulcanici. La posizione di caduta ed altri dati archeologici, hanno permesso di attribuire il tetto al cosiddetto Salone dei marmi della Casa del rilievo di Telefo, che si trova immediatamente a monte del punto di rinvenimento del crollo.

Oltre alla struttura portante, con travi lunghe fino a 7 m., e numerosi travetti della struttura secondaria, sono stati recuperati diverse cornici e pannelli decorati a rilievo e dipinti. Questi sono interpretabili come parte del controsoffitto dell'ambiente, con i legni che conservano ben evidenti i segni di lavorazione e gli incastri.

Studi xilologici e dendrocronologici hanno dimostrato che sia per la travatura del tetto che per i pannelli del controsoffitto è stato utilizzato legno di abete bianco ed hanno permesso di circoscrivere la datazione del complesso manufatto alla fine del I sec. a.C., con probabili interventi di restauro antico.

Sulla base dell'analisi autoptica e dei rilievi dei singoli reperti, realizzati con tecnica laser scanner 3d, è stato possibile acquisire importanti informazioni sulla carpenteria d'epoca romana. Sono stati infatti documentati i diversi tipi di incassi presenti negli elementi del telaio e nei pannelli del controsoffitto ed i relativi tasselli in legno di bloccaggio. L'uso di chiodi e staffe in ferro appare limitato alle travi principali, dove è stato possibile ricostruire una capriata caratterizzata dalla presenza di un piccolo monaco sospeso. La struttura del tetto era quindi a doppio spiovente retto da capriate che presentavano una inclinazione di circa 20°.

Il controsoffitto presentava un telaio di sostegno in legno che doveva essere sospeso direttamente alle travi del tetto. Era formato da assi dipinte in rosso o in azzurro e lacunari di diverse dimensioni e complessità che formavano un cassettonato delimitato da cornici in legno con motivi geometrici a rilievo. Sia i pannelli che le cornici sono dipinti in bianco, azzurro, rosso, verde ed in alcuni casi sono rivestiti da una foglia d'oro.



Figura 1. L'impressionante accumulo dei legni del tetto della Casa del Rilievi di Telefo sull'antica spiaggia di Ercolano durante le fasi di scavo.

Avvio del progetto di indagini e di misure conservative

A seguito di questa importantissima scoperta archeologica, inusuale per quantità e tipologia di reperti, il team interdisciplinare dell'HCP (tra i quali Camardo, D'Andre e De Vita coautori di questo contributo) in accordo con i responsabili dell'allora Ufficio Scavi di Ercolano della Soprintendenza Speciale per i beni Archeologici di Napoli e Pompei (direttrice: dott.ssa Maria Paola Guidobaldi, conservatore/restauratore: Giuseppe Zolfo), ha dovuto individuare e attuare misure di breve e medio termine che hanno unito molti attori e discipline con significativi risultati, un percorso che questo articolo racconta. Inanzitutto è stato necessario fornire un adeguato luogo di deposito a temperatura e umidità controllata; programmare il monitoraggio periodico dello stato di conservazione; eseguire una documentazione grafica, fotografica, bi e tridimensionale; avviare indagini diagnostiche sulle specie arboree, sui pigmenti e sui leganti delle parti policrome; avviare la sperimentazione di metodi di consolidamento del legno con e senza decorazione policroma prima di poter dare avvio alle misure di lungo termine, cioè il restauro vero e proprio, la cui metodologia, scelta a seguito dei risultati della campagna di

indagini, è ulteriormente illustrata nel contributo “*Restauro dei reperti lignei policromi del controsoffitto romano rinvenuto a Ercolano*” presentato anch'esso in occasione del presente Congresso.

Documentazione fotografica e documentazione grafica con tecnologia laser scanner 3D

In considerazione dell'importanza archeologica del ritrovamento e dello stato di conservazione dei reperti lignei si è proceduto ad una campagna sistematica di documentazione grafica dei singoli elementi con tecnologia laser scanner 3D. Questa attività ha consentito di acquisire i dati metrici necessari per uno studio accurato della struttura architettonica nel suo insieme e dei dettagli dei singoli elementi (incastri, sagomature, tagli ecc.).

Il lavoro è stato eseguito con laser scanner 3D Leica ScanStation C10. Questa strumentazione assicura una precisione millimetrica nell'acquisizione delle nuvole di punti 3D combinata ad una elevata velocità di scansione. Quest'ultimo fattore è risultato molto importante in quanto l'attività di rilievo è stata svolta parallelamente al lavoro di monitoraggio dei reperti; operazione che necessita di ridurre al minimo i tempi di esposizione all'aria per preservare lo stato di conservazione. Allo scopo di ridurre i tempi di elaborazione dei dati 3D nella successiva fase di *filtering*, gli oggetti sono stati disposti su una superficie plastica di colore nero lucido in grado di assorbire l'emissione laser dello strumento e automatizzare in questo modo l'estrazione delle nuvole di punti 3D dei singoli elementi.

Successivamente alla fase di acquisizione si è proceduto all'elaborazione di modelli digitali tridimensionali sotto forma di *mesh* poligonali degli elementi più significativi allo scopo di fornire un supporto metrico 3D per lo studio della struttura. In alcuni casi, in particolare per i pannelli decorati del controsoffitto ligneo, si è proceduto anche all'acquisizione attraverso tecniche di fotogrammetria digitale allo scopo di generare nuvole di punti a densità maggiore rispetto alla scansione laser. Questa metodologia consente di generare modelli 3D foto realistici in grado di restituire con maggiore accuratezza i dettagli costruttivi presenti sui singoli elementi. Parallelamente alla fase di elaborazione dei dati si è proceduto alla documentazione grafica 2D dei singoli elementi. Sono stati disegnati, all'interno di software CAD, tutti i profili dei reperti lignei e caratterizzate le tracce di lavorazione e la presenza di elementi metallici. Questo lavoro ha consentito di disporre di disegni in scala variabile da 1:10 a 1:5 in formato vettoriale, che sono stati indispensabili nella fase di studio perché hanno costituito la base metrica su cui formulare le ipotesi ricostruttive.

L'insieme delle informazioni derivate dall'accurata schedatura dei reperti realizzata dal team di archeologi è stato riversato all'interno di una banca dati generale, basata su database relazionale in formato MSSQLServer e gestita attraverso interfacce web, in grado di raccogliere e assicurare la consultazione futura di tutti i dati disponibili (schede, foto, documentazione grafica). Il database consente inoltre di effettuare ricerche incrociate sui dati offrendo la possibilità di creare rapidi *report* riepilogativi sui dati quantitativi (misure, conteggi ecc.) e qualitativi (caratteristiche specifiche sulle tipologie). A completamento del lavoro è stata eseguita un'ampia documentazione fotografica di tutti i reperti attraverso riprese digitali ad alta risoluzione (24 megapixel) con apparecchiatura fotografica professionale *fullframe*. Per i reperti particolari (presenza di decorazione, pellicola pittorica, segni di doratura) sono stati realizzati scatti di dettaglio utilizzando una tavola colorimetrica (*colorchecker*) in modo da assicurare la corretta comparazione cromatica dei colori.

Elaborazione dei modelli ricostruttivi

La versatilità dei modelli 3D ha consentito di formulare e verificare metricamente le diverse ipotesi ricostruttive che solo in via teorica erano state avanzate. L'opportunità offerta dalle tecnologie digitali a disposizione è risultata fondamentale sia per la ricostruzione della struttura portante, vista l'impossibilità di movimentare travi di dimensione e peso notevole, sia la decorazione pittorica di reperti lignei che, per motivi di conservazione, dovevano rimanere sigillati in ambiente controllato. Sono stati così analizzati e comparati i diversi elementi, individuati gli incastri che hanno permesso di ricostruire la posizione di messa in opera delle diverse parti del tetto e del controsoffitto.

Il partenariato per le indagini diagnostiche

La campagna di indagini diagnostiche è stata avviata nel 2011 sottoscrivendo un Protocollo d'Intesa tra la Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Napoli e Pompei, The British School at Rome (in qualità di partner operativo del Packard Humanities Institute), il Museo e Istituto Fiorentino di Preistoria “Paolo Graziosi”, l'Università di Pisa - Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale e il C.N.R. – Istituto per la Valorizzazione del legno e delle Specie Arboree IVALSA (or Istituto per la Bioeconomia CNR-IBE) per “Analisi, studio e ricerca su stato di conservazione e metodologie d'intervento per la conservazione del legno archeologico ercolanese e, in particolare, dei manufatti lignei afferenti al crollo del tetto del salone dei marmi della Casa del Rilievo di Telefo nel Sito Archeologico di Ercolano”;

Per coordinare i vari ambiti di studio, nell'ottobre 2011, è stato organizzato un sopralluogo congiunto dei partner, durante il quale sono stati eseguiti numerosi prelievi di campioni.

Il degrado del legno archeologico

Il legno recuperato in contesti archeologici, alle nostre latitudini e in condizioni di imbibizione d'acqua, presenta caratteristiche peculiari dal punto di vista chimico, fisico e meccanico tali da renderlo un "materiale nuovo" o comunque diverso dal legno recente. Le nuove proprietà sono da mettere in relazione più con lo stato di conservazione che con la specie legnosa di appartenenza, e sono dovute essenzialmente alla perdita della componente polisaccaridica (emicellulose e cellulosa), mentre il contenuto di lignina può essere considerato pressoché invariato, almeno a livello quantitativo (relativamente alle prime fasi di degrado). La perdita di sostanza determina l'aumento della porosità del materiale e la conseguente diminuzione della sua anisotropia (per la perdita della cellulosa) e della sua densità, e determina, conseguentemente, l'aumento del contenuto d'acqua che va a riempire tutte le porosità così create. Per quest'ultimo fenomeno il legno imbibito, ancorché degradato al momento del suo ritrovamento, appare nella maggior parte dei casi di dimensioni simili a quelle originarie, per cui i reperti mantengono la forma e le dimensioni che avevano in uso, a meno di mancanze per eventi meccanici. In questo contesto, la perdita non controllata del contenuto d'acqua trattenuto dal legno imbibito e degradato può causare, in relazione allo stato di conservazione della parete cellulare, il ritiro e il collasso delle stesse cellule legnose e la perdita (irreversibile) parziale o perfino totale dei reperti, specialmente dei più complessi: è per questo indispensabile raccogliere le indicazioni necessarie per indirizzare in maniera mirata gli sforzi conservativi.

Identificazione della specie legnosa e caratterizzazione del degrado

Durante una prima serie di campionamenti sono stati prelevati, con la supervisione degli archeologi e dei restauratori dell'HCP e della Soprintendenza, 34 frammenti lignei di legno imbibito e 6 campioni di legno secco da un frammento di cassettonato rinvenuto in uno scavo precedente al 2009 e conservato presso l'*Antiquarium* di Ercolano. Successivamente, nel 2012 è stato effettuato un ulteriore sopralluogo da parte del CNR – IBE (ex IVALSA) per valutare l'effettiva presenza di attacchi in atto da parte di microrganismi su alcuni reperti, prevalentemente strutturali, tra quelli rinvenuti nello scavo della antica spiaggia. Nel corso di tale sopralluogo è stato possibile prelevare ulteriori 7 campioni per le analisi del degrado del legno. I campioni, posti in recipienti chiusi contenenti acqua, sono stati trasportati presso i laboratori del CNR – IBE (ex IVALSA) di Sesto Fiorentino. I campionamenti sono stati documentati attraverso fotografie e tabelle descrittive. La valutazione dello stato di conservazione dei reperti lignei ha previsto una caratterizzazione diagnostica attraverso 4 fasi, identificazione della specie legnosa; caratterizzazione micromorfologica del degrado; determinazione della composizione chimica residua; caratterizzazione fisica. Le indagini micromorfologiche sono state realizzate tramite l'impiego di microscopio ottico a luce trasmessa con il quale sono state osservate sezioni sottili (15-20 µm) del legno prodotte nelle direzioni anatomiche diagnostiche. Come alternativa al microscopio ottico, soprattutto per i campioni molto piccoli e degradati, è stato impiegato il microscopio elettronico a scansione SEM PHILIPS XL 20. Le osservazioni al microscopio, oltre a portare all'individuazione della specie legnosa, sono state condotte con lo scopo di determinare lo stato di conservazione a livello anatomico. Al fine di quantificare il degrado cui è andato incontro il legno nel sito di giacitura è stata misurata la composizione chimica residua delle pareti cellulari che, confrontata con l'analoga composizione di un legno non degradato appartenente alla stessa specie, consente di valutare quantitativamente la presenza e l'ammontare dell'eventuale degrado chimico a carico del materiale archeologico. Le analisi sono state condotte attraverso tecniche gravimetriche e per mezzo di spettroscopia all'infrarosso in trasformata di Fourier (FT-IR). Dopo la misura del contenuto d'umidità, sulla polvere sono state effettuate in successione le seguenti determinazioni: contenuto di estrattivi solubili in solventi organici; contenuto di estrattivi acquosi; lignina acida (o Klason); contenuto di ceneri; contenuto di olocellulosa. Le analisi FT-IR sono state condotte su un' aliquota dei campioni, sia prima che dopo le estrazioni. Infine, le indagini fisiche sono state svolte con il fine di calcolare il massimo contenuto d'acqua dei campioni (MWC, %), la densità basale (DB, g/cm³) e la densità basale residua (DBR, %).

In maggioranza gli elementi che compongono il controsoffitto a cassette sono di abete bianco (*Abies alba*). Sono stati rinvenuti anche degli elementi appartenenti al genere *Prunus* (probabilmente ciliegio): un tronco, probabilmente una pianta da frutto trascinata dall'eruzione, ed alcune decorazioni intagliate e incollate su uno dei lacunari del cassettonato (una cornice ed una rosetta centrale). Infine, è stato rinvenuto del cipresso (*Cupressus sempervirens*) identificato in una serie di pali di sezione circolare, con buona probabilità infissi nel terreno o per scopi agricoli o per realizzare un pergolato. Un elemento decorativo è risultato di legno di tiglio (*Tilia* sp.), legname ancora oggi largamente utilizzato per lavori di intaglio.

In generale, i campioni presentano una struttura morfologica altamente compromessa, come attestato dal fatto che la maggior parte di essi (35) sono stati assegnati alla classe di degrado 4 (cioè quella con struttura

maggiormente compromessa) [2]. Dei 51 elementi analizzati, solo uno è stato assegnato alla classe 1, cioè quella con struttura meglio conservata. Il primo chiaro segno di degrado biotico a livello di parete cellulare è la presenza di forti distorsioni e schiacciamenti. In questi casi la parete perde la propria consistenza e manifesta importanti deformazioni.

Il degrado biotico (sia da funghi della carie soffice che da batteri da erosione) si manifesta a carico principalmente della cellulosa e della sua struttura in microfibrille: l'attacco di questi microrganismi comporta soluzioni di continuità tra vari strati della parete ed anche decoesione nell'ultrastruttura cellulare tra i diversi componenti (emicellulose, cellulosa e lignina).

Indagini sulla componente organica dello strato pittorico

Presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa, i campioni pittorici e i campioni sui quali si era in dubbio sulla presenza di materiali organici diversi dal legno sono stati sottoposti ad analisi tramite gas cromatografia-spettrometria di massa (GC/MS) e tramite pirolisi termicamente assistita con esametildisilazano accoppiata a gas cromatografia e spettrometria di massa (Py(HMDS)-GC/MS al fine di identificare i materiali organici; la parte lignea di tutti i campioni è stata inoltre sottoposta ad analisi semiquantitativa tramite Py(HMDS)-GC/MS, al fine di stabilire lo stato di conservazione del legno.

L'analisi tramite GC/MS ha permesso di evidenziare che la tecnica pittorica è a base di uovo. L'assenza di idrossiprolina porta a confermare la mancanza di colla animale. Inoltre, l'analisi dei sedimenti ha fornito l'entità della contaminazione ambientale che ha un livello piuttosto basso. L'analisi tramite Py(HMDS)-GC/MS e la ricerca di *biomarker* molecolari ha permesso di confermare la presenza di uovo in quasi tutti i campioni e di identificare anche altri composti, tra cui ammine riconducibili all'utilizzo di un fungicida a base di sali d'ammonio quaternario, piperonil-butossido, riconducibile all'utilizzo di un insetticida e tracce di cera paraffinica, legata a un trattamento conservativo. Sebbene siano rimaste solo poche tracce di pitture e dorature, è stato possibile stabilire che esse sono state eseguite direttamente sul legno utilizzando essenzialmente uovo come legante anche per fare aderire la foglia d'oro.

Solo in un caso è stata trovata caseina probabilmente utilizzata come collante, mentre non è stata osservata la presenza di colla animale, collante tipicamente usato dai romani e materiale che gli permetteva di connettere le piccole cornici decorative presenti nel tetto. Ciò non è però sorprendente, in quanto l'acqua dell'ambiente di giacitura in 2000 anni di storia può aver solubilizzato le colle animali, con il risultato che l'adesione delle cornici al supporto ligneo risulta attualmente estremamente debole.

Il metodo di Py(HMDS)-GC/MS, seguito da analisi-semiquantitativa e PCA, ha permesso di evidenziare il degrado dei campioni lignei, senza dover ricorrere al solo rapporto H/L, ma tenendo in considerazione tutti i segnali relativi ai prodotti di pirolisi della cellulosa, della lignina e dei prodotti di degrado.

In generale è stato possibile notare che non sempre i campioni prelevati dallo stesso reperto hanno subito lo stesso livello di degrado, confermando che il processo di degradazione del legno dipende da moltissimi fattori e può avvenire diversamente anche all'interno dello stesso oggetto: prelevare più campioni dallo stesso manufatto mette in evidenza la disomogeneità, ad esempio, tra il degrado del legno prelevato in superficie e quello prelevato più in profondità.

È stato quindi possibile dimostrare che la maggior parte del legno del tetto della Casa del Rilievo di Telefo che non ha subito il processo di carbonizzazione è sostanzialmente in un buono stato di conservazione dal punto di vista chimico.

Indagini sulla componente inorganica e la stratigrafia pittorica

Allo scopo di caratterizzare i materiali utilizzati nella decorazione del soffitto e di definire la tecnica di decorazione pittorica e di doratura, sono stati prelevati piccoli frammenti (<2mm in ciascuna dimensione) dell'intera stratigrafia pittorica in corrispondenza dei diversi colori (bianco, verde, rosso, azzurro, giallo, azzurro su rosso) e della doratura. Altri prelievi sono stati effettuati in relazione alla presunta presenza di colla in un reperto e a quella di un deposito di terra presente sullo stesso frammento.

Dopo il prelievo, i campioni sono stati mantenuti nella massima imbibizione di acqua e trasferiti presso il laboratorio del Museo e Istituto Fiorentino di Preistoria "Paolo Graziosi". I frammenti sono stati osservati con uno stereomicroscopio (Nikon SMZ-2T) per valutare le loro caratteristiche morfologiche e la possibilità di inglobarli in resina e trasformarli in sezioni lucide, operazione che ha presentato difficoltà a causa del degrado del legno e della sua suscettibilità a collassare per la rimozione dell'acqua da parte dei solventi organici in cui si veicola la resina di inglobamento. Successivamente la microscopia ottica in luce riflessa, anche polarizzata (Nikon Optiphot 100) e/o quella elettronica (SEM:FEI, Quanta 200) hanno consentito di individuare gli strati della pittura e di avviare la misura degli spessori e la caratterizzazione morfologica e granulometrica dei componenti (**Figure 2 e 3**).

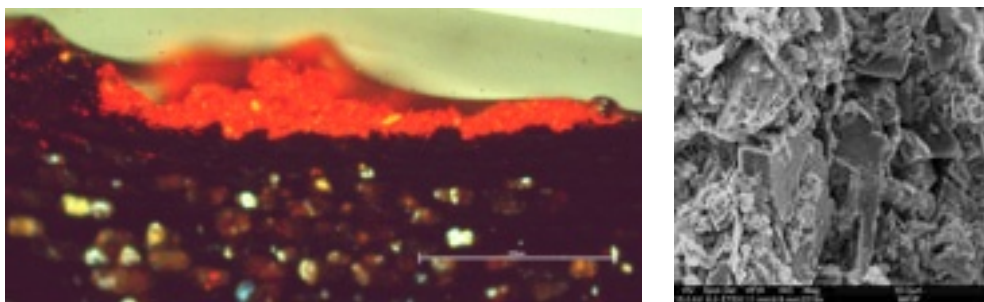


Figure 2 e 3. Campione J5, sezione della stratigrafia pittorica rossa vista in microscopia ottica in luce polarizzata (b.m. 200 mm). Campione J23, cristalli tabulari di cuprorivaite nel pigmento di blu egizio (b.m. 50 mm).

La determinazione qualitativa e semiquantitativa degli elementi chimici è stata effettuata per mezzo della microanalisi a dispersione di energia (EDS, EDAX-DX4 con rivelatore S UTW+) collegata al microscopio elettronico a scansione; in alcuni casi la spettroscopia infrarossa a Trasformata di Fourier (FTIR: Perkin Elmer, Spectrum One Extended Range con rivelatore Csl-TGS9) su micro quantità di campione ha aggiunto informazioni circa i composti presenti. La sezione sottile del deposito di terra è stata osservata in microscopia ottica a luce polarizzata e riflessa (Olympus BX51) e le componenti chimiche elementari sono state rilevate mediante EDS. Il campione siglato come colla è stato osservato allo stereomicroscopio e analizzato mediante FTIR e EDS collegata al SEM.

All'osservazione al microscopio tutti i colori risultavano applicati sulla sezione radiale del legno: questa sezione ha una buona stabilità rispetto ai movimenti del legno, una porosità molto bassa e non richiede alcuna preparazione. I reperti erano inglobati in un sedimento, presente anche su alcuni strati pittorici, dovuto alle dinamiche deposizionali dei movimenti dell'acqua e costituito da biotite, sanidino, plagioclasio, pirosseni e rari frammenti di natura vulcanica. La doratura è dovuta all'applicazione di una foglia d'oro di 1-1,5µm di spessore. Nella tavola seguente sono elencate le caratteristiche degli strati pittorici e la composizione dei pigmenti.

Strato pittorico	sigla	Spessore (µm)	Granulometria (µm)	Morfologia	Composizione elementale (%)										Pigmento
					Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Cu	Ti	
Bianco	J1	25-60	2-10	angolare	+	+	+	9	+	+	81	+			calcite
Verde	J2	20-25	10-100	subangolare	+	+	15	64		7	6	6		+	celadonite
	J3	18-25	15-100	subangolare	+	+	13	60		7	+	8		+	celadonite
Rosso	J4	n.m.	n.m.	subangolare		5	+	45		+	+	41			ocra rossa
	J5	15-80	<30	angolare/subarrotondato		+	5	26		+	+	62			ocra rossa
	J19	20-30	<7	subarrotondato		8	17	46		+	12	13			ocra rossa
Blu	J6	160-230	10-200	angolare/subangolare		+	8	69	+	+	10		8		blu egiziano
	J18	50-100	30-150	angolare/subangolare		+	6	69		+	10	+	7		blu egiziano
	J19	40-50	n.m.	angolare/subangolare		+	14	61		+	9	+	+		blu egiziano
	J23	50-80	20-180	angolare/subangolare		+	5	72	+	+	11	+	8		blu egiziano
	J25	230-300	10-200	angolare/subangolare		+	11	72		+	8	+	5		blu egiziano
Giallo	J13	60-80	5-15	Subangolare/subarrotondato	+	+	25	57			+	15		+	ocra gialla

Tabella 1. Principali caratteristiche dei pigmenti e degli strati pittorici.

Sperimentazione per la valutazione della compatibilità della finitura del cassettonato della copertura lignea con le metodiche di restauro del legno archeologico imbibito

La sperimentazione è stata realizzata da MIFiP in collaborazione con CNR-IBE (ex IVALSA) per supportare nel modo migliore ogni valutazione, basata su valori obiettivi, dei processi necessari alla conservazione della copertura lignea del Salone dei Marmi della Casa del Rilievo di Telefo di Ercolano.

In termini generali si può affermare che l'eliminazione dell'acqua dal legno archeologico imbibito, in base al suo degrado, deve essere realizzata nell'ottica di fornire: a) stabilità di forma e dimensioni dei reperti durante e dopo l'essiccazione; b) stabilità chimica, fisica e biologica al reperto nel corso del tempo, in considerazione anche del successivo ambiente di conservazione. Inoltre, ogni trattamento deve tenere in considerazione anche: c) resa estetica (colore, mantenimento delle caratteristiche morfologiche di dettaglio della superficie); d) economicità del processo (complessità/costi di strutture e metodiche, impiego di manodopera specializzata, durata dei processi, ecc.); e) sicurezza per l'ambiente e gli operatori; f) reversibilità o ritrattabilità del reperto. Le esperienze passate dimostrano come la scelta del trattamento non può essere fatta nei termini di *“quale metodo di conservazione è il risolutivo”*, ma piuttosto *“quale metodo è maggiormente soddisfacente per uno o più degli aspetti ricercati”*, pur considerando che l'aspirazione dovrebbe essere quella di adottare il trattamento di minor invasività possibile [3].

Nel caso di legno molto degradato, tale scopo è raggiunto essenzialmente con la sostituzione dell'acqua con una sostanza solida che, veicolata all'interno del legno in soluzione, sia in grado di contrastare (una volta solidificatasi) il potenziale collasso dei manufatti durante l'essiccazione (necessaria per poter esporre gli oggetti).

La progettazione delle fasi di trattamento conservativo nel caso specifico appare di grande complessità, oltre che – ovviamente – di alto interesse scientifico. Per il cassettonato ligneo, infatti, sono da considerare: la presenza di più specie legnose (abete bianco, cipresso, pruno, tiglio) che presentano uno stato di conservazione variegato, non solo fra specie diverse quanto anche all'interno della stessa specie; la presenza di pittura originale in cui appare l'applicazione a tempera d'uovo dei pigmenti; la presenza di porzioni di doratura a foglia d'oro. Quindi, nel caso in esame, è necessario valutare non solo il grado di efficacia del trattamento in termini di stabilizzazione del legno, quanto anche la compatibilità dei prodotti impiegati con i materiali di finitura della superficie decorata. A tale scopo è stata condotta una fase di sperimentazione in laboratorio, preliminare al trattamento vero e proprio. Tale fase, utilizzando provini di legno appositamente preparati (**Figura 4**), è stata indirizzata verso la verifica dell'efficacia di ciascuna metodica di restauro quando applicata alle varie tipologie di legno e di degrado presenti nel cassettonato e della compatibilità dei prodotti usati con i colori presenti sulla decorazione del legno.

Una prima serie di provini è stata ricavata da due elementi di legno archeologico imbibito (abete bianco e cipresso) recuperati presso gli scavi di Ercolano e forniti dall'HCP perché valutati privi di interesse archeologico. Le metodiche di stabilizzazione del legno utilizzate sono state impregnazione con: a) lattitolo e trealosio; b) Aquazol; c) kauramina; d) colofonia. È stato inoltre valutato l'effetto della sola essiccazione per liofilizzazione, in assenza di ogni impregnante.

Una seconda serie di campioni è stata destinata ai test sul colore, con l'allestimento di piccoli parallelepipedi di dimensioni simili ai precedenti (6x4x1 cm³) di abete bianco; su una delle facce maggiori sono stati stesi, a tempera, pigmenti della stessa natura di quelli presenti sul cassetto nato [4]. In particolare sono stati utilizzati: a) Bianco Meudon, calcite, acquistato presso la Ditta Phase di Firenze; b) Ocra gialla, *ibidem*; c) Ocra rossa, *ibidem*; d) Ocra gialla, acquistata presso la Ditta Zecchi di Firenze, di composizione analoga, ma di tonalità leggermente diversa rispetto alla (b); e) Blu egizio o cuprorivaite acquistato presso la Natural Pigments L.A.-USA; f) Terra verde o celadonite *ibidem*. Di ciascun pigmento è stata determinata la composizione mediante analisi XRD e FTIR per verificarne la corrispondenza con quanto già evidenziato nel soffitto ligneo di Ercolano. Il colore è stato applicato mediante tempera ad uovo e per l'asciugatura i provini sono stati mantenuti per due settimane in cella climatica con parametri ambientali di 20°C e 65% di RH. Con ciascun pigmento sono state preparate 6 serie di provini, in doppio. Un provino di ciascuna serie è stato poi trattato con lattitolo e trealosio; Aquazol; PEG; kauramina; colofonia (cioè con gli stessi consolidanti selezionati per il trattamento), al fine di verificare la compatibilità con i colori sono stati. L'altro provino di ciascuna serie è stato invece utilizzato come confronto. Per ottenere una valutazione obiettiva della possibile variazione della cromia in seguito al trattamento è stato realizzato uno studio colorimetrico delle superfici dipinte con l'utilizzo di uno spettrocolorimetro e di uno scanner ad alta capacità di risoluzione con acquisizione d'immagini in formato TIFF-RGB.

I risultati delle sperimentazioni sono quindi stati valutati in maniera complessiva (considerando cioè sia la capacità dei consolidanti di stabilizzare che la loro compatibilità cromatica) per contribuire ad indicare una possibile linea operativa per il restauro del cassettonato.

Il metodo di consolidamento con lattitolo e trealosio è risultato il più efficace nel mantenimento della tonalità del colore. Con lo stesso metodo sono stati ottenuti anche buoni risultati di stabilizzazione dimensionale del legno.

Il trattamento con kauramina ha prodotto anch'esso una buona stabilizzazione dimensionale (anche se sono apparse frequenti fratture trasversali dovute a ritiro), ma ha portato ad uno schiarimento del colore un po' più evidente. Il metodo di trattamento con Aquazol ha mostrato, infine, buone caratteristiche, soprattutto

considerando il suo trascurabile appesantimento del legno dopo il trattamento. Per questo metodo, d'altra parte, va considerata la necessità di approntare un sistema di essiccazione per liofilizzazione complesso se si considerano una quantità di materiale e dimensioni dei reperti importanti. Da notare infine come l'immersione nei bagni impregnanti, per i tempi descritti dalle diverse metodiche e curando alcune cautele, non ha portato ad alcun distacco della pellicola pittorica nei reperti originali.

In conclusione ci sembra possibile affremare che il percorso intrapreso per affrontare dei rinvenimenti archeologici di straordinaria importanza e complessità come i legni del Salone dei Marmi della Casa del rilievo di Telefo ad Ercolano mettendo in pratica misure di breve e medio termine si è dimostrato efficace nel gettare le basi per quelle di più lungo termine finalizzate al restauro e la valorizzazione di questi reperti unici nel mondo, e la scelta coraggiosa di unire molti attori e discipline è stata la chiave per questi significativi risultati.

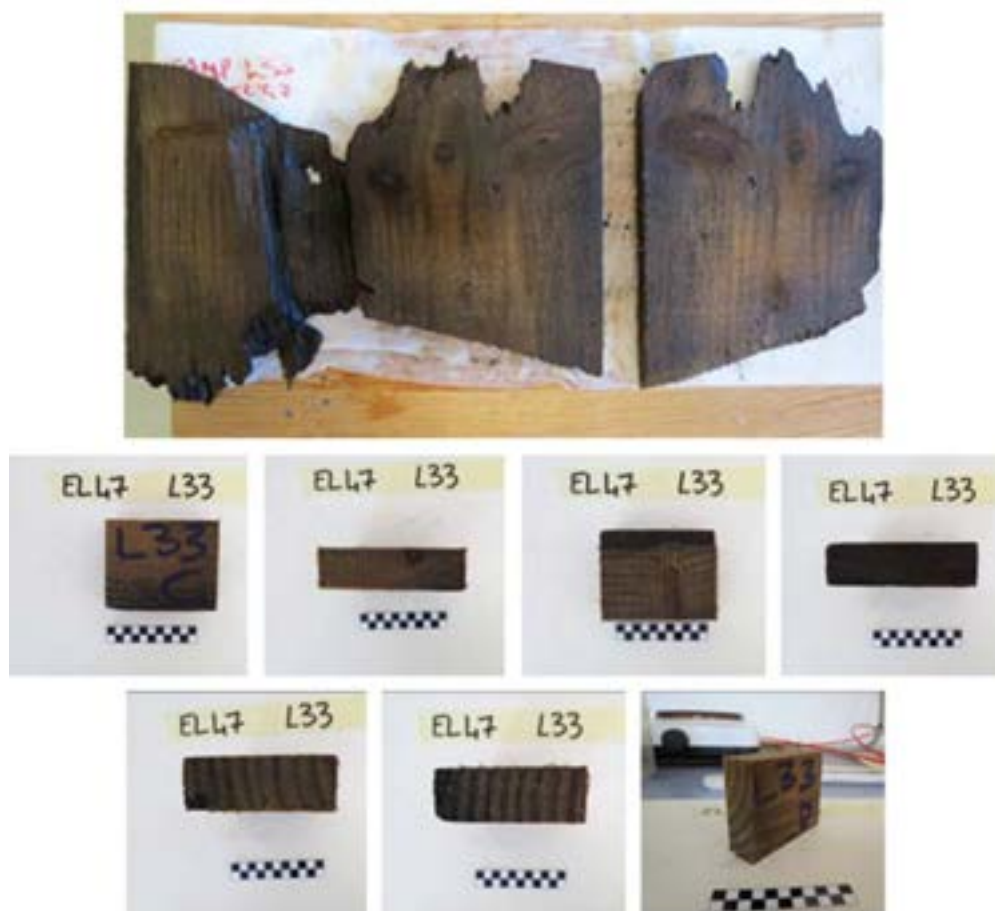


Figura 4. Campioni prelevati dai reperti archeologici e preparati per la sperimentazione.

NOTE

[1] L'Herculaneum Conservation Project è stato creato nel 2001 dal Packard Humanities Institute, una fondazione filantropica californiana, e dall'allora Soprintendenza archeologica all'epoca competente per il sito di Ercolano (dal 2016 il 'Parco Archeologico di Ercolano'), ai quali si è poi aggiunto come terzo partner operativo, un prestigioso istituto di ricerca la British School at Rome. Dal 2013 il Packard Humanities Institute ha rafforzato la sua presenza in Europa con la creazione dell'Istituto Packard per i Beni Culturali, che ha sostituito la British School at Rome nell'attuazione dell'HCP.

[2] Cfr. Macchioni et al. 2013 Grading ecc.

[3] Elisa Pecoraro, Benedetto Pizzo, Antonella Salvini, Nicola Macchioni, "Dynamic mechanical analysis (DMA) at room temperature of archaeological wood treated with various consolidants" *Holzforschung* (2019), Volume 73, issue 8, pp 757-772.

[4] La preparazione dei provini dipinti a tempera per la sperimentazione è stata realizzata grazie alla cortese collaborazione del Restauratore Roberto Bellucci (OPD, Firenze).

Bibliografia

- D. Camardo, M.B. Casieri, A. D'andrea, K.U. Heußner, P. Kastenmeier, M. Notomista, “*Studio delle tracce di lavorazione, dendrocronologia e documentazione sui legni del tetto della Casa del Rilievo di Telefo ad Ercolano*”, in “*Bollettino dell' Istituto Archeologico Germanico*”, 2015, pp. 269-310.
- D. Camardo-M. Notomista, *La scoperta del tetto in legno del Salone dei marmi della Casa del rilievo di Telefo di Ercolano (Italia)*, in Atti del XVIII Convegno Internazionale di Archeologia Classica, Merida (Esp), 13-17 maggio 2013, Merida 2014, pp. 1043-1047.
- D. Camardo-M. Notomista, *The roof and suspended ceiling of the marble room in the House of the Telephus Relief at Herculaneum*, in “*Journal of Roman Archaeology*”, 28-2015, pp. 39-70.
- N. Macchioni, B. Pizzo, C. Capretti, E. Pecoraro, L. Sozzi, S. Lazzeri, *New wooden archaeological finds from Herculaneum: The state of preservation and hypothesis of consolidation of the material from the House of the Relief of Telephus*. Archaeometry, 2016, 58 (6), 1024–1037
- Diego Tamburini, Jeannette Jaqueline Lucejko, Francesca Modugno, Maria Perla Colombini, Pasquino Pallecchi, Gianna Giachi, *Microscopic techniques (LM, SEM) and a multi-analytical approach (EDX, FTIR, GC/MS, Py GC/MS) to characterize the decoration technique of the wooden ceiling of the House of the Telephus Relief in Herculaneum (Italy)*, Microchemical Journal, Vol. 116, pag. 7-14, September 2014.

LA CROCE DI CHIARAVALLE: DIAGNOSTICA E STUDIO MULTIDISCIPLINARE

Daniela Di Martino*, Franco Blumer, Maya Musa***, Fabio D'Amico***, Lisa Greggio***, Elisabetta Galletti****, Maria Pia Riccardi*******

*Ricercatore, Dipartimento di Fisica "G. Occhialini", Università Milano Bicocca, piazza della Scienza 3, 20126, Milano, daniela.dimartino@unimib.it

**Restauratore, Franco Blumer restauri, vicolo Aquila Nera 2c, 24129 Bergamo, 3337552315, info@francoblumer.it

***Gemmologo, GIG – Gulf Institute of Gemology, Bait Al Reem, 3rd Floor, Thaqafah St, Al Khuwair 133, Muscat Sultanate of Oman, maya.musa@gulfgemology.com

****Ricercatore indipendente, piazzetta Corticella 3, 20900, Monza, 3472661641, elisabetta.galletti@gmail.com

*****Professore, Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università degli Studi di Pavia, via Ferrara 9, 27100 Pavia, 0382958592, mariapia.riccardi@unipv.it

Abstract

Il restauro della Croce di Chiaravalle, nel corso di Restituzioni 2016, è stata l'occasione per condurre un approfondito studio storico-artistico ed un insieme di indagini scientifiche non-invasive e non-distruttive su un capolavoro di oreficeria medievale conservato presso il Museo del Duomo di Milano, ma proveniente dalla celebre abbazia cistercense di Chiaravalle Milanese.

In assenza per ora di fonti documentarie certe, gli approfondimenti storico scientifici hanno svelato importanti dettagli sulle tecniche costruttive, materiali impiegati, provenienza e datazione. La Croce è infatti una complessa costruzione di oreficeria, costituita da lamine d'argento e dorate, in abbinamento a filigrane, gemme, cammei e diaspro rosso, la cui particolarità è che diversi tratti stilistici appaiono chiaramente successivi alla presunta epoca di realizzazione. Sono stati studiati tutti i cammei (10) e i campioni gemmologici (circa 1000). Per le gemme, oltre alle classiche analisi gemmologiche, sono state utilizzate analisi Raman e di fluorescenza ai raggi X (grazie ad XGLab). È stata poi condotta un'accurata indagine di microscopia a scansione elettronica (SEM) per studiare la filigrana d'oro, alcune statuine d'oro, dei castoni e delle gemme di vetro (di imitazione). Infine, sono state condotte analisi nucleari sia per la datazione di alcuni piccoli prelievi, che per lo studio in diffrazione di neutroni di alcuni reperti metallici (filigrana d'oro e chiodi metallici). Alcuni risultati dello studio sono stati riuniti in un volume [Benati e Di Martino, 2017].

Il progetto condotto sulla Croce di Chiaravalle costituisce un paradigma per l'analisi di altre opere d'arte complesse, che comprende un intervento organico in tre fasi: il restauro, gli approfondimenti storico-artistico-scientifici e la fruizione dell'opera restaurata alla luce dei risultati delle indagini. Inoltre, durante lo studio della Croce di Chiaravalle si è costituita una rete di competenze sia nel pubblico che nel privato, che può ora essere impiegata nello studio di altre opere d'arte e divenire laboratorio stabile per la crescita di un'alta competenza nel settore, di eccellenza tutta italiana.

Introduzione

La Croce di Chiaravalle è una croce processionale donata, secondo la tradizione, dal Vescovo e Signore di Milano Ottone Visconti all'abate di Chiaravalle Paolo da Besana [Fumagalli, 1793]. Si tratta di una complessa costruzione di oreficeria, impreziosita da lamine d'argento e dorate, in abbinamento a filigrane, cristalli, gemme e cammei (vedi Figura 1).

La Croce è stata restaurata nell'ambito della XVII edizione di Restituzioni, programma biennale di restauri di opere d'arte appartenenti al patrimonio del Paese, promosso e curato da Intesa Sanpaolo, in collaborazione con la Soprintendenza Belle Arti e Paesaggio per le province di Milano, Bergamo, Como, Lecco, Lodi, Monza-Brianza, Pavia, Sondrio e Varese, ed è stata poi esposta all'interno della mostra "La Bellezza Ritrovata", a Gallerie d'Italia (piazza della Scala, Milano, Aprile-Luglio 2016).

In occasione del restauro, è stato condotto uno studio molteplici che ha coinvolto diverse realtà universitarie e private nel campo dei beni culturali. Sono state effettuate varie indagini scientifiche per lo studio della natura dei materiali e rivolte alla datazione del manufatto. Il restauro costituisce infatti un'occasione unica per accedere all'opera stessa, soprattutto al fine di studiarne i materiali di cui è composta.

Al termine del restauro e delle indagini, si è svolta una giornata di studio “La Croce di Chiaravalle: approfondimenti storico scientifici in occasione del restauro”, durante la quale sono stati divulgati i risultati ottenuti (16/5/2016, presso il Grande Museo del Duomo) ed è stato pubblicato un volume che racchiude tutti gli studi effettuati nel corso del restauro e nell'anno seguente [Benati e Di Martino, 2017].

Altri studi sono stati poi condotti successivamente [Di Martino et al., 2018, 2019a, 2019b] o sono ancora in corso e verranno presentati in prossimi convegni [Di Martino et al., 2019c].

Punto di partenza del progetto è stata l'opportunità del restauro e la concomitante possibilità di condurre alcune interessanti indagini scientifiche. Sono stati studiati tutti i campioni gemmologici, sono state condotte misure Raman e di fluorescenza ai raggi X oltre che indagini di microscopia a scansione elettronica e nucleari.

La Croce di Chiaravalle

L'accostarsi alla Croce di Chiaravalle per eseguirne l'intervento di restauro conservativo ha implicato una serie di criticità dovute essenzialmente alle diverse tipologie dei materiali e delle tecniche utilizzate per la costruzione di questo capolavoro dell'arte orafa veneziana che racchiude in sé le eccellenze di una o più botteghe dove la scultura, il cesello, l'oreficeria e la glittica si fondono all'unisono per offrire qualcosa di universale.

La Croce è costituita da una struttura lignea ricoperta sul fronte da 12 lastre in diaspro rosso, sulle quali sono state applicate le figure principali del Cristo crocefisso, della Vergine e di S. Giovanni Evangelista, tutte realizzate in argento fuso a cera persa, finemente cesellate, dorate ad amalgama di mercurio e lucidate con brunitoio (sono ancora visibili i tipici segni conseguenti lo sfregamento dell'utensile). La filigrana in argento dorato incornicia interamente la sagoma ed è ornata da castoni gemmati. Lo spessore perimetrale della Croce è rivestito interamente da una lamina in argento liscio e lucido realizzata in un segmento unico, fissata con chiodatura e ripiegata sui piani del fronte e del retro. Sul retro vi sono lamine in argento sbalzato, cesellato e dorato ad amalgama, alloggiati all'interno di incavi ricavati tramite l'intaglio della struttura lignea e poi coperte da lastre in cristallo di rocca. Le lastre di cristallo sono incorniciate e trattenute da lamine argente, aggiunte probabilmente nel restauro del XVII secolo, ornate con semplici motivi a rilievo ottenuti solamente cesellando sul diritto, senza avvalersi dello sbalzo. Anche sul verso si trovano le placchette gemmate. Infine, il nodo poliedrico a sei losanghe rappresenta nel suo insieme la sintesi delle due facce della Croce, con la presenza delle filigrane, dei castoni gemmati, dei diaspri rossi, delle lamine sbalzate, cesellate, dorate e del cristallo di rocca che le ricopre.

La particolarità di quest'opera, di proprietà dei Padri Oblati, ma custodita dal Museo del Duomo di Milano, è che diversi tratti stilistici appaiono chiaramente successivi alla presunta epoca di realizzazione.

L'intervento di restauro è documentato nella relazione di restauro pubblicata da Restituzioni [Blumer, 2016]. Le indagini svolte intendevano fornire utili indicazioni alla datazione dell'opera o dei suoi rimaneggiamenti successivi, sia utilizzando tecniche consolidate (come la datazione C14, la spettroscopia Raman, XRF e indagini in microscopia a scansione elettronica -SEM), sia tecniche nucleari, dedicate soprattutto allo studio dei metalli.

Obiettivo primario del progetto è stato poi quello di condividere, sia con un pubblico di specialisti che col grande pubblico, i risultati delle analisi scientifiche e le loro ripercussioni sulle interpretazioni storico-artistiche in modo organico. La collaborazione che si è instaurata tra enti pubblici e privati, e tra scienziati e storici per lo studio di un bene culturale così complesso. È un percorso non scontato, né banale, che presuppone la disponibilità dei diversi “attori” di mettere in comune competenze e linguaggi specifici in un approccio realmente multidisciplinare. In questo senso, la giornata di studio dedicata proprio alla Croce di Chiaravalle (che si è svolta nel Grande Museo del Duomo il 16 maggio 2016) ha voluto riunire le diverse esperienze che la Croce ha catalizzato. Dagli storici (come Carlo Bertelli e Letizia Caselli) che hanno a lungo studiato la Croce, al restauratore che è intervenuto sull'opera, a tutti gli scienziati che hanno operato in situ o su piccolissimi prelievi. Abbiamo poi avuto l'opportunità di presentare il progetto in due momenti dedicati. Il primo evento dal titolo: “Neutroni, elettroni e fotoni per “guardare dentro” la Croce di Chiaravalle. Un esempio di multidisciplinarietà messa in pratica” si è svolto al XXV edizione del Salone internazionale del restauro dei musei e delle imprese culturali (Ferrara, 22 Marzo 2018). Il secondo evento si è tenuto il 31 Maggio 2018, presso Gallerie d'Italia (Piazza della Scala, Milano) dal titolo: “La Croce di Chiaravalle: un bene culturale complesso. Dal restauro di Restituzioni 2016 allo studio multidisciplinare.”

Nel seguito illustreremo qualche dettaglio delle misure condotte e dei risultati ottenuti, in particolar modo le misure di datazione e altre indagini nucleari, lo studio delle gemme, dei cammei e del diaspro.

Le analisi scientifiche e gli approfondimenti

Uno degli interrogativi tuttora aperti relativamente alla Croce è la sua data di realizzazione. Anticamente si riteneva che la Croce fosse stata donata nell’822 da Ludovico il Pio, ultimo figlio di Carlo Magno, subendo successivamente diversi restauri fino al 1799, quando fu acquistata dal Capitolo di San Celso. La critica attualmente è concorde nell’attribuire alla Croce una datazione successiva a quella sopracitata e precisamente la seconda metà del 1200 [Caselli, 2002]. Senza addentrarci nelle vicende storiche, tuttora dibattute, abbiamo pensato di ricorrere a tecniche scientifiche in grado di fornire una datazione. Attualmente non è possibile datare con certezza materiali gemmologici. Nel caso di statuine metalliche, quando prodotte con la tecnica della cera persa, si potrebbe far ricorso alla cosiddetta tecnica della termoluminescenza. Nel nostro caso è stata tentata un’analisi di termoluminescenza per la terra di fusione presente all’interno della statua della Madonna (il Cristo non è stato smontato durante le operazioni di restauro). Purtroppo, il materiale disponibile era di pochi milligrammi e non è stato sufficiente per ottenere una datazione. È stata invece condotta un’analisi del carbonio 14 sulle parti organiche come legno e stucchi. Abbiamo avuto a disposizione 3 differenti campioni, codificati come RC439 (stucco proveniente da un castone), RC442 (frammento del legno proveniente dal nodo) e RC443 (frammento del legno proveniente dalla croce). I campioni sono stati preparati nei laboratori CUDAM (Centro Universitario per le Datazioni e Archeometria di Milano Bicocca) per essere sottoposti ad analisi con tecnica 14C-AMS (radiocarbonio con spettrometria di massa con acceleratore) presso i laboratori CIRCE di Caserta (per i dettagli si veda Benati e Di Martino, 2017). I risultati, mostrati nella tabella sotto, riportano gli intervalli di date probabili a 1σ e 2σ (probabilità pari al 65% o 95%).

Codice	Campione	Data calibrata ($\pm 1\sigma$)	Data calibrata ($\pm 2\sigma$)
R439	Stucco castone	1645-1800 d.C.	1530-presente
R442	Legno nodo	1190-1260 d.C.	1165-1265 d.C.
R443	Legno croce	1050-1205 d.C.	1040-1220 d.C.

L’età del legno non è quindi consistente con l’antica tradizione che datava l’opera tra IX e X secolo. I risultati dell’analisi C14 indicano che il materiale che costituisce l’interno della croce non è stato predisposto prima del 1040/1050 d.C.. Il tronco di legno potrebbe essere stato tagliato in quegli anni e l’opera potrebbe essere comunque di molto successiva (il criterio cronologico pone un limite inferiore, ma non superiore). La datazione della Croce tramite C14 indica una data di lavorazione successiva al periodo 1040-1220, quindi compatibili con l’attribuzione cronologica corrente dell’opera, che attualmente si assesta nella seconda metà del 1200. Al contrario, l’età del campione di stucco risulta più moderna (successiva al 1530) e potrebbe essere un indizio di rimaneggiamenti successivi (come i restauri che si sono susseguiti), oppure di decorazioni aggiunte successivamente.

Sono state poi condotte altre indagini nucleari, in particolar modo sfruttando i neutroni, particelle neutre, in grado di attraversare gli oggetti per spessori di molti centimetri. Con i neutroni si possono studiare nel dettaglio le proprietà dei materiali, per esempio determinandone la composizione (sia in termini di componenti elementari che molecolari). Le misure coi neutroni, completamente non distruttive e non invasive, non possono però essere condotte *in situ*. I campioni devono essere trasportati presso grandi laboratori in cui si trovano le sorgenti di neutroni (nel nostro caso la sorgente a spallazione inglese ISIS del RAL, e la sorgente di neutroni ungherese, presso il reattore di ricerca di Budapest, BNC). Le tecniche utilizzate sono state diverse, tra le altre citiamo la *Neutron Resonant Capture Analysis* (NRCA, analisi per cattura neutronica risonante) e la *Prompt Gamma Activation Analysis* (PGAA, analisi di attivazione gamma istantanea). La NRCA e la PGAA sono tecniche nucleari per l’analisi elementare ed isotopica, basate su particolari interazioni dei neutroni epitermici (cioè con energie nel range 1-104 eV) che quando colpiscono un materiale danno origine ad un assorbimento risonante e conseguente diseccitazione. La tecnica NRCA “riconosce” gli atomi del campione misurandone le risonanze di assorbimento, mentre la PGAA sfrutta invece lo spettro gamma caratteristico. Sugli stessi campioni sono state effettuate anche misure PIXE (*Particle Induced X-ray Emission*, emissione di raggi X indotta da particelle, sempre presso BNC), tecnica del tutto analoga alla più nota *X-ray Fluorescence* (emissione di fluorescenza a raggi X).

Sono stati quindi analizzati diversi campioni metallici. Innanzitutto dei frammenti di filigrana, ottenendo una composizione del volume del campione. È stato possibile quindi riconoscere l’omogeneità dei vari frammenti

(dalla stessa composizione media). La presenza di mercurio confermava l'ipotesi di doratura con amalgama di mercurio. I dettagli relativi alle tecniche costruttive sono stati meglio indagati con analisi al microscopio elettronico a scansione (SEM, vedi Riccardi in Benati e Di Martino, 2017) e ulteriori indagini sono state svolte tramite analisi PIXE [Di Martino, 2019c]. Sono stati poi studiati dei piccoli chiodini, che il restauratore ha sostituito durante il restauro: i due chiodini (chiodino dritto, chiodo 1 e chiodino ricurvo, chiodo 2) sono mostrati in figura 1, assieme all'indicazione del punto di prelievo.

Per quanto riguarda il chiodino dritto (chiodo 1) la composizione ottenuta corrisponde ad una semplice lega di bronzo, con un rapporto Cu/Zn pari a 70/30. Il chiodino ricurvo (chiodo 2) ha come componenti maggioritari sempre il rame e lo zinco, ma tramite PGAA è stata misurata una concentrazione significativa di alluminio. A questo proposito dobbiamo segnalare che né la tecnica PIXE, né la tecnica NRCA sarebbero state in grado di rivelare l'alluminio. Quindi la composizione ottenuta tramite PGAA per il chiodo 2 è la più affidabile. La presenza di alluminio, poi, suggerisce che si tratti di un chiodo moderno. In effetti, il restauratore ha ritrovato la testimonianza di un recente restauro. In un piccolo pezzettino di carta al di sotto di una lamina d'oro compariva la scritta "Agostino Figini orafo - Milano, restaurò anno 1950" [Blumer, 2016]. Le diverse composizioni dei due chiodini indicano quindi una diversa produzione sia in termini di luogo di fabbricazione che di periodo di fabbricazione.

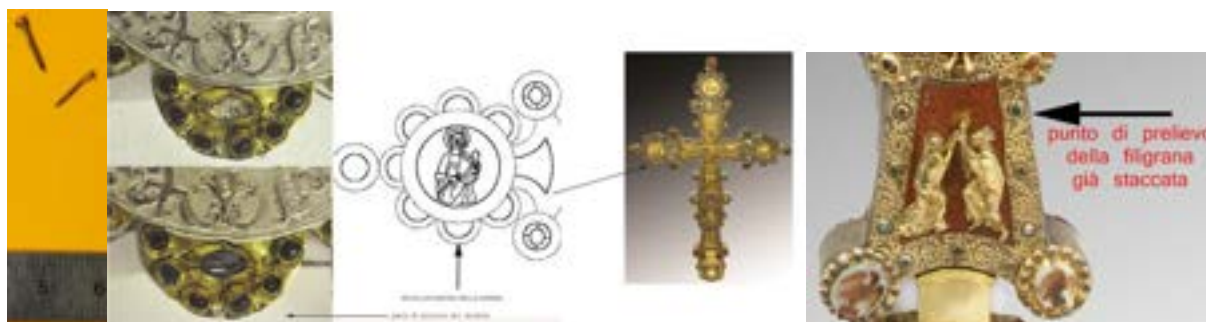


Figura 1. A sinistra: Piccoli chiodini messi a disposizione per le analisi. **Al centro:** retro della Croce e punti di prelievo dei chiodini. **A destra:** fronte della Croce e punti di prelievo dei frammenti di filigrana.

L'analisi gemmologica ha permesso di catalogare un totale di 985 gemme incastonate, distribuite in 533 del fronte e 452 del retro. In particolare, sono state indicate come Gemme Principali le 34 pietre, di cui 10 cammei, poste al centro delle rosette circolari; le Gemme Centrali sono quelle poste al centro delle mezze rosette più quelle del fronte che contornano il Cristo e le figure votive, per un totale di 111 pietre; le Gemme di Contorno infine sono tutte quelle di dimensioni minori poste a completamento ornamentale delle rosette circolari e delle mezze rosette, che nel complesso risultano 840.

Proseguendo nella descrizione, è inevitabile non rilevare l'evidente dominanza del colore rosso che il fronte della Croce di Chiaravalle impone al suo osservatore. Gli autori dell'opera hanno ottenuto tale risultato, tra le altre, apponendo una serie di lastre in diaspro rosso sul fondo del fronte del crocifisso. La dominante rossa del fronte è sottolineata anche nella distribuzione delle gemme sia di contorno che centrali. In particolare, è risultato interessante osservare come oltre a essere stata operata una scelta di colore, si sia dato risalto anche alla preziosità di alcune gemme rispetto ad altre: nel fronte tra le gemme centrali infatti si osserva la presenza preponderante di corindoni varietà rubino, la più pregiata delle gemme rosse secondo la tradizione storica [Knuth, 2007], mentre tra le gemme di contorno i rubini diminuiscono sensibilmente a vantaggio di granati e spinelli rossi.

Infine, il fronte della croce presenta tra le gemme principali quattro corindoni naturali varietà zaffiro "trapiche", che, posti in posizione simmetrica nella parte superiore del crocifisso, rappresentano una grande sorpresa, poiché gli zaffiri trapiche sono considerabili una rarità in campo gemmologico, nonché per le dimensioni decisamente notevoli. Infatti, rapportando le dimensioni al taglio, è stato possibile stimare un peso di circa 25.00-30.00 ct ciascuno, tenendo conto del fatto che nei calcoli la profondità è stata stimata e non misurata in modo diretto in conseguenza delle limitazioni imposte dalla montatura. Per quanto concerne la terminologia, la parola spagnola "trapiche" indica le ruote atte allo schiacciamento della canna da zucchero. In campo gemmologico questo termine venne utilizzato per la prima volta nel 1946 in Colombia quando vennero scoperti alcuni berilli naturali, varietà smeraldo, caratterizzati da una particolare struttura "a settori" del cristallo grezzo. In tali cristalli i settori

erano delimitati da piani di colore nero, corrispondenti a concentrazioni di inclusioni carboniose. Per parlare di corindoni trapiche, bisognerà aspettare fino al 1995, quando vennero descritti i primi rubini trapiche provenienti da Myanmar (Burma) – Mong Hsu e successivamente osservati anche in Vietnam [Schmetzer et al. 1996; Schmetzer et al. 1998; Garnier et al. 2002]. Per quanto concerne infine dei corindoni varietà zaffiro trapiche, [Gubelin E.J., Koivula J.I. 1997] li elencano come provenienti tipicamente da miniere moderne: Madagascar, Australia, Montana. Tutte le fonti, sia per quanto riguarda gli Smeraldi che, ancor di più, per i corindoni, attestano un'estrema rarità di tali tipologie di gemme, e soprattutto per quanto riguarda gli Zaffiri. Sulla base delle osservazioni riguardanti il pattern di distribuzione delle inclusioni e le indagini condotte sui castoni in fase di restauro, è possibile affermare che i 4 zaffiri trapiche sono quantomeno coevi della Croce, rappresentando i primi trapiche della storia.

Tra le gemme della Croce, se ne evidenziano dieci a rilievo (cammei), la cui identificazione basata sulle osservazioni gemmologiche, è stata integrata e confermata grazie all'utilizzo su alcune di queste di analisi avanzate, quali spettroscopia Raman associata a fluorescenza a raggi X (XRF). I dieci cammei sono quindi risultati appartenere a due distinti gruppi. Il primo è databile al periodo medio-bizantino (dinastia dei Comneni; tardo XI secolo), grazie a iconografie, stile e iscrizioni. È costituito da sei esemplari, tutti in vetro monocromo, ad eccezione di uno, in calcedonio azzurro. Il secondo gruppo è formato da quattro cammei da attribuire agli atelier attivi alla corte normanna degli Hauteville a Palermo nella seconda metà del XII secolo, tutti in calcedonio varietà sardonice, materiale che grazie alla sua naturale colorazione a bande, si presta a questo tipo di lavorazione. Entrambi i gruppi sono, quindi, più antichi della realizzazione della Croce stessa, sulla quale sono stati reimpiegati in quanto percepiti come “antichi” e dunque “preziosi” — un fenomeno ben noto per l'arredo liturgico a partire dall'alto Medio Evo e che trova sulla Croce di Chiaravalle uno degli esempi più tardivi. Ciò è ben dimostrato dal fatto che un cammeo del gruppo bizantino, pur lacunoso della sua metà superiore, è stato comunque mantenuto sulla Croce, anche se integrato in pece greca (materiale identificato da Franco Blumer, si veda il suo intervento in Blumer, 2016) e spostato dalla fronte al retro del prezioso manufatto.

Le componenti metalliche sono state analizzate in XRF portatile al fine di ottenere una mappatura delle variazioni delle composizioni chimiche delle leghe, in relazione alla tipologia di decoro e alla tecnica di foggatura degli oggetti. Gli elementi indagati sono principalmente localizzati sul fronte della Croce: il cherubino, i due angeli, il Cristo, lamine e castoni e le filigrane. Per alcuni elementi è stato possibile affiancare immagini in microscopia elettronica a scansione (SEM), in maniera non invasiva o micro-invasiva, e la microanalisi elettronica (EDS).

Se le misure ottenute in XRF portatile esprimono la composizione media tra quella della doratura superficiale e quella dell'argento, i dati rilevati al SEM+EDS hanno permesso di meglio interpretare la composizione dei singoli elementi metallici e di separare il contributo della doratura da quello del sottostante metallo. Inoltre, lo studio delle microstrutture hanno permesso di meglio interpretare le tecniche di realizzazione degli elementi decorativi della Croce.

La lamina cesellata (Fig. 2), osservata al SEM in elettroni secondari (SE), mostra sulla superficie la presenza di un sottile strato omogeneo di spessore molto contenuto, che si distingue come tessitura dal sottostante metallo della lamina. Tale situazione testimonia la presenza di una foglia d'oro (Fig. 2). Nello spessore, la lamina metallica si mostra omogenea e compatta, costituita da grani di dimensioni variabili da 5 a 10 micron (Fig. 9B).

In Tabella 2 sono riportate le misure condotte sui singoli grani della lega. Il metallo principale è l'argento, con presenza di oro in valori compresi tra 3 e 5 wt%. Elementi minori sono stagno (Sn), ferro (Fe), zinco (Zn) e rame (Cu). La presenza di abbondante mercurio (Hg) indica come la foglia d'oro sia stata messa in opera sulla lamina. L'osservazione al SEM non è però diagnostica per individuare la tecnica seguita per la doratura poiché la foglia può essere messa “ad amalgama” o applicata direttamente sulla superficie dove è stato spennellato il mercurio (Giumlia Mair et al., 2001), a freddo o a caldo. Osservazioni condotte su tutta la superficie della lastrina non mostrano segni di giunzione o sovrapposizione di foglie d'oro ma è pure possibile, per la doratura su argento, che il pezzo venisse scaldato dopo la lucidatura della superficie, per una migliore adesione della foglia al substrato (Giumlia Mair et al., 2001).

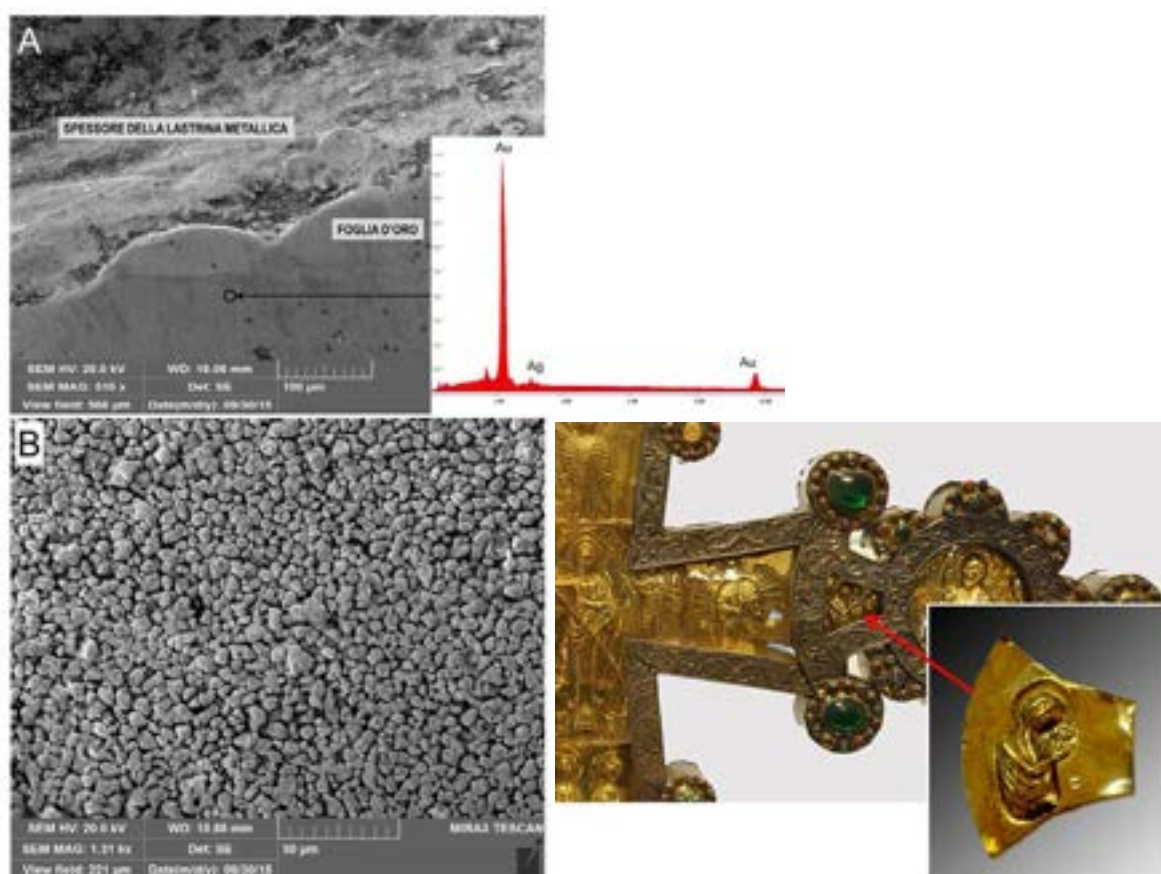


Figura 2. A sinistra: Immagini BSE della lamina lavorata a sbalzo. A: particolare della superficie con la presenza della foglia d’oro; B: tessitura della lamina osservata sullo spessore della stessa. **A destra:** Dettaglio della lamina a sbalzo studiata in microscopia elettronica a scansione e sua collocazione sul retro della Croce (foto di Franco Blumer).

Tabella 2. Composizione chimica della lamina lavorata a sbalzo. Le misure sui singoli grani sono riferite ad un’area di 3 x 3 micron; i valori medi sono riferiti ad un’area di 100 x 100 micron.

	grani	grani	grani	media	media
Ag	45.4	46.7	52.1	49.0	55.9
Sn	0.9	0.6	0.9	1.3	0.9
Sb	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
Fe	0.2	0.4	0.5	1.2	0.6
Cu	0.0	0.3	0.1	4.3	1.9
Zn	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3
Au	5.2	3.4	2.8	3.3	1.3
Hg	48.1	48.2	43.5	40.4	39.0

Gli angeli collocati nella parte centrale della croce mostrano chiaramente due aspetti ben diversi, sia nello stile che nelle dimensioni (Figura 3), e ciò ha fatto sorgere dubbi sulle loro età relative e in rapporto alla realizzazione della Croce. Le misure pertanto sono state indirizzate a capire la loro composizione ma anche a verificare affinità

e differenze materiche nell'ottica di un confronto e per acquisire dati a supporto dell'interpretazione della loro datazione.

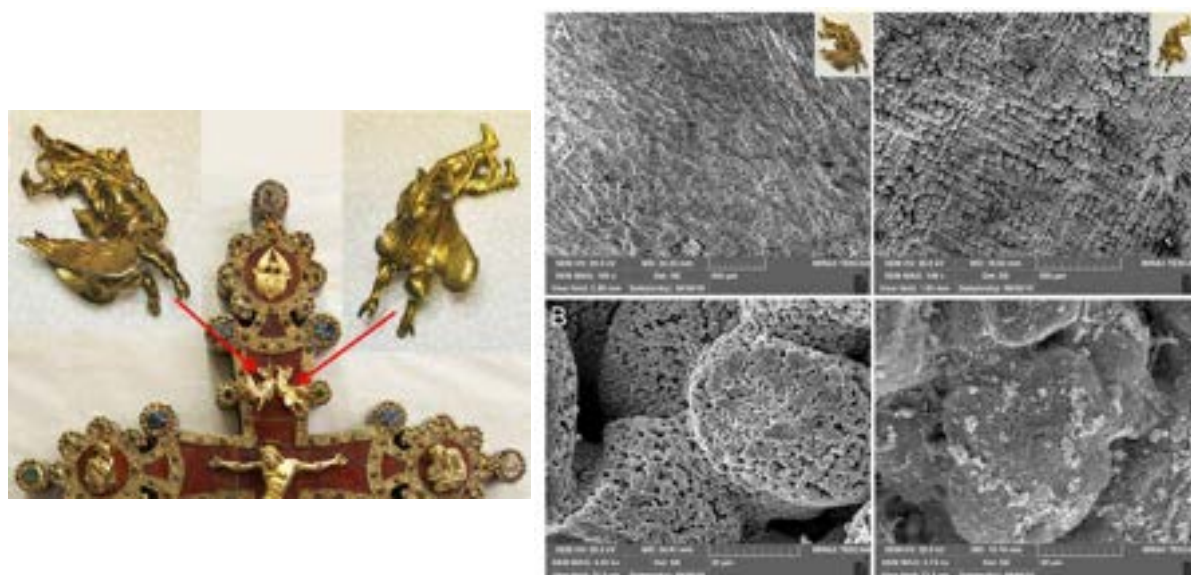


Figura 3. A sinistra: Dettaglio degli angeli e loro collocazione sul fronte della Croce (foto di Franco Blumer). A destra: Immagini SEM dei due angeli.

La Figura 3 mette in evidenza le differenze tessiturali dei due oggetti. L'angelo di sinistra, il più piccolo, mostra una grana più fine (ogni grano è circa 20 micron), con forme e disposizioni irregolari (Fig. 3A), mentre l'angelo di destra, di dimensioni maggiori, presenta granuli di dimensioni mediamente compresi tra 30 e 40 micron, meglio formati e aventi disposizioni più regolari. L'osservazione ad ingrandimenti maggiori (Fig. 3B) ugualmente mette in evidenza che l'angelo più piccolo ha un maggior porosità, con pori micrometrici, mentre l'angelo più grande ha una diffusa porosità sub-micrometrica.

La composizione della lega metallica è molto simile, per entrambi gli oggetti (si veda il contributo di Riccardi et al., in Benati e Di Martino 2017). Inoltre, la composizione risulta non omogenea. I componenti maggiori sono l'argento e l'oro, ma il loro rapporto varia da 0.5 fino a 20 per l'angelo grande, e da 1 a 24 per l'angelo piccolo. Sono presenti elementi minori quali stagno (Sn), antimonio (Sb), ferro (Fe) e zinco (Zn). La presenza di mercurio è senza dubbio da collegare alla presenza, sulla superficie, della doratura.

Contemporaneamente alle varie indagini scientifiche gli storici dell'arte hanno potuto rileggere l'opera e gli studi precedenti alla luce di questi dati e di quanto il restauro ha fatto emergere avviando nuove ricerche e offrendo contributi inediti (grazie a tutti i collaboratori partecipanti al progetto).

BIBLIOGRAFIA

1. Benati e Di Martino, 2017. Benati Giulia e Di Martino Daniela (a cura di), *“La Croce di Chiaravalle. Approfondimenti storico scientifici in occasione del restauro”*, con contributi di Roberto Alberti, Sandro Baroni, Carlo Bertelli, Franco Blumer, Letizia Caselli, Roberta Cattaneo, Costanza Cucini, Claudio Antonio Fontana, Maya Musa, Fabio D'Amico, Daniela Di Martino, Tommaso Frizzi, Elisabetta Gaggi, Giuseppe Gorini, Lorenzo Lazzarini, Enrico Perelli Cippo e Maria Pia Riccardi. Booktime, Milano, 2017.
2. Blumer, 2016. Blumer Franco, *“Scheda Restauro”* in *“Restituzioni 2016. Tesori d'arte restaurati”*, a cura di Carlo Bertelli e Giorgio Bonsanti, disponibile online <http://www.restituzioni.com/opere/croce-di-chiaravalle/>
3. Caffi M., *“L'abbazia di Chiaravalle”*, Milano 1843.
4. Caselli Letizia, *“La croce di Chiaravalle Milanese e le croci veneziane in cristallo di rocca”*, Padova 2002 (Ori e Tesori, 1).

5. Di Martino et al. 2018. Di Martino Daniela, Perelli Cippo Enrico e Gorini Giuseppe in *“From tiny gold filigrees to majestic iron tie rods: Neutron facilities for the benefit of cultural heritage”*. European Physics Journal Plus 2018, 133, 371 DOI 10.1140/epjp/i2018-12232-6.
6. Di Martino et al., 2019a. Di Martino Daniela, Perelli Cippo Enrico, Scherillo Antonella, Kasztovszky Zsolt, Harsányi Ildikó, Kovács Imre, Szökefalvi-Nagy Zoltán, Cattaneo Roberta e Gorini Giuseppe in *“An Archaeometallurgical Investigation on Metal Samples from the Chiaravalle Cross”*, Heritage 2019, 2, 836–847; doi:10.3390/heritage2010055.
7. Di Martino et al., 2019b. Di Martino Daniela, Benati Giulia, Alberti Roberto, Baroni Sandro, Bertelli Carlo, Blumer Franco, Caselli Letizia, Cattaneo Roberta, Cucini Costanza, D'Amico Fabio, Frizzi Tommaso, Galletti Elisabetta, Gironda Michele, Greggio Lisa, Lazzarini Lorenzo, Musa Maya, Perelli Cippo Enrico, Riccardi Maria Pia, Gorini Giuseppe in *“The Chiaravalle Cross: results of a multidisciplinary study”* presentato al convegno internazionale EMRS (Nizza, Francia, Maggio 2019) e sottomesso alla rivista Heritage (luglio 2019).
8. Di Martino et al., 2019c. Di Martino Daniela, Cucini Costanza, Galletti Elisabetta e Riccardi Maria Pia, in *“The golden filigree of the Chiaravalle Cross: further insights from a PIXE/PIGE study”*, presentazione al convegno internazionale IBA2019 (Antibes, Francia, Ottobre 2019) e articolo in preparazione.
9. Fumagalli A., *“Delle Antichità Longobardico-Milanesi Illustrate con Dissertazioni dai Monaci Cisterciensi di Lombardia”*, IV, Milano 1793.
10. Garnier V., Ohnenstetter D., Giuliani G., Blanc P., Schwarz D., *“Trace-Element contents and cathodoluminescence of “Trapiche” Rubies from Mong Hsu, Myanmar (Burma): Geological significance, Mineralogy and Petrology”*, Springer-Verlag, 2002, Volume 76, pp 179-193.
11. Gubelin E. J., & Koivula J. I., *“Photoatlas of inclusions in gemstones”*, 1997.
12. Giumlia Mair A, Merini S, Lucchini E. *“Indagini archeometallurgiche su dorature antiche: analisi, tecniche e varianti”*, in *“I bronzi antichi: Produzione e tecnologia”*, a cura di Giumlia Mair A., Atti del XV Congresso Internazionale sui Bronzi antichi. Gorizia, Monographies instrumentum 21, Monique Mergoill ed., pp. 338-43.
13. Schmetzer K., Hanni H. A., Bernhardt H., Schwarz D, *“Trapiche Rubies”*, Gems & Gemology, Winter 1996.
14. Schmetzer K., Beili Z., Yan G., Bernhardt H., Hanni H. A., *“Element Mapping of Trapiche Rubies, Gemmological Association and Gem Testing Laboratory of Great Britain”*, J. Gemm. 1998, Volume 26, No.5, pp 289-301.

LA REINTEGRAZIONE PLASTICA TRAMITE MODELLAZIONE E STAMPA 3D. IL CASO DEL RESTAURO DEL CRISTO CROCIFISSO LIGNEO PROVENIENTE DA AGUZZO, STRONCONE (TR)

Claudia Ranieri*

*Restauratrice Freelance, via Ernesto Nathan 102, 00146 Roma, +39 3336431456, claudiaranieri14@gmail.com

Abstract

La presente ricerca è stata svolta in occasione di una tesi di laurea presso l'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro di Roma (ISCR) [1] e ha costituito un momento di studio e riflessione sulle problematiche relative alla reintegrazione plastica delle sculture lignee policrome.

Oggetto del restauro è stata una scultura lignea raffigurante un Cristo Crocifisso (XVII-XVIII sec.), sottoposta nei secoli a numerosi interventi invasivi di manutenzione e riadattamento. In occasione di tali interventi, in parte legati a necessità devozionali, le braccia del Cristo sono state resecate per consentirne l'ulteriore adattamento iconografico a Cristo Deposto; ugualmente, anche la pellicola pittorica è stata manomessa e più volte ridipinta.

Smembrata in quattro parti e privata della sua originaria funzione devozionale, l'opera è stata a lungo abbandonata nei depositi della chiesa di San Pietro apostolo, ad Aguzzo (TR).

Obiettivo di questo restauro è stato il riposizionamento del Cristo sulla Croce, ricollocando le parti smembrate nella loro originaria posizione per riconferire all'opera le sue valenze estetiche e liturgiche.

Il complesso lavoro di pulitura ha consentito la riscoperta della policromia originale, di particolare qualità artistica, restituendo all'opera un modellato mosso e vibrante.

Le lacune del supporto reputate ricostruibili hanno rappresentato l'occasione per valutare un metodo di reintegrazione plastica alternativo e complementare alla tradizionale reintegrazione lignea (la quale offre ovviamente la massima compatibilità dei materiali). La realizzazione di tali inserti è stata effettuata con un metodo *integrato* [2] innovativo che prevede la ricostruzione delle parti mancanti tramite la stampa 3D [3]. A seguito della valutazione sperimentale di una selezione di filamenti plastici disponibili in commercio, ne è stato scelto uno dall'aspetto simil-legno, leggero e dalle ottime caratteristiche fisiche, meccaniche ed estetiche, totalmente inerte e stabile. Il metodo risulta non invasivo, reversibile e facilmente riconoscibile.

Nel presente articolo viene approfondita la parte relativa a questo specifico tema di studio.

Introduzione

La valutazione di un metodo di reintegrazione plastica tramite modellazione e stampa 3D ha previsto lo studio dei materiali utilizzabili con questa tecnologia al fine di valutarne la compatibilità con il supporto ligneo. Nella prima fase della ricerca sono state testate le proprietà di alcuni filamenti plastici (fig.1), tenendo presente il caratteristico comportamento del legno rispetto al variare delle condizioni ambientali. Infatti l'utilizzo di materiali eccessivamente rigidi, che non assecondano i naturali movimenti del legno, potrebbe generare delle tensioni dannose per l'opera, soprattutto se molto degradata.

La consapevolezza di questa diversità di risposta alle sollecitazioni esterne ha portato allo studio e all'approfondimento delle caratteristiche dei filamenti plastici selezionati, con l'intento di testarne la qualità di stampa, le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche e la compatibilità con il legno.

1. La selezione del materiale

I filamenti simil-legno, nella vasta gamma di materiali disponibili, si presentano come i più idonei allo scopo sia per la loro composizione che per il loro aspetto estetico.

Sono stati selezionati quattro tipi di materiali con colorazioni simili al legno chiaro (in modo da poter essere facilmente ritoccate tramite velature) ma dalle diverse caratteristiche: Easywood (PLA + polvere di legno); Woodfill (PLA/PHA + polvere di legno); Laywoo d3-flex (co-poliesteri + polvere di legno); PolyWood™ (PLA). I primi tre filamenti sono composti da circa il 30% di polvere molto fine, ottenuta da trucioli di legno, e dal 70% di polimeri termoplastici. Il



Figura 1. Filamenti simil-legno usati per le prove

PolyWood™, invece, non contiene polvere di legno ma è costituito esclusivamente dalla resina, lavorata in modo tale da ottenere il colore e la leggerezza del legno.

Fin dalle prime prove i filamenti contenenti fibre di legno hanno provocato problemi in fase di stampa, poiché le stesse fibre, alla temperatura di 220°C necessaria per fondere la componente plastica, tendono a bruciarsi e ad intasare l'estrusore. Al contrario il PolyWood™, composto di soli polimeri, non causa alcuna difficoltà e consente di ottenere una stampa di elevata qualità.

A conclusione di questa fase preliminare è stato quindi selezionato il PolyWood™ [4].

2. Valutazioni del filamento scelto

Per verificare l'effettiva idoneità del PolyWood™, ne sono state valutate le caratteristiche chimiche e meccaniche, quali l'igroscopicità e la stabilità dimensionale in caso di stress termoigrometrico, inducendo repentini sbalzi di temperatura e umidità in camera climatica (fig. 2). Il materiale è risultato, come prevedibile, rigido e stabile.

Lo stesso trattamento in camera climatica ha permesso di testare la compatibilità tra il PolyWood™ e gli adesivi tradizionalmente usati nel restauro dei manufatti lignei [5]. Infatti, essendo il PolyWood™ più rigido del legno, è necessario che l'adesivo impiegato sia sufficientemente plastico da assecondare i naturali movimenti del materiale costitutivo. A seguito delle prove effettuate, i migliori adesivi tra quelli testati sono risultati l'Evacon-R e il Paraloid B67 [6].

Metodi empirici hanno permesso di valutarne qualità di stampa, precisione e stabilità dimensionale in fase di produzione, oltre alla facilità di rifinitura superficiale con bisturi, carta abrasiva o microtrapano.

Altre prove hanno accertato sia la possibilità di eseguire la reintegrazione pittorica ad acquerello o vernice, sia la possibilità di stendere uno strato preparatorio di gesso e colla (fig. 3).



Figura 2. I campioni in camera climatica

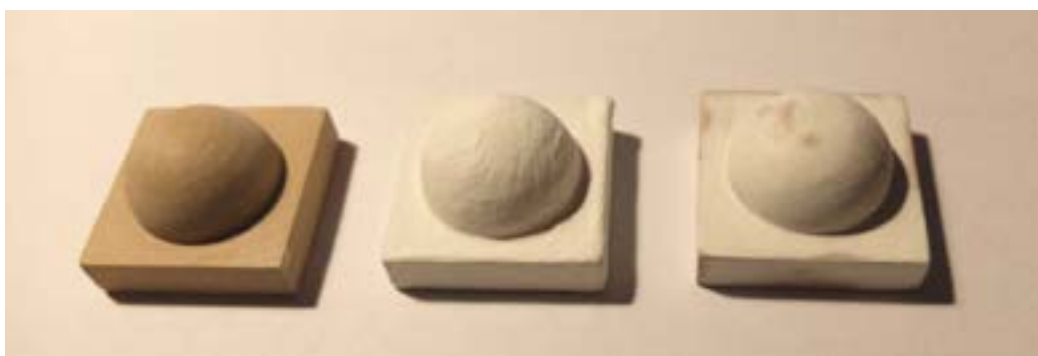


Figura 3. Da sinistra: campione in PolyWood™ carteggiato; dopo l'applicazione della preparazione; con preparazione carteggiata

3. Reintegrazione plastica tramite stampa 3D: il caso applicativo del Cristo di Aguzzo

Terminata la fase di studio del materiale plastico, sono state scelte le lacune del supporto su cui eseguire gli inserti con la stampa 3D. Si è deciso di procedere con la reintegrazione delle parti mancanti delle dita dei piedi, le quali erano facilmente ricostruibili grazie agli elementi superstiti.

Per ottenere la forma delle parti mancanti destinate ad essere stampate è possibile procedere in due diversi modi: modellazione 3D attraverso appositi software (prevede l'acquisizione 3D preliminare dell'opera o parziale della parte da integrare); modellazione plastica manuale attraverso l'utilizzo di materiale plasmabile (necessita dell'acquisizione 3D solo del modello realizzato).

Eseguire la modellazione tramite appositi software di modellazione 3D offre il vantaggio di limitare il contatto con l'opera al solo momento dell'incollaggio del pezzo, rendendo l'operazione minimamente o per nulla invasiva. Per contro, la realizzazione di un modello 3D necessita di una figura professionale specializzata che difficilmente corrisponde a quella del restauratore. L'intervento andrebbe dunque eseguito attraverso la stretta collaborazione dei due professionisti. Inoltre è necessario approfondire un ulteriore limite relativo alla progettazione digitale. Prima di creare il modello da realizzare tramite software, è necessario effettuare la scansione totale dell'opera o quella relativa alla porzione da realizzare. Tale scansione è necessaria sia per acquisire l'elemento da rendere speculare, sia per ottenere il dettaglio della superficie irregolare del punto di ancoraggio. Dal punto di vista materiale non sempre è possibile effettuare una scansione in loco o movimentare l'opera rispetto alla sua collocazione ed altrettanto possibile che l'opera sia costituita da materiali riflettenti o trasparenti, non idonei alla scansione, quali il bronzo, il vetro o il plexiglas.

Nel caso specifico dell'intervento in esame, sarebbe stato possibile ipotizzare una realizzazione speculare delle dita dei piedi prendendo a modello quelle originali conservate: le dita superstiti, però, hanno ovviamente misure leggermente differenti dovute alla realizzazione manuale dell'opera.

Per queste motivazioni, in questo intervento si è scelto di non utilizzare la modellazione tramite software.

Si è reso quindi necessario impiegare la seconda tecnica: la modellazione manuale attraverso materiale plasmabile. In questo caso è possibile prendere in esame l'uso di materiali modellabili quali la plastilina, la cera o l'argilla. Tale tecnica offre il grande vantaggio di ottenere un calco preciso della superficie d'attacco tramite l'aderenza del materiale alla superficie stessa dell'opera. In questo modo, inoltre, l'elemento viene lavorato direttamente sull'opera, potendo apportare qualsiasi modifica in tempo reale e avendo un riscontro immediato di quanto verrà poi stampato.

Per la modellazione manuale è stata usata la plastilina, di colorazione bianca per favorire l'acquisizione con lo scanner 3D. Prima di procedere al calco, la superficie di frattura del legno è stata pulita e consolidata; i fori dei tarli e i sottosquadri sono stati temporaneamente livellati per facilitare la rimozione del calco.

Per evitare deformazioni della plastilina al momento della sua rimozione dal legno, è stato applicato un sottile strato di silicone dentistico all'interfaccia di frattura (fig. 4).



Figura 4. Da sinistra: i modelli in plastilina; lo strato in silicone dentistico applicato all'interfaccia legno-plastilina

Una volta realizzate le parti mancanti è necessario acquisire i modelli per poterne effettuare le stampe. È possibile acquisire la forma tramite tre procedure diverse: scansione laser, scansione a luce strutturata, fotogrammetria.

I modelli in plastilina sono stati scannerizzati con uno scanner 3D a luce strutturata [7] (fig. 5), metodo che, secondo la letteratura scientifica, garantisce maggior precisione.

Le stampe sono state effettuate con una stampante che impiega la tecnologia FDM utilizzando il PolyWood™.

I parametri di stampa sono stati scelti dopo numerose prove al fine di ottenere alta precisione, definizione e leggerezza dell'oggetto finito [8].

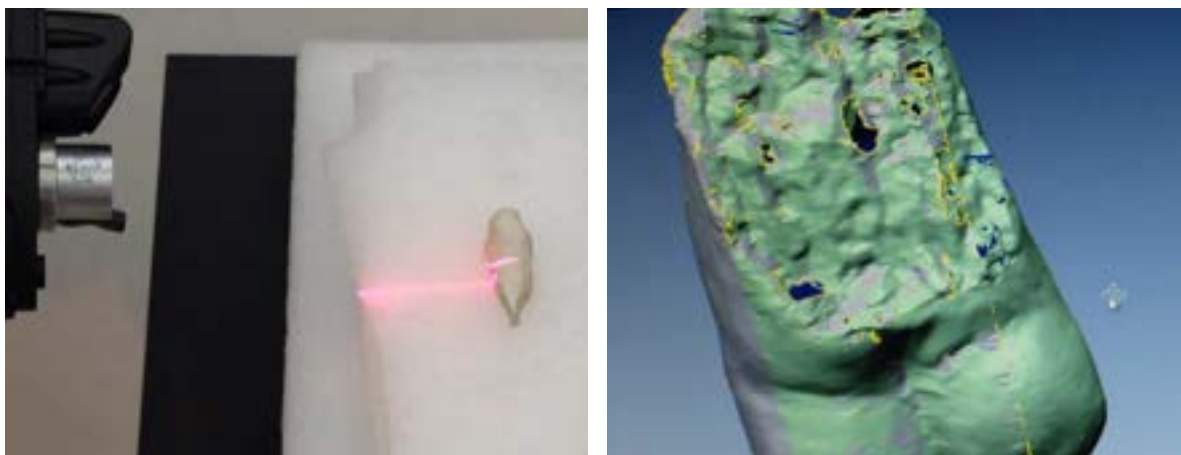


Figura 5. Scansione del modello in plastilina (a sinistra); modello 3D (a destra)

Dopo aver effettuato la stampa, gli inserti sono stati predisposti per l'incollaggio. Nonostante l'alta precisione ottenuta, è stato necessario carteggiare le micro asperità ed accentuare gli incavi allo scopo di favorire una maggiore corrispondenza della superficie [9] con la frattura del legno. Tale operazione aumenta inoltre la porosità, garantendo una migliore adesione al materiale costitutivo.

Ottenuta la perfetta corrispondenza delle superfici è stato effettuato l'incollaggio. In questo caso specifico si è scelto di utilizzare il Paraloid B67 al 30% in etere di petrolio 80/100, per i rapidi tempi di presa riscontrati in fase di sperimentazione, dovuti sia all'alta percentuale della resina in soluzione, sia alla scelta di un solvente ad alta volatilità (fig. 6). L'utilizzo di un adesivo a presa rapida ha facilitato l'operazione di incollaggio, vista la difficoltà di allestire un sistema di serraggio meccanico a causa delle piccole dimensioni degli inserti.



Figura 6. Incollaggio dell'inserto in PolyWood

In previsione della presentazione estetica è stato necessario carteggiare l'intera superficie dell'inserto: in questo modo la resina ha perso lucentezza e ha acquistato una maggiore porosità, facilitando le operazioni di reintegrazione pittorica.

Dopo aver valutato la possibilità di intervenire sugli inserti attraverso velature sottotono rispetto al colore del legno, si è deciso di procedere con la stesura degli strati preparatori. Lasciare gli inserti a vista avrebbe causato un disturbo visivo dato dalla netta differenza tra il colore dell'inserto (caldo) e il tono verde chiaro dell'incarnato (freddo). Si è deciso, pertanto, di procedere con la stesura a pennello dello strato preparatorio e la reintegrazione a tono della superficie tramite la tecnica del puntinato (fig. 7). Tale soluzione risulta, peraltro, conforme al progetto di presentazione estetica della scultura (fig. 8).



Figura 7. Applicazione della preparazione pittorica (a sinistra); l'inserto terminata la reintegrazione pittorica a puntinato



Figura 8. Il Cristo di Aguzzo prima e dopo il restauro

Conclusioni

Al termine del lavoro svolto è possibile trarre alcune considerazioni sia sul materiale testato, sia sulla metodologia applicata.

Di seguito verranno descritti i principali vantaggi che si possono ottenere tramite l'uso della tecnica di reintegrazione plastica tramite la stampa 3D.

- Minore manipolazione dell'opera rispetto all'intaglio tradizionale. Nel caso di un inserto realizzato con il sistema tradizionale, sia che si utilizzi un unico massello o singoli listelli assemblati, è necessario intervenire successivamente sull'inserto posto in opera con l'uso di strumenti da intaglio. Questa lavorazione potrebbe risultare particolarmente rischiosa per opere in cui il supporto sia degradato o per inserti fortemente aggettanti. Non si deve nemmeno trascurare che l'opera deve essere opportunamente fissata e ancorata su un sostegno stabile per poter esercitare la necessaria forza sugli utensili da intaglio.
- Nessuna asportazione di materiale originale. La progettazione 3D permette di effettuare un calco preciso della superficie di attacco realizzando un inserto che presenta una superficie di incollaggio perfettamente combaciante. In fase di incollaggio sarà quindi sufficiente utilizzare una minima quantità di adesivo che ne garantisca la tenuta. Non sarà neanche necessario applicare strati di allettamento, utili nelle integrazioni in legno, per compensare la non perfetta corrispondenza delle superfici da incollare; questo favorisce, in caso di necessità, una più facile e meno invasiva rimozione.
- Leggerezza dell'inserto. Il materiale utilizzato in questo studio è dotato di una bassa densità; inoltre, attraverso le impostazioni di stampa è possibile modificare la percentuale di riempimento ottenendo inserti estremamente leggeri. Il vantaggio che ne deriva è duplice. In primo luogo ne conseguirà un minore peso applicato all'opera, specialmente su manufatti particolarmente degradati o per inserti aggettanti; in secondo luogo questo consentirà di eseguire incollaggi meno tenaci riducendo il ricorso all'inserimento di perni.
- Ricostruzioni provvisorie / temporanee. Visti i vantaggi appena descritti, l'uso di questa tecnica risulta funzionale alla realizzazione di ricostruzioni temporanee o provvisorie, ad esempio nell'evenienza di un'esposizione in cui si richiede la totale integrità, o per avanzare proposte di intervento alla committenza/direzione dei lavori. A tale scopo è possibile anche prendere in ipotesi l'applicazione degli inserti tramite ancoraggi meccanici con l'uso di magneti.
- Riproducibilità dell'inserto nel tempo. Al fine di realizzare gli inserti per le integrazioni, il processo di scansione restituirà un file contenente tutti i dati specifici dei modelli utilizzati. In futuro sarà così possibile replicare tali modelli, anche utilizzando materiali differenti rispetto a quello sperimentato in questo lavoro. Tale traccia potrà tornare utile in caso di perdita o degrado dell'inserto, o in qualsiasi altra evenienza che necessiti di replicare l'intervento. La conservazione di questo file digitale permetterà inoltre di archiviare l'intervento con un altissimo livello di dettaglio e precisione e di custodire così una traccia puntuale di quanto posto in opera.
- Tempi brevi per la realizzazione. Una volta acquisita tutta la strumentazione necessaria per l'esecuzione del metodo (scanner e stampante 3D), i tempi di realizzazione dell'inserto sono notevolmente inferiori rispetto alla realizzazione degli stessi tramite la tecnica tradizionale. Sebbene la stampa in sé richieda dei tempi di stampa, ancora oggi lunghi (in relazione alle dimensioni dell'oggetto e del suo riempimento) è pur vero che la stampa avviene in modo automatico e non necessita del controllo o dell'assistenza dell'operatore in corso di produzione, lasciando libero il restauratore di procedere in altre operazioni.
- Riconoscibilità. Il materiale utilizzato in questo intervento imita il legno ma ne differisce in maniera sostanziale: essendo un polimero sintetico, risulta facilmente riconoscibile.

D'altra parte, sono comunque da evidenziare alcune criticità che è necessario considerare nella progettazione di un intervento.

- Costo della strumentazione. I costi sono di gran lunga superiori a quelli dei mezzi solitamente impiegati per la realizzazione di un inserto in legno, pertanto la possibilità di utilizzo di questa metodologia è da valutare in base al caso specifico.
- Durabilità del materiale. E' da considerare che al momento non sono disponibili informazioni sufficienti sulla conservazione del materiale nel tempo, essendo di recente produzione.

- Limiti rispetto al comportamento del legno. Per quanto riguarda l'applicazione del metodo su supporto ligneo, è necessario considerare il particolare comportamento del legno, che essendo caratterizzato da forte igroscopicità e anisotropia, risponde alle sollecitazioni esterne in modo caratteristico. Per tale ragione la scelta dei materiali per la reintegrazione di supporti lignei deve essere attentamente valutata. Utilizzare un materiale rigido che non è in grado di assecondare i suoi movimenti, potrebbe comprometterne l'integrità. Infatti il materiale plastico oggetto di studio, oltre ad essere isotropo, rigido e non igroscopico non risulta adatto ad essere contenuto tra le pareti di legno, come nel caso della realizzazione di sverze o cunei (fig. 9, a-b). Risulta invece utilizzabile per lacune o intere mancanze del supporto, dove non si riscontri alcuna costrizione e i due materiali abbiano un certo grado di libertà di movimento, ostacolato solo all'interfaccia di incollaggio (fig. 9, c-d). Pertanto in questo caso risulta fondamentale considerare il comportamento dell'adesivo, che oltre a garantire la tenuta, deve essere sufficientemente plastico da assecondare i diversi comportamenti alle sollecitazioni esterne.

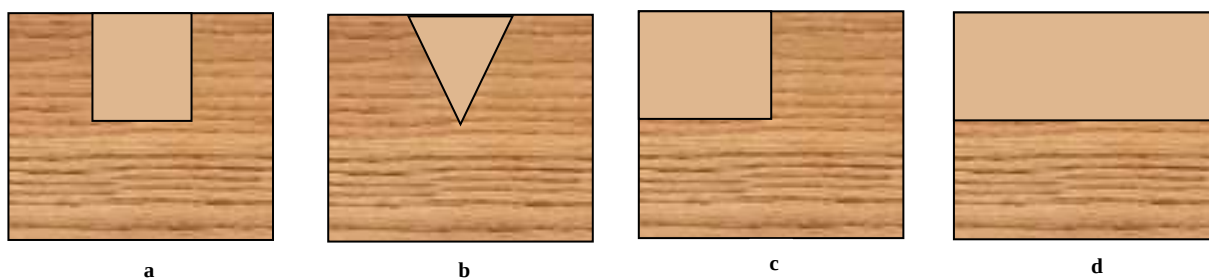


Figura 9. Rappresentazione grafica. Esempi di alcune tipologie integrazioni del legno

L'utilizzo di questa metodologia per la realizzazione delle reintegrazioni plastiche eseguite per il restauro del Crocifisso di Aguzzo ha dimostrato la sua versatilità e la sua compatibilità con il supporto ligneo. Tuttavia si può concludere affermando che, per quanto il sistema agevoli l'intervento di restauro, questi processi non possono, ad oggi, in alcun modo prescindere dal fondamentale e insostituibile lavoro manuale che ha caratterizzato in modo sostanziale lo svolgimento di tutte le fasi della reintegrazione plastica.

NOTE

[1] Per approfondimenti, cfr. Claudia Ranieri, Il restauro del Cristo crocifisso ligneo di Aguzzo (TR) – Reintegrazione plastica tramite modellazione 3d. Prime valutazioni. Diploma equiparato alla laurea magistrale in conservazione e restauro dei beni culturali, 2017. Relatore Paolo Scarpitti; correlatori Giulia Galotta, Angelo Rubino, Fabio Talarico, Marisol Valenzuela, Federica Zalabra.

[2] Questo metodo non è in assoluto innovativo ma è l'integrazione tra modellazione, acquisizione e produzione che lo può definire tale.

[3] È stata utilizzata una stampante 3D FDM, Fused Deposition Modeling, che impiega il processo di deposizione del filamento termoplastico riscaldato ed estruso per la creazione dell'oggetto.

[4] Questo materiale si distingue da un convenzionale filamento in PLA grazie alla sua microstruttura porosa realizzata attraverso un particolare trattamento (*foaming*) che lo rende leggero ed esteticamente più vicino al legno.

[5] Sono stati esclusi gli adesivi esclusivamente solubili e/o reversibili in acetone, a cui il PolyWood™ è sensibile.

[6] Sarebbe opportuno ampliare questo aspetto della ricerca testando più adesivi su campioni di vario formato.

[7] L'acquisizione è stata effettuata dalla ditta Measure 3D Srl con la strumentazione ATOS Compact Scan. Tale sistema a scansione stereoscopica integrata con la nuova tecnologia a luce blu, offre con risoluzioni rispettivamente da 2Milioni e 5Milioni di punti.

[8] Prima di procedere alla stampa è necessario convertire il file 3D in un file a layer compatibile con la stampante, tramite un software Slicer.

[9] Il software che modella la mesh, tende ad "arrotondare", raccordandoli, incavi e cuspidi, che devono quindi essere rimodellate per consentire il perfetto accoppiamento delle parti.

BIBLIOGRAFIA

1. Accardo G., *Modelli digitali 3D per la scultura*, Bollettino ICR, 5, Roma 2002.
2. Bartolucci, *Principi di laser scanning 3D: hardware, metodologie applicative*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009.
3. Borgioli L., Cremonesi P., *Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*, Il Prato, Saonara (Pd) 2005.
4. D'Amico S., Rubino A., *Un'applicazione di fotogrammetria digitale all'Oratorio dei Filippini in Roma: il Miracolo di Santa Agnese dell'Algardi*, in Bollettino ICR n° 6-7, 2003, pp. 26-32.
5. Giordano G., *Tecnologia del legno*, vol. I, UTET, Torino 1981.
6. Guerra F., Balletti C., *Rilievo con laser scanner 3D: applicazioni per la conoscenza dei Beni Culturali*, in, Crosilla F., Dequal S., *Laser Scanner Terrestre*, CISM, Udine, 2006.
7. Ippoliti E., *Rilevare*, Edizioni Kappa, 2000.
8. Iuliano L., Vezzetti E., *Modelli virtuali nell'ambiente reale: Sinergie tra stampanti 3D e scanner 3D*, in Modo Digitale, n.47, 2013.
9. Petriaggi R.(a cura di), *Il satiro danzante di Mazara del Vallo: il restauro e l'immagine: atti del convegno*, 3-4 giugno 2003, Electa, Napoli, 2005.
10. Pignatelli F., *L'evoluzione della stampa 3D e le sue applicazioni in campo museale*, SCIRES-IT, 2013, n. 2.
11. Ranieri C., *Il restauro del Cristo Crocifisso ligneo di Aguzzo (TR)- Reintegrazione plastica tramite modellazione 3D. Prime valutazioni*, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Classe di Laurea Magistrale LMR/02, PFP2, 12 aprile 2017.
12. Vezzetti E., Moos S., Grivon D., Brault De Leon Rayant K., Fuentes Braco Gilmar E., Marino V., *Dispositivo e sistema di scansione tridimensionale e relativo metodo*, Politecnico di Torino, 2013.

SITOGRAFIA

<http://www.3dscanco.com/about/3d-scanning/>

<http://www.photogrammetry.ethz.ch/research/herakles/>

<http://www.stampa-3d.com/1459/stampante-3d-dal-1986-la-storia-della-stampa-3d>

http://nova.ilsole24ore.com/progetti/alle-origini-della-stampa-3d/?refresh_ce=1

<http://www.stampa3d-forum.it/introduzione-stampa-3d/>

SULL'UTILIZZO DELLE ANALISI DIAGNOSTICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE DI UN ANTICO LACERTO MUSIVO

Miranda Mostacci*, Stefano Landi**,

*Restauratrice dei Beni Culturali, via Muranuove 64, 67043, Celano AQ, miranda.mostacci.90@gmail.com

** Restauratore dei Beni Culturali, via Polveriera 16, 50014, Fiesole FI, 3398920992, rest_landi@yahoo.it

Abstract

Lo studio dei materiali musivi è particolarmente utile al fine di individuare peculiarità che possano consentire di ricostruire le tecniche costruttive dei mosaicisti che un tempo erano attivi su un determinato territorio. Oggetto del lavoro è lo studio dei materiali costitutivi di un lacerto musivo (Fig. 1) decontestualizzato inquadrabile cronologicamente tra il I e il II sec. d.C., proveniente dall'area fucense, situata oggi in provincia di L'Aquila, probabilmente dall'antica *Marruvium*.

Durante il restauro del frammento musivo, effettuato presso il laboratorio di restauro del Museo delle Paludi di Celano (AQ), è stato possibile approfondire alcuni aspetti riguardanti la tecnica d'esecuzione al fine di identificare i litotipi impiegati e in particolare capire la tecnologia di produzione delle tessere vitree tramite microscopia ottica, microscopia elettronica a scansione con annessa microanalisi (SEM-EDS) e diffrazione a raggi X (XRD). I risultati hanno mostrato l'impiego di materiali e l'applicazione di tipiche tecniche in uso in antichità nella fabbricazione dei vetri musivi, come dimostrato dall'utilizzo di rame, ferro e manganese per l'ottenimento delle tonalità cromatiche, nonché dall'introduzione nella matrice vetrosa dei cristalli di antimonio di calcio per l'ottenimento dell'opacità, il quale era uno dei metodi più frequentemente adoperato in antichità.

Introduzione

I vetri musivi sono stati oggetto negli ultimi anni di un'intensa attività di ricerca, volta alla ricostruzione delle dinamiche di produzione e della loro circolazione, soprattutto nel periodo antico per la presenza di poche fonti storiche. In questa fase di fondamentale importanza è l'apporto dei contributi derivanti dalla diagnostica per individuare le fasi evolutive della tecnica in quanto la tecnologia vetraria ha subito significative modifiche nel corso del tempo. L'area mesopotamica e quella egiziana, come confermato dalle testimonianze archeologiche di antiche fornaci, possono essere considerate in antichità i due principali centri specializzati nella produzione del vetro nonché i principali punti di snodo commerciali per l'esportazione e la circolazione del vetro base nell'area del Mediterraneo. È nota infatti l'ipotesi che ad una prima fase di realizzazione del vetro base nei centri primari in prossimità delle aree di estrazione delle materie prime seguisse una seconda fase dove il vetro base veniva rifuso con l'aggiunta degli agenti cromofori e degli opacificanti. Fino al IX-X sec. come fondente per abbassare il punto di fusione della silice venivano impiegati generalmente composti del sodio, mediante l'introduzione nella miscela del natron (un sale a base di sodio estratto da depositi evaporitici dell'Egitto) e come stabilizzante del reticolo vetroso ossidi di calcio, mentre successivamente i due composti vengono sostituiti da quelli a base di potassio e magnesio ottenuti da ceneri potassiche ¹. Per impartire la colorazione venivano invece impiegati principalmente come agenti cromofori: il cobalto, il rame, il ferro e il manganese. I colori erano ottenuti al variare di questi pochi agenti cromofori ¹. Le tonalità del vetro potevano inoltre essere modificate ulteriormente mediante differenti gradi di opacità. L'opacità poteva essere ottenuta in diversi modi: separazione delle fasi cristalline durante il raffreddamento della miscela con formazione di micro cristalli secondari, aggiunta di sabbie silicee o aggiunta di componenti che provocano la formazione di bolle gassose ². Le tessere vitree possono presentarsi, infatti, disomogenee per la presenza di microcristalli, bolle gassose e infusi ². Nello studio del materiale vetroso vengono impiegate sia tecniche che consentono uno studio morfologico dei caratteri strutturali e dei fattori di deterioramento sia tecniche che possono fornire risposte qualitative e quantitative sulla composizione chimica per poter risalire alle materie prime impiegate ed alla tecnologia di produzione. Durante il restauro e lo studio del lacerto musivo, oggetto di studio, è stato possibile approfondire alcuni aspetti riguardanti la tecnica esecutiva in particolare dei vetri musivi. La realizzazione dei vetri in antichità era, infatti, particolarmente complessa da richiedere una notevole abilità nell'esecuzione e padronanza delle materie prime ad opera dei maestri del vetro. Dopo un'accurata analisi degli aspetti descrittivi del lacerto musivo durante il restauro svoltosi presso il Museo delle Paludi di Celano (AQ) sono state eseguite delle indagini presso il Centro di Microscopie dell'Università degli Studi dell'Aquila attraverso la microscopia ottica e microscopia elettronica a scansione, quest'ultima particolarmente utile al fine di esaminare eventuali disomogeneità della struttura quali inclusioni, parti non fuse, bolle ed identificare fenomenologie di degrado come cristallizzazioni di sali o fenomeni di disgregazione della massa vetrosa per i quali si rendono utili osservazioni ad elevati ingrandimenti

ad alta definizione. Molto vantaggiose sono state inoltre le microanalisi EDS che hanno permesso di ottenere analisi elementali qualitative e semi quantitative dell'area indagata.

Dati storici e descrittivi del lacerto musivo

Il frammento musivo, inquadrabile cronologicamente tra il I e il II sec. d. C., proviene dall'area fucense, situata in provincia di L'Aquila. Come noto la conservazione delle opere musive è stata caratterizzata nel corso del Novecento da una ben nota pratica del distacco dai contesti archeologici [1] e come spesso accade ci si è trovati davanti un lacerto musivo distaccato negli anni 80 del Novecento. Al riguardo non si dispone purtroppo di notizie riguardanti lo scavo archeologico, l'ambiente originario di appartenenza ed il restauro effettuato nel '900 che ha in particolare riguardato lo strappo dello strato tessellare. Il lacerto il quale era conservato nel deposito della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio dell'Abruzzo presso il Castello Piccolomini di Celano (AQ) potrebbe appartenere come indicato dalla cassa che lo conteneva e dal pannello di appoggio su cui esso era posizionato all'antica città romana di *Marruvium*, situata sulla sponda orientale dell'ormai prosciugato lago del Fucino. *Marruvium*, corrispondente attualmente alla città San Benedetto dei Marsi fu eletta a *municipium* nel I sec. a. C. e può essere considerata il principale centro del popolo italico dei Marsi. L'antico sito di *Marruvium* ha restituito in diverse occasioni opere musive ^{3,4}, fra cui può essere annoverato il noto repertorio di mosaici della *domus* in corso Vittorio Veneto inquadrabile cronologicamente tra l'epoca augustea e cesariana, dove per le decorazioni del tessellato sono stati impiegati motivi geometrici in bianco e nero in uso nella tradizione romana ^{5,6,7,8}. L'apparato della ricca *domus* è l'unico ad essere attualmente fruibile oltre che ad essere stato ampiamente studiato poiché l'abitato di San Benedetto dei Marsi si è sviluppato al di sopra dell'antico impianto urbanistico pertanto molti rinvenimenti sono avvenuti casualmente durante opere edilizie e agricole e non potendo essere resi fruibili sono andati ricoperti.

Il lacerto di dimensioni 27,5 x 57,5, il quale si presentava allettato su di uno strato di malta cementizia e frammentato in nove porzioni a partire dalla malta di allettamento, presentava una porzione in tessellato con la raffigurazione di due motivi figurati zoomorfi resi con tessere in pasta vitrea di differenti gradazioni cromatiche dal verde al blu su fondo bianco. Sembrerebbe trattarsi della raffigurazione di un animale marino di difficile decodificazione e di un'anatra inscritti il primo all'interno di una cornice di tessere dalla cromia grigio scura formante un quarto di cerchio e il secondo all'interno di una cornice sempre resa con tessere di colore grigio scuro formante un semicerchio. La raffigurazione è delimitata esclusivamente nella parte di destra e in basso da due filari di tessere di dimensioni maggiori dalla forma grossolana e la superficie ruvida e caratterizzate da una cromia bianca tendente al grigio, intervallate da due filari di tessere coerenti con il resto della decorazione.

Riguardo la raffigurazione dei due motivi figurati la resa dei corpi è uniforme, bidimensionale, stilizzata e priva di dettagli anatomici. Non è possibile stabilire se i due motivi, oltre alla funzione decorativa, rimandassero anche alla presenza del lago del lago del Fucino. Anche la loro collocazione e la posizione nella scansione iconografica del mosaico non è ricostruibile in assenza dei relativi dati di provenienza.



Fig. 1. Il lacerto musivo nella fase preliminare di studio, prima dell'intervento di restauro.

Materiali indagati

Il lacerto musivo si compone di due tipologie di tessere: lapidee naturali e vetrose artificiali.

Per quanto riguarda le tessere lapidee sono stati analizzati tre campioni ognuno rappresentativo di ogni tipologia di materiale impiegato per la decorazione e siglati ognuno con una rispettiva dicitura S-1 tessera bianca, S-2 tessera grigia e S-3 tessera grossolana. I campioni S-1 ed S-2 sono stati prelevati tra il materiale distaccatosi dal manto musivo, mentre per quanto riguarda la tessera grossolana non essendo presente un campione rappresentativo tra il materiale distaccato è stato prelevato dalla superficie musiva e ricollocata durante le operazioni di restauro.

Le tessere vitree sono state prelevate esclusivamente dal materiale trovato distaccato dalla superficie musiva. Le tessere ognuna rappresentativa di una differente tonalità cromatica, sono state siglate con le rispettive diciture S-4 tessera turchese, S-5 tessera blu ed S-6 tessera verde-azzurra.

Tecniche diagnostiche impiegate

Presso il Centro di Microscopia dell'Università degli Studi dell'Aquila è stato possibile sottoporre i campioni alle seguenti indagini diagnostiche:

- Microscopia ottica. Stereomicroscopio LEICA S8APO con telecamera LEICA EC3 al fine di ottenere una prima indagine morfologica del campione.
- Microscopia Elettronica a Scansione con Spettrometro a Dispersione di Energia (SEM-EDS). SEM PHILIPS XL 30/CPCON EDS Oxford INCA Energy 250. Con questa tecnica diagnostica è stato possibile ottenere informazioni sulla struttura dei campioni sia di tipo morfologico che topografico, utilizzando due diversi detectors (SE, BSE), inoltre mediante l'EDS è stato possibile ottenere informazioni sulla composizione elementale dei campioni.
- Diffrazione a Raggi X (XRD). Diffratometro PANalytical XPertPro con detector X'Celerator. Questa tecnica consente in particolar modo di ottenere informazioni sulle sostanze cristalline e di comprenderne le fasi mineralogiche.

Per l'analisi con diffrazione a raggi X è stato possibile analizzare i campioni tal quale senza il bisogno di polverizzarne una percentuale, mentre nelle osservazioni con lo stereomicroscopio e con il SEM è stato preferibile sezionare il campione per un ulteriore approfondimento tra la superficie e l'interno dello stesso. In questo caso è stata impiegata l'accortezza di ottenere delle sezioni sottili dal retro della tessera così da poterla ricollocare nella lacuna della decorazione musiva con la superficie intatta.

Discussione dei risultati

Per quanto riguarda le tessere lapidee, in seguito ad una prima acquisizione di immagini con microscopia ottica sono state sottoposte ad un'indagine con diffrazione a raggi X al fine di comprenderne le fasi mineralogiche. Dai risultati è emerso che le due tipologie di tessere lapidee chiare S-1 e S-3 (Fig. 2) sono risultate prevalentemente costituite da calcite.

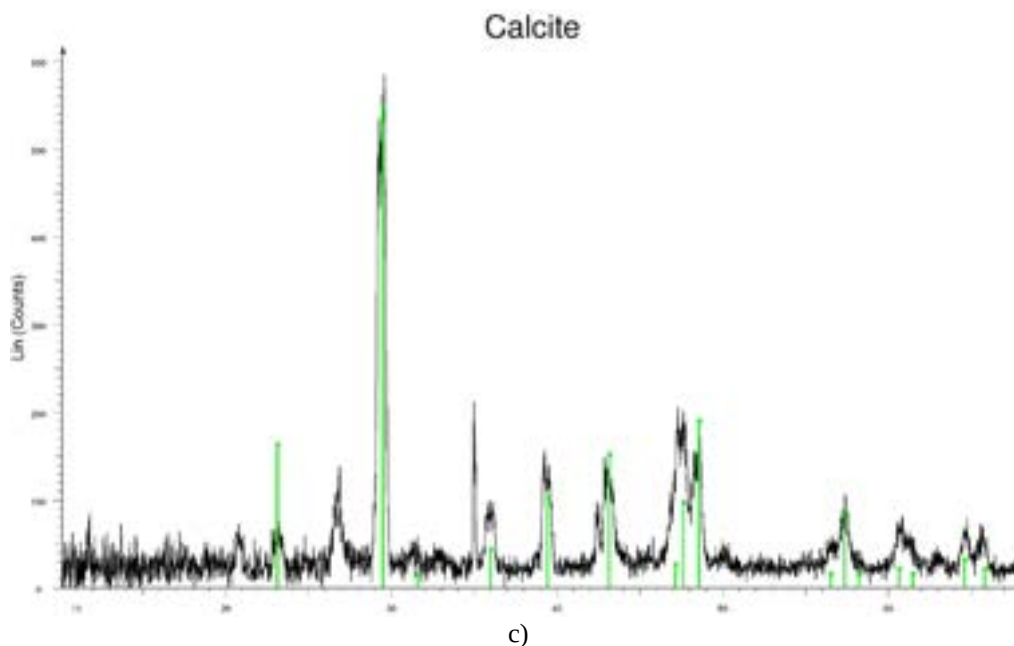


Fig. 2. Diffattogramma XRD del campione S-3.

Le tessere sono state pertanto ottenute da rocce calcaree compatibilmente con la disponibilità in loco di cave calcaree e in accordo con l'antica tecnica d'esecuzione, in quanto i mosaicisti prediligevano rocce calcaree, sia per la facile reperibilità che per le loro proprietà tecniche e cromatiche. Esse si prestano infatti ad essere facilmente lavorabili sotto l'azione degli strumenti da mosaicista per il taglio e la levigatura ed offrono inoltre un'ampia varietà cromatica ¹. Di natura differente sono invece le tessere grigie le quali sono risultate costituite da differenti fasi mineralogiche che ne fanno propendere un'attribuzione ad una roccia prevalentemente silicatica.

Le tessere vitree dopo una prima osservazione con lo stereomicroscopio sono state indagate con microscopia elettronica a scansione con annessa microanalisi EDS. Esse sono state analizzate ognuna in più punti al fine di includere nell'analisi sia la fase vetrosa che quella cristallina. Le microanalisi effettuate hanno individuato nella fase vetrosa un elevato tenore di silicio e a seguire ossigeno, sodio e calcio i quali potrebbero indicare l'impiego di un fondente sodico e di uno stabilizzante calcico. Si tratta di tessere non piombiche in quanto non è stata rilevata la presenza di piombo [2].

Le colorazioni sono state ottenute dall'impiego di tre dei principali ossidi impiegati in antichità ossia rame, ferro e manganese. Nel campione S-4 (Fig. 3) la colorazione è stata impartita principalmente dal rame il quale, insieme al ferro in basse percentuali, dà luogo al colore turchese. L'effetto ottico è stato attenuato dalla presenza di numerosissimi cristalli di antimonio di calcio, mentre la colorazione blu del campione S-5 è dovuta all'impiego del ferro e del manganese. Il ferro in base al suo stato di ossidazione può impartire differenti colorazioni tra cui il blu e il verde quando presente nella forma ridotta Fe^{2+} , mentre il manganese può essere impiegato sia come decolorante per neutralizzare la tipica colorazione verdastria del ferro sia come colorante. Esso se usato singolarmente dà luogo al viola, mentre se usato in presenza del ferro in vetro piombico dà luogo ad un colore blu scuro. Nel campione S-6 (Fig. 5) la tonalità verde-azzurra è stata ottenuta prevalentemente dalla presenza del rame. All'effetto ottico finale hanno inoltre contribuito i cristalli di antimonio di calcio. Le tessere S-4 ed S-6 sono state opacizzate con cristalli di antimonio di calcio, uno dei metodi più frequentemente adoperati in antichità.

L'antimonio in presenza di calcio dà luogo a cristalli bianchi di antimonio di calcio. Essi sono caratteristici dei vetri musivi fino al V-VI secolo. Se la matrice vetrosa è incolore essi impartiscono una colorazione bianco opaca, mentre se la matrice vetrosa è colorata, come in questo caso, ne attenuano la colorazione. Già dall'osservazione del campione S-4 con lo stereomicroscopio è stato possibile osservare una struttura caratterizzata da una fase vetrosa e aggregati di matrice cristallina. Le osservazioni in microscopia elettronica a scansione hanno a più alti ingrandimenti confermato la presenza di fasi vetrose alternate a fasi cristalline con una significativa quantità di cristalli accresciuti. In tali punti le microanalisi hanno rilevato la presenza di antimonio e calcio (Fig. 4). A differenza del campione S-4 nella tessera verde azzurra invece i cristalli sono rari, distanziati e di piccole dimensioni (Fig. 6).

Il campione S-6 presenta patine di alterazione biancastra e incrostazioni localizzate. Con l'ausilio della microscopia elettronica a scansione si sono potuti osservare dei fenomeni di cristallizzazione salina all'interno delle cavità. La microanalisi EDS in tali punti ha rilevato la presenza di zolfo, sodio e cloro riconducibili a solfati e cloruri di sodio.



Fig. 3. Immagini del campione S-4 allo stereomicroscopio.

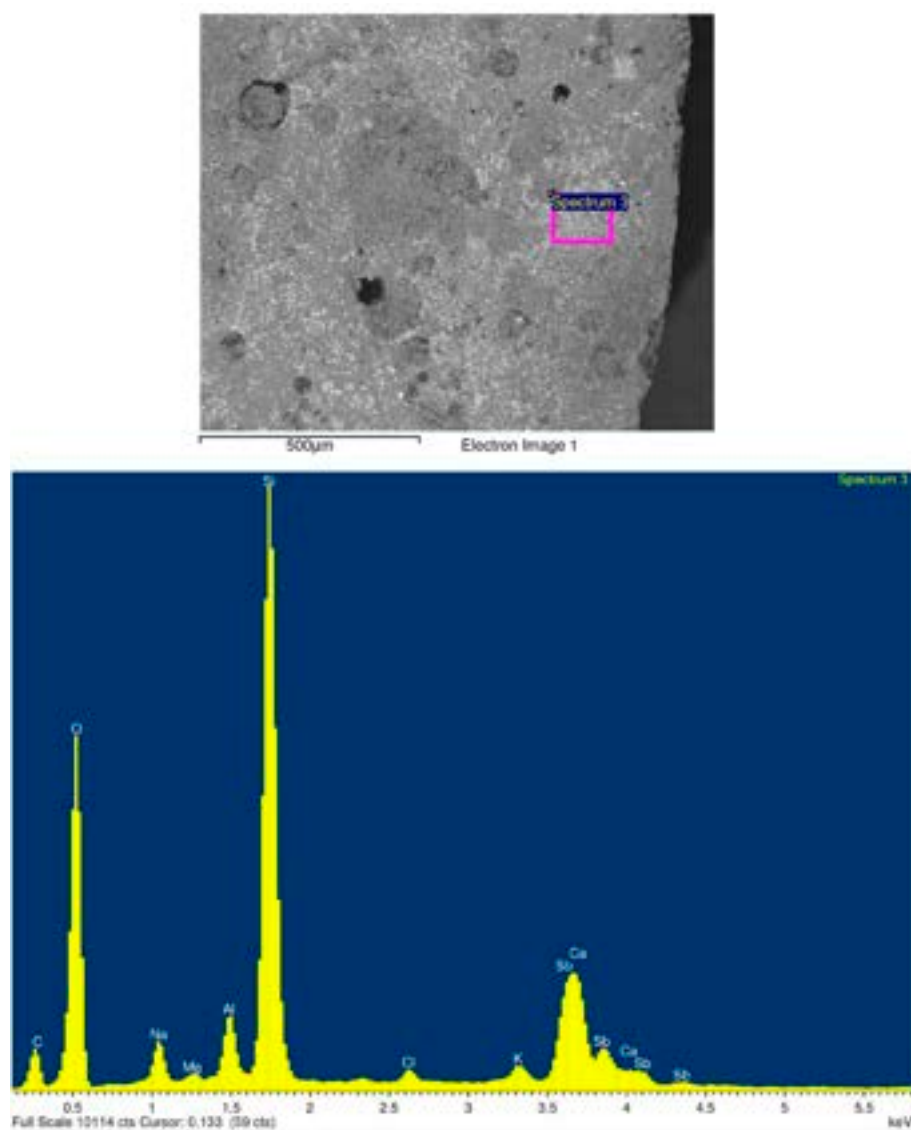


Fig. 4. Spettro della microanalisi EDS in un'area del campione S-4, caratterizzata da fasi cristalline, dove si è osservata la presenza di antimonio (Sb) e calcio (Ca) associabili a cristalli di antimoniato di calcio.

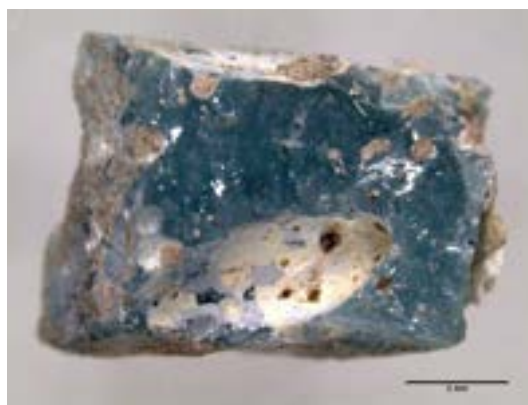


Fig. 5. Immagini del campione S-6 allo stereomicroscopio.

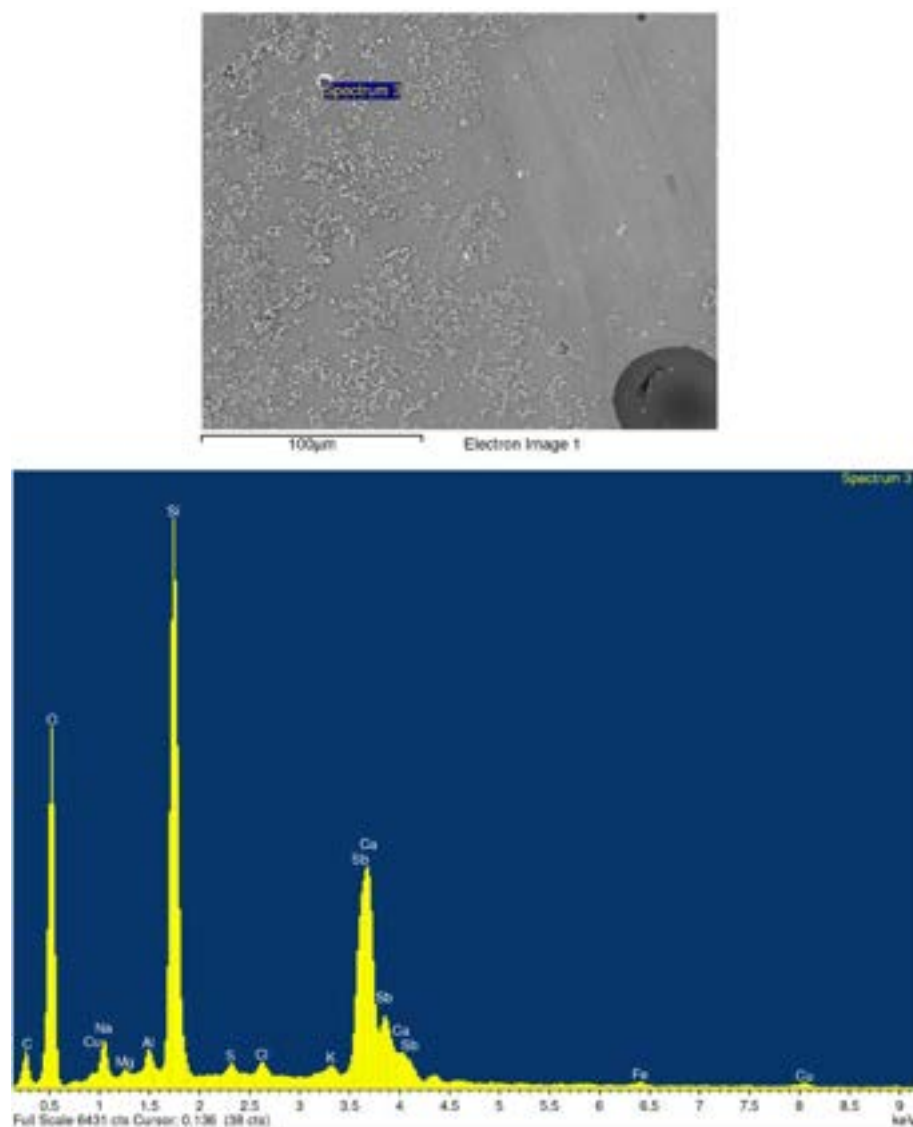


Fig. 6. Spettro della microanalisi EDS in un’area del campione S-6, dove si è osservata la presenza di antimonio (Sb) e calcio (Ca) associabili a cristalli di antimoniato di calcio. Dall’immagine ottenuta in microscopia elettronica a scansione è stato possibile osservare come i cristalli siano più distanziati rispetto al campione S-4.

Conclusioni

Durante le fasi di studio propedeutiche all’intervento di restauro del lacerto musivo si è avuta l’opportunità di approfondire le conoscenze sui materiali impiegati e sulla tecnologia di produzione delle tessere vitree mediante l’ausilio di alcune tecniche diagnostiche, i cui risultati hanno evidenziato l’impiego di materiali e tipiche tecniche di produzione in uso in antichità. Tale contributo vuole essere un punto di partenza per confronti con future scoperte o nuovi studi di opere musive del territorio, al fine di poter risalire alle tecniche costruttive dei mosaicisti attivi nel territorio fucense.

Si ringrazia la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio dell’Abruzzo, la Dott.ssa Emanuela Ceccaroni, il Dott. Lorenzo Arrizza e il Centro di Microscopie dell’Università dell’Aquila, ognuno per il suo contributo offerto alla realizzazione di questo lavoro.

NOTE

[1] Le motivazioni di tale scelta sono state dettate da varie ragioni, tra cui come in questo caso, quella di carattere urbanistico era dominante.

[2] Il piombo aggiunto alla miscela permetteva, oltre che di abbassare il punto di fusione, di conferire al vetro particolari colorazioni e brillantezza.

BIBLIOGRAFIA

1. Fiori C., Vandini M., *Teorie e tecniche per la conservazione del mosaico*, Padova, 2002, pp. 44-52.
2. Profilo B., Santopadre S., Verita' Marco., *Le analisi delle tessere musive vitree: esempi di applicazione nelle indagini preliminari al restauro, del mosaico absidale della Cappella dei Santi Primo e Feliciano in S. Stefano Rotondo a Roma* in "Mosaici a San Vitale e altri restauri", Ravenna, 1992, pp. 99-105.
3. Ceccaroni Emanuela., *Pavimenti a mosaico del territorio di Alba Fucense e Marruvium*, in " AISCOM XVII, Atti del XVII Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico, Teramo, 10-12 Marzo 2011", Tivoli 2012, pp. 161-165.
4. Sommella Paolo, Tascio Manuela, *Ricerche sull'urbanistica romana nella zona fucense: Marruvium* in "Il Fucino e le aree limitrofe nell'antichità", Atti del Convegno, Avezzano 10-11 Novembre 1989", Roma, 1991, pp. 456-457.
5. Cairoli Roberta, *La Domus di C.so Vittorio Veneto a San Benedetto dei Marsi* in "Il Fucino e le aree limitrofe nell'antichità". Atti del convegno Celano-Paludi" 26-28 Novembre 1999, ed. G. Grossi, U. Irti, C. Malandra, Avezzano, 2001, pp.82-92.
6. Campanelli Adele, Cairoli Roberta, *Nuovi mosaici dalle città romane d'Abruzzo: Hatria, Marruvium e Supreum* in "AISCOM II, Atti del II Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico, Roma, 5-7 Dicembre 1994, Bordighera, 1995, pp. 85-104.
7. Campanelli Adele, *Marruvium*, in "Il tesoro del Lago, L'archeologia del Fucino e la Collezione Torlonia, ed. A. Campanelli, Pescara, 2001, pp. 214-220.
8. Campanelli Adele, *Il Fucino in età romana: il contesto archeologico* in "Il tesoro del Lago, L'archeologia del Fucino e la Collezione Torlonia, ed. A. Campanelli, Pescara, 2001, pp. 156-160.

MONITORAGGIO, MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE DEGLI APPARATI DECORATIVI DEL SEPOLCRETO DELLA VIA OSTIENSE A ROMA. NOTE TECNICHE PRELIMINARI

C. Giovannone*, M. Marcelli**, A.M. Marinelli***, S.Pannuzi****

*Funzionario Restauratore, MIBAC, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR), Via di S. Michele 23, 00153 Roma, 06-67236300, carla.giovannone@beniculturali.it

**Archeologo Curatore Beni Culturali - Responsabile area archeologica, Roma Capitale, Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali, piazza Lovatelli 35, 00186, Roma, 06-67105986, marina.marcelli@comune.roma.it

***Restauratore, MIBAC, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR), Via di S. Michele 23, 00153 Roma, 06-67236300, annamaria.marinelli@beniculturali.it

****Funzionario Archeologo direttore coordinatore, MIBAC, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR), Via di S. Michele 23, 00153 Roma, 06-67236300, simona.pannuzi@beniculturali.it

Abstract

Il Sepolcreto della via Ostiense a Roma, rinvenuto nel 1918 durante lavori stradali, costituisce l'attestazione più rilevante di una vasta necropoli, i cui resti furono per lo più demoliti nell'urbanizzazione del quartiere. La sua preservazione fu favorita anche dallo straordinario stato conservativo degli apparati decorativi, che costituiscono una delle testimonianze più significative dell'arte funeraria della città. I sepolcri, prevalentemente della tipologia "a colombario", coprono un arco cronologico compreso fra il II secolo a.C. e il III secolo d.C.

Sull'area è in corso un progetto interdisciplinare di ricerca, con la partecipazione di archeologi, restauratori, scienziati e geologi, finalizzato ad un completo riesame del contesto archeologico e all'analisi dei fenomeni di degrado delle strutture e delle superfici decorate, con il coinvolgimento della Sovrintendenza Capitolina, dell'ISCR, dell'ISPRA e di università italiane e straniere. Dopo un secolo di esposizione ad agenti atmosferici ed inquinanti, gli affreschi presentano numerose problematiche conservative, aggravate dall'attività sismica che nel 2016 ha interessato l'area romana, provocando lesioni nelle strutture murarie.



Figura 1. L'area del Sepolcreto della via Ostiense (A.R. Rubino, C. Santangelo).

Il Sepolcreto della via Ostiense a Roma, ricerche archeologiche e monitoraggio del rischio

La via *Ostiensis* collegava Roma alle foci del Tevere (*ostium*, da cui prendeva il nome) con un percorso di circa 16 miglia, ricalcando probabilmente un tracciato protostorico per il trasporto del sale dalle saline all'entroterra [1]. Regolarizzata e pavimentata a partire dal IV secolo a.C., vide un incremento del suo ruolo commerciale parallelamente allo sviluppo di Ostia, fino a divenire uno degli assi più importanti di ingresso nell'Urbe. Uscendo dalla porta Trigemina, attraversava la piana sub-aventina con un tracciato non dissimile dalla moderna via Marmorata per poi dirigersi verso sud, disponendosi parallela al fiume. In questo settore la via non doveva distaccarsi molto dal tracciato attuale, come prova la sopravvivenza dei ponti antichi sul fiume Almone e sul citato fosso di Grotta Perfetta, rimasti in uso fino al XIX secolo e tuttora conservati sotto la strada moderna. Fra il I e il II miglio la strada era affiancata da vaste aree sepolcrali, documentate da numerosi ritrovamenti archeologici effettuati a partire dal XVIII secolo.

Nella letteratura scientifica viene tradizionalmente designata come necropoli della via Ostiense l'area funeraria unitaria, racchiusa in un recinto, estesa sul lato orientale della strada per una lunghezza totale di circa 400 m, in prossimità della basilica di S. Paolo [2] (Fig. 1). In questa fascia, limitrofa al tracciato della via Ostiense, si dispongono infatti i rinvenimenti principali e più noti, relativi ad un fitto reticolo di tombe di tipologie varie,

attestanti un intensivo uso funerario della zona almeno dalla media età repubblicana al tardo impero e il passaggio dal rituale dell’incinerazione a quello dell’inumazione nel corso del II secolo d.C. Dall’analisi della documentazione d’archivio e dai risultati di recenti sondaggi preventivi emerge però l’esistenza di nuclei cimiteriali dalle caratteristiche simili sia a nord che a sud di quest’area e talora, come nel caso dei recenti rinvenimenti di sepolcri e colombari presso la centrale Montemartini, sul lato occidentale della via.

I primi rinvenimenti risalgono al quando, come apprendiamo da Ridolfino Venuti, venne alla luce una porzione del sepolcreto nella vigna del monastero. Costanti attestazioni della necropoli vengono registrate nei decenni successivi, fino ad un primo consistente ritrovamento effettuato in occasione dei lavori di ricostruzione della basilica nel 1850. Un altro nucleo di sepolcri fu rinvenuto nel 1876 nella vigna Villani presso la Rupe di San Paolo, in prossimità di via delle Sette Chiese.

L’occasione per comprendere l’effettiva consistenza della (o meglio delle) necropoli dell’Ostiense fu costituita dallo scavo del collettore di sinistra del Tevere, effettuato in quest’area fra il 1897 e il 1898 [3]. Negli scavi, che si svolgevano contemporaneamente a nord e a sud della basilica, vennero alla luce sepolcri e colombari, di cui abbiamo solo sommarie descrizioni ed una pianta generale conservata nell’archivio storico della Soprintendenza di Roma (ADA). Come usuale al tempo, maggiore attenzione fu data ai reperti epigrafici, numerosissimi, fra cui risalta un folto gruppo di cippi con indicazione delle dimensioni dei sepolcri *in fronte* ed *in agro*, con una prevalenza della misura di 12 piedi (ca. m 3,60) che indirizzerebbe verso una standardizzazione delle forme dei sepolcri, indice di modalità organizzate di gestione e concessione degli spazi funerari.

Il rinvenimento più importante è quello effettuato nel 1917 in occasione dei lavori di allargamento della via Ostiense, oltre che l’unico a tutt’oggi ad essere oggetto di uno scavo sistematico e di uno studio scientifico, eseguito dalla R. Soprintendenza ai Musei ed agli Scavi della Provincia di Roma, sotto la direzione del giovane funzionario Giuseppe Lugli (Fig. 2) [4]. Le indagini proseguirono da nord a sud, portando alla luce un contesto particolarmente intatto e ricco sia per la varietà delle tipologie di edifici funerari, sia, soprattutto, per l’elevata qualità artistica e l’eccezionale stato conservativo degli apparati decorativi (affreschi e stucchi). Per questi ultimi disponiamo di una straordinaria documentazione, costituita dalle riproduzioni ad olio del pittore Odoardo Ferretti (Fig. 3). Dall’analisi delle numerose iscrizioni funerarie si può dedurre che le persone sepolte in questa necropoli appartenessero a classi sociali generalmente non molto elevate, per lo più di origine servile; l’onomastica e la presenza di iscrizioni in lingua greca rivelano la presenza di un nucleo consistente di popolazione proveniente dal Mediterraneo orientale [5].

In una riunione della Commissione Archeologia Comunale del 22 gennaio 1918 fu deciso che i colombari scoperti dovessero essere conservati ed esposti alla vista del pubblico; il tram sarebbe stato deviato per lasciare libero lo spazio da recingere e da custodire e per consentire nuove esplorazioni. Sicuramente su questa decisione incisero non poco la vicinanza al luogo di sepoltura dell’Apostolo Paolo, nell’omonima basilica [6]. In un verbale redatto il 6 maggio 1918, alla presenza dell’assessore Galassi e dei soprintendenti Colini e Muñoz, oltre che di Giuseppe Lugli, Rodolfo Lanciani e Lucio Mariani della Commissione Archeologica, fu deciso concordemente di dividere gli oneri della conservazione e valorizzazione del contesto: il restauro, così come lo scavo, sarebbe stato curato dalla Soprintendenza, mentre il Comune si sarebbe occupato della recinzione, della copertura e della custodia; i reperti non ricollocabili nell’area sarebbero stati trasportati nell’Antiquarium Comunale. Nonostante gli sforzi e il consistente intervento congiunto Stato-Comune per lo studio e la conservazione della necropoli, alcuni dei resti scavati dal Lugli, ma rimasti al di fuori dell’area recintata, vennero demoliti a distanza di pochi anni [7]. Ulteriori rinvenimenti di sepolcri e colombari con pareti affrescate e pavimenti musivi sono documentati nell’archivio Gatti relativo ai lavori degli anni trenta e quaranta del XX secolo [8]. Nel 1933 la necessità di sistemare e allargare ulteriormente la via Ostiense in corrispondenza della Rupe di S. Paolo portò alla scoperta di altre tombe, un consistente nucleo delle quali è oggi visibile lungo le scarpate del colle [9]. In questo settore ritroviamo la consueta mescolanza fra piccoli colombari, tombe a tempio e successivi edifici funerari con sepolture ad inumazione, in *formae* o ad *arcosolio*. Il piano di spiccato, sfruttando il pendio naturale della collina, è ad un piano superiore rispetto a quello del sepolcreto scavato dal Lugli, e le tombe si appoggiano direttamente alla bancata di tufo.

Un rinvenimento di rilevante interesse, si verificò in questa porzione della necropoli nel 1953, a seguito del crollo della parete di una tomba sulle pendici della rupe: apparve l’interno della camera funeraria, dotata di tre arcosoli decorati con affreschi in ottimo stato conservativo, fra i quali riveste un particolare interesse quello centrale, con raffigurazione di Prometeo che plasma l’uomo, ritenuto ispirato ad un modello pittorico di origine greca. Sulla base dei bolli laterizi la tomba è databile tra la fine del II e gli inizi del III secolo d. C. [10].

L’area oggi visitabile comprende solo una ridotta porzione del settore scavato da Lugli, selezionata ai tempi in base allo stato conservativo e alla qualità degli affreschi. Le tombe in essa contenute, in massima parte databili ai primi secoli dell’età imperiale, seguono l’andamento nord-sud dell’asse della via Ostiense, con un lieve slittamento verso est nel settore settentrionale; la tipologia più frequente è quella dei c.d. “colombari”, sepolcri familiari a pianta quadrangolare nelle cui pareti interne erano ricavate nicchie, in file a più piani, per la deposizione delle urne cinerarie. A questi si affiancano piccoli monumenti funerari, ad altare, a cippo o ad edicola, sempre ospitanti defunti incinerati. Con il diffondersi del rito dell’inumazione a partire dalla seconda

metà del II secolo d.C., molte delle strutture furono riutilizzate per ospitare sepolture ad inumazione, in *formae*, casse fittili o semplici fosse terragne, scavate all'interno dei colombari mentre nuovi sepolcri destinati al nuovo rituale funerario andarono ad occupare gli spazi rimasti liberi.

Lo stato conservativo delle strutture e in particolare degli apparati decorativi, risente oggi, ovviamente, di oltre un secolo di esposizione in una zona urbana caratterizzata fino al secondo dopoguerra da una destinazione industriale ed oggi interessata da intenso traffico veicolare. La tempestiva chiusura e copertura dell'area, realizzata già nel 1919 al termine degli scavi archeologici, ha contribuito a preservare le strutture antiche dall'impatto diretto dei fenomeni climatici ed atmosferici più intensi, anche se ha favorito l'insorgere di episodi di degrado provocati da fattori biologici, connessi con la forte umidità e con il ristagno delle acque nei terrapieni circostanti.

Inoltre il 30 ottobre 2016 la città di Roma è stata marginalmente colpita da uno dei terremoti più forti degli ultimi decenni (Mw 6.5). Nonostante l'epicentro fosse presso Norcia la scossa è stata avvertita chiaramente nella Capitale, distante 130 km in linea d'aria, provocando alcuni danni importanti ad edifici storici, in particolare nell'area meridionale del centro storico. In quell'occasione la basilica di S. Paolo fuori le Mura, distante poche decine di metri dal sepolcreto, è stata chiusa per valutare i danni, in seguito al distacco di frammenti di cornicione. Anche le strutture murarie dell'area archeologica sono state interessate da fratture passanti, circa meridiane, indotte dal sisma, che hanno danneggiato praticamente tutti i muri orientati est-ovest, interessando in alcuni casi i rivestimenti parietali affrescati e le decorazioni in stucco. E' stata quindi attivata una collaborazione scientifica fra la Sovrintendenza Capitolina e l'ISPRA, al fine di valutare l'esposizione a rischi naturali dell'area archeologica, con il coinvolgimento di tecnici specializzati nel monitoraggio del rischio sismico. Il rapporto fra la rupe, la necropoli e la valle alluvionale è stato considerato ai fini di una possibile amplificazione delle onde sismiche. Per monitorare l'evoluzione degli effetti co-sismici è stato installato un sistema di 5 deformometri manuali sulle fratture principali. Inoltre è stata condotta una campagna geofisica tramite rilievo georadar e rilievo sismico attivo e passivo, per individuare l'assetto stratigrafico del sito e chiarire la possibile presenza di effetti locali [11]. Ulteriori rilievi geofisici permetteranno di definire meglio l'interazione fra le strutture archeologiche sepolte ed il sottosuolo e le misure da mettere in atto per la protezione del sito.

A partire dal 2018 è stato inoltre avviato sull'area un progetto di studio e ricerca in collaborazione con l'ISCR, finalizzato alla conoscenza, al monitoraggio e alla conservazione degli affreschi delle tombe del sepolcreto, mediante l'impiego di moderne tecnologie di indagine e la sperimentazione di prodotti e tecniche innovativi.

M. Marcelli



Figura 2. L'area del Sepolcreto della via Ostiense durante gli scavi del 1917-1919 (GFN, MPI16133716).

Figura 3. O. Ferretti, Sepolcro XXX, pittura ad olio, 1917 (Museo della via Ostiense)

Il progetto dell'ISCR e i restauri precedenti

Oltre agli altri progetti in corso sull'area, tra la Sovrintendenza Capitolina e l'ISCR si sta sviluppando un progetto interdisciplinare di ricerca, con la partecipazione di archeologi, restauratori e scienziati di vari ambiti disciplinari (chimici, fisici, biologi), finalizzato ad un completo riesame delle problematiche conservative delle superfici decorate dell'architettura (affreschi e stucchi) presenti in questo contesto archeologico in ampie parti di notevole valore storico ed artistico [12]. Per questo fine si è cercato di ricostruire quali interventi conservativi siano stati effettuati in precedenza, in quali aree del sepolcreto, con quali materiali e se questi interventi possano ancora ritenersi validi. Per riuscire ad evidenziare tutti questi dati su un'area così vasta, dopo un'analisi generale del sepolcreto e del suo stato conservativo, si è deciso preliminarmente di prendere in esame un'area campione: in questo caso si è scelto il sepolcro VII, datato agli inizi del II secolo d.C. [13], l'unico su cui si avevano degli elementi certi, in riferimento ad un restauro effettuato negli anni '80 del Novecento [14]. Per confronti con

quanto si andava evidenziando nel sepolcro VII, sono stati presi in considerazione anche alcune problematiche dei vicini sepolcri VIII, XI e XII.

Riguardo all'edificio VII, e, nel caso, su quelli vicini sopra indicati, si è perciò verificata tutta la documentazione pregressa ancora esistente, sulla base della quale si è effettuata un'attenta osservazione ravvicinata delle superfici con campagne di rilevamento ambientale, grafico e fotografico e con l'impiego di indagini non distruttive e/o micro-distruttive per evidenziare quali fossero i materiali costitutivi, i particolari tipi di degrado, i prodotti utilizzati nei passati interventi e come questi abbiano reagito nel tempo sulle superfici degradate. Tutto ciò al fine di mettere a punto un preciso programma di monitoraggio e manutenzione delle superfici decorate, sulla base dei diversi fenomeni di degrado rilevati, da poter estendere anche agli altri edifici in cui si fossero conservate parti decorate ad affresco e a stucco.

Grazie all'analisi della documentazione fotografica storica, conservata presso il Gabinetto Fotografico Nazionale (GFN), e alla documentazione fotografica e conservativa presente negli Archivi della Sovrintendenza Capitolina, si è potuta ricostruire nel sepolcro VII una successione di differenti interventi di restauro (almeno quattro con tutta probabilità). Il primo fu effettuato al momento della scoperta del sepolcro nel 1919 e Lugli stesso lo ricorda [15], senza dare però alcuna specifica di quanto realizzato, come d'altronde era comune prassi all'epoca.

Da quanto è stato possibile verificare dall'analisi della documentazione fotografica del sepolcro VII conservata al GFN, senza data ma chiaramente riferibile all'epoca dello scavo e della sua sistemazione, in quel momento furono messi in atto degli interventi d'urgenza, relativi per esempio all'affissione di perni e grappe metalliche su parti di affresco a rischio caduta e alla realizzazione di uno spesso cordolo di malta lungo il perimetro delle parti ad affresco che rischiavano ulteriormente di disgregarsi (Fig. 4).

Un intervento successivo è chiaramente individuabile grazie al confronto tra le immagini del 1919 e quelle *ante operam* allegate alla relazione di restauro del gennaio 1983 [16]. Da queste foto si è verificato che dopo il 1919 e prima del 1982-83 furono sistemati dei nuovi perni e grappe metalliche per cercare di contenere le cadute di pellicola pittorica. Si è evidenziato anche che, malgrado gli interventi del 1919, all'interno del sepolcro VII si verificarono cadute di parti pittoriche anche molto estese, come per esempio nell'area della grande edicola timpanata e nelle parti basse delle murature; inoltre, prima del restauro del 1982-83 la lettura del decoro pittorico risultava particolarmente offuscata su tutte le pareti, in gran parte annerite da depositi di sporco.

Con il restauro degli anni '80 del Novecento la leggibilità dei decori pittorici del sepolcro venne senz'altro ben ristabilita, furono reintegrate molte lacune (alcune già sistemate in precedenza, ma in modo diverso) e furono mantenuti perni e grappe dell'intervento precedente (Fig. 5).

Il confronto tra le immagini fotografiche riferite al *post operam* dell'intervento degli anni '80 e la situazione attuale ha rilevato l'effettuazione di nuovi lavori di restauro all'interno del sepolcro, che possono con tutta probabilità trovare inserimento all'interno del vasto intervento realizzato nel sepolcro per il Giubileo del 2000 [17]. Nel sepolcro VII furono fatte nuove reintegrazioni di alcune grandi e piccole lacune, con modalità e utilizzo di colori differenti della malta; in alcuni casi si è notata la realizzazione di un rigatino molto poco preciso ed accurato.

Dai confronti fatti con i sepolcri vicini, è possibile rilevare anche qui una successione di interventi, ma non del tutto corrispondente a quelli evidenziati nel sepolcro VII, che sembrerebbe l'unico oggetto di un completo e approfondito restauro, anche con allegate osservazioni e analisi scientifiche, negli anni '80 del Novecento. Invece, nel 1919 furono senz'altro operati dei lavori anche in questi edifici (cordolo di malta, perni e grappe) e poi altri devono essere stati messi in atto di recente, probabilmente sempre per il Giubileo, in questo caso anche con interventi molto ricostruttivi dal punto di vista architettonico, che in parte non hanno tenuto conto dell'originaria struttura (si veda edicola del sepolcro XI).

S. Pannuzi



Figura 4. Visione generale del sepolcro VII nel 1919 (GFN, MPI6133723).



Figura 5. Foto dell'edicola del sepolcro VII dopo il restauro del 1982-83.

(Sovrintendenza Capitolina, Servizio Coord. Monumenti antichi e aree archeologiche, Archivio Corrente).

Le pitture murali del Sepolcreto della via Ostiense. Prime note tecniche: la storia conservativa tra materiali storici e sintetici ed osservazioni sulla tecnica esecutiva

Delineare lo stato di fatto di un monumento attraverso la ricognizione condotta nel corso di alcuni sopralluoghi è un processo che trae inevitabilmente spunto dall'osservazione attenta di alcune morfologie di degrado riscontrate all'esame ravvicinato. Tali fenomeni immediatamente danno conto di quanto è avvenuto nel tempo a carico dell'opera presa in esame. Si possono pertanto in questa fase iniziale formulare delle ipotesi più che fondate che troveranno riscontro successivamente con i dati emersi dalla raccolta documentaria ricavata nel corso dell'avanzamento dello studio e della collaborazione del nostro Istituto con la Sovrintendenza Capitolina. Per ragioni esemplificative lo studio ha preso le mosse dall'ambiente VII, così denominato nella mappa del Lugli, individuato come area campione rappresentativa di tutto il sepolcreto, della quale sono maggiormente documentati gli interventi di restauro precedenti.

Alcuni primi trattamenti conservativi rientrano nelle prime provvidenze operate durante lo scavo del 1919, o a ridosso dei primi assetti allestitivi dell'area archeologica. L'approccio conoscitivo di competenza del restauratore, si basa sul raffronto degli esiti dei materiali storici d'intervento databili a circa cento anni orsono e di quelli sintetici adottati nella seconda metà del secolo scorso. A questo riguardo il caso del sepolcreto appare di notevole interesse come esempio di un crinale epocale che spartisce nettamente in due la storia della tecnologia dei materiali di restauro e del loro impiego applicativo. Infatti leggere le superfici di un monumento soprattutto in relazione a determinate modificazioni dell'aspetto delle superfici significa in parte anche, e non solo, ripercorrere la storia, o microstoria dei materiali del restauro. Assistiamo quindi al passaggio dall'impiego dei materiali storici, quali il cemento ed il gesso per i consolidamenti di profondità, talune sostanze proteiche per il fissaggio della pellicola pittorica, grappe in lega rameica come sistemi di vincolo, ai nuovi materiali che si affacciano sul mercato in concomitanza allo sviluppo industriale del dopoguerra. Tali formulati risalenti agli anni cinquanta come prodotti precursori, saranno poi perfezionati per essere definitivamente diffusi nel mondo del restauro dagli anni 60 in poi. E' il momento della sintesi chimica e tanta è la fiducia riposta nel nuovo. Si tratta delle resine viniliche ed acriliche, dei Vinavil, Primal, Paraloid; di quest'ultimo l'applicazione è ben riconoscibile da alcune tracce visibili sulle superfici decorate. A tal proposito è interessante cogliere il passaggio tecnologico nel resoconto delle operazioni che la nostra collega compie nell'83 (Fig. 4).

Nello stato di fatto converge anche la storia del degrado naturale che il lento trascorrere del tempo produce sui manufatti. Già nel 1983 è rilevata la perdita di capacità coesiva del legante nella struttura muraria ma soprattutto nei ricorsi di malta tra i mattoni in laterizio e i tufelli in arenaria laddove il degrado è avanzatissimo questi sgretolano in maniera lenta e continuativa. Sono rilevabili inoltre le lesioni dovute a varie cause: progressivi assestamenti delle strutture architettoniche, cedevolezza del terreno, scosse telluriche ma anche alle continue vibrazioni prodotte dall'intenso traffico veicolare e dal passaggio della vicina metropolitana. E' già presente la lesione visibile ancora oggi in parete sud. L'intonaco riporta perdite considerevoli che interessano l'intera stratigrafia lasciando a vista l'ossatura della muratura (Fig. 6). La storia del sepolcreto poi ci dà conto di fattori di esposizione diversificati. La vita del complesso monumentale in interro, quando è ipogeo e possiamo enunciare a tale proposito fattori statici quali movimenti del suolo dovuti a svariate ragioni, oppure fisico-chimici per il contatto con sostanze organiche provenienti dall'interro, solubilizzate e trasportate dall'umidità presente nel suolo e affioranti in superficie, come efflorescenze saline, concrezioni carbonatiche, pellicole ad ossalato. Con lo scavo archeologico e il conseguente passaggio allo stato semipogeo per parte delle strutture, mutano le condizioni di esposizione, anche per la realizzazione di una struttura di copertura già nel 1919, sostituita poi dall'attuale nel 2000. In tutti questi mutamenti si è venuta a determinare una esposizione ai fenomeni atmosferici, alla CO₂ e alle polveri sottili, all'irraggiamento solare, al transito salino nelle strutture murarie e alla loro migrazione in superficie connesso alla presenza di umidità nelle strutture e ai cicli di asciugatura legati ai cambiamenti termoigrometrici.

Altrettanto interessante per un restauratore è il ripercorrere i procedimenti tecnici che hanno portato all'esecuzione dell'opera. L'ambiente oggetto del nostro studio preliminare è una cella funeraria del tipo "a colombario", dalle dimensioni ridotte, a pianta rettangolare e probabile copertura voltata. La parete di fondo è caratterizzata da una struttura a forma di tempio votivo con sommità a timpano e suddivisione in due registri in cui trovano spazio le nicchie riservate al culto o alle urne. La parete di sinistra presenta due ordini di nicchie circolari sovrapposte contenenti le urne, la parete di destra presenta una nicchia rettangolare al centro e due sole nicchie ai lati. Tutta la superficie, compreso lo spazio interno delle nicchie è rivestita da un intonaco bianco.

L'intonaco distinguibile macroscopicamente in due strati è costituito da una prima stesura composta da un impasto idraulico di colore bruno rossiccio con inerti grossolani che vanno dai due ai quattro millimetri e dallo spessore variabile intorno al centimetro e mezzo. La malta piuttosto grossolana e disomogenea è composta da calce e pozzolana. La stesura dell'intonaco di finitura è di spessore lievemente inferiore e si aggira intorno al centimetro, di granulometria più sottile presenta una colorazione bianco avorio tipica degli impasti a calce e polvere di marmo degli intonaci romani. L'adesione tra i due strati appare senza soluzione di continuità ed è dovuta alla compressione e schiacciamento ottenuto con spatole e levigatoi, i cui segni, ottenuti dall'intonaco

ancora in fase plastica sono visibili in più aree del dipinto. E' a questo punto doveroso un richiamo alle fonti e nello specifico alla descrizione delle *expolitiones*, gli intonaci levigati e decorati dei muri che fa Vitruvio nel settimo libro del *De Architectura*. [18]. Il colore chiaro, bianco avorio del fondo della decorazione è dato dalla cromia dell'impasto dell'intonaco ottenuta con l'aggiunta alla calce e polvere di marmo di inclusi calcarei, con la sporadica presenza di inclusi di colore nero e rossiccio riconducibili a minute frazioni di silico-alluminati [19]. La partitura geometrica degli spazi è ottenuta con la battitura di una cordicella a due capi per la cesura orizzontale della zoccolatura poi dipinta ad affresco in rosso con l'impiego probabile di ocra rossa od ematite. La stilizzazione di sottili cornici e ghirlande sorrette da esili candelabra è ottenuta incidendo sull'intonaco plastico con punte sottili a disegnare l'arcata della ghirlanda e dipingendo in nero carbone con l'ausilio di righe o stecche le filettature che suggeriscono essenziali cornici. Col nero di tonalità fredda ed intensa vengono realizzate delle decorazioni ad ondine o spighette nell'arcata delle nicchie. Con un rosso morellone alcuni elementi geometrici o del tipo di ampolle che rappresentano le basi dei *candelabra*. Di rosso pure sono realizzati i tanti fiori in campo nella parete di fondo. Con terra verde alcune fogliette, di giallo alcuni elementi sulla mensola aggettante che separa orizzontalmente le pareti. Con blu egiziano vengono dipinti alcuni dettagli, quali le fogliette dei *candelabra*, il piccolo nastro con legature a fiocchetto nella ghirlanda, il contorno o disegno preparatorio dei piccoli uccelli nella parete di fondo del tempio (figg. 6-9).

L'indagine VIL (Visible Induced Luminescence) enfatizza la presenza residuale del blu egizio qui con molta probabilità steso a secco e talvolta come l'osservazione al microscopio farebbe ipotizzare in mescolanza con la terra verde. Si tratta di una tecnica di rilevamento non invasiva che intercetta particelle di blu egizio anche non visibili nel reale [20].

Il blu egizio è un pigmento artificiale dalla tecnologia di produzione molto antica. Il prodotto finale del processo produttivo è un silicato di rame e calcio corrispondente al minerale cuprorivaite. Largamente diffuso nell'area mesopotamica, egiziana e romana. Numerose fonti antiche ne parlano da Teofrasto a Plinio e Vitruvio. A Roma viene commercializzato il Vestoriano, prodotto a Pozzuoli da un certo Vestorius. E' un composto cristallino, dovrebbe essere macinato piuttosto grossolanamente per non perdere l'intensità di tono. La macinatura avveniva per pestatura e non doveva comportare la setacciatura, significa che i granuli dovevano avere dimensioni diversificate. Il pigmento era prodotto artificialmente riscaldando ad alta temperatura rame o minerali di rame insieme a sabbia silicea e carbonato di calcio, questa miscela non diventava vetro grazie alla componente carbonatica in eccesso. La tecnologia di produzione sembra vada perdendosi nel corso del Medio Evo, ma numerose sono le evidenze del suo utilizzo, reperito forse come materiale di riuso, e rintracciato per quanto noto sino in letteratura sino al XVI secolo.



Figura 6. Sepolcro VII, parete ovest (A.R. Rubino, C. Santangelo).

Figura 7. Sepolcro VII, parete est (A.R. Rubino, C. Santangelo).

Sperimentazioni applicative e proposte progettuali

Nel solco di questo percorso sulla conoscenza dei materiali del restauro si inserisce l'attuale ricerca in collaborazione con varie istituzioni universitarie. E' stata infatti eseguita una ragionata campagna di indagini non distruttive con strumentazione portatile XRF, condotta in parallelo con microprelievi per indagini stratigrafiche, finalizzati alla caratterizzazione dei materiali costitutivi e di restauro.

Rispetto agli esiti degli interventi conservativi storicizzati il "*cosa togliere e cosa mettere*" rappresenta una questione critico-metodologica sempre attuale che impone una riflessione deontologica sugli obiettivi ed i limiti del restauro.

Rispetto all'innovazione tecnologica la nostra ricerca converge sulla sperimentazione in laboratorio e sull'impiego *in situ* di classi di materiali inorganici di nuova generazione, che trovano impiego con sempre maggiore frequenza, grazie alla progettazione puntuale e mirata di specifici capitoli di restauro. L'impiego di

sistemi innovativi nanostrutturati fornisce un indiscutibile vantaggio sui prodotti tradizionali per il ristabilimento della coesione dei materiali costitutivi di dipinti murali e stucchi, lapidei naturali e derivati. Quindi a partire da costituenti carbonatici o silicatici, presenti nella tecnica esecutiva della pittura romana, possiamo attualmente pensare di trattare i diversi strati costitutivi di affreschi e stucchi con dispersioni contenenti particelle nanometriche di calce o di silice, con caratteristiche evidenti di compatibilità ed efficacia, dovute al processo di produzione nanotecnologico, nettamente superiori ai materiali tradizionali utilizzati a fini conservativi.

Un ulteriore fronte di ricerca che oltre a garantire la compatibilità si caratterizza per un basso impatto ambientale e per la salvaguardia degli operatori è quello dei bioformulati. Questi nuovi prodotti mutuati dalla *green technology* forniscono soluzioni per il controllo del biodeterioramento, la biopulitura ed il bioconsolidamento e potranno essere impiegati per la definizione di specifici protocolli operativi per interventi di restauro mirati e per una manutenzione programmata da svolgere estensivamente sul sito archeologico.

C. Giovannone, A.M. Marinelli



Figura 8. Sepolcro VII, parete nord (A.R. Rubino, C. Santangelo).

Figura 9. Sepolcro VII, parete est: la foto RTI evidenzia i segni delle *expolitiones* (A.R. Rubino, C. Santangelo).

NOTE

[1] Sulla via Ostiense si veda da ultimo Bisconti, Ferri 2018 con bibliografia precedente.

[2] Lugli 2019 e più recentemente Ramieri 1997.

[3] Borsari 1998.

[4] Lugli 1919.

[5] Lo studio antropologico dei reperti ossei, attualmente in corso nell'ambito di un progetto internazionale di ricerca realizzato in collaborazione con il CDL di Valencia e diretto dal prof. Llorenç Alapont, potrà fornire approfondite informazioni sulla composizione etnica, lo stato di salute e le condizioni di vita della popolazione sepolta nel sepolcreto.

[6] Filippi 2004.

[7] Sulle fonti d'archivio relative si veda Marcelli, Cicone 2019, c.s.

[8] Fra questi spicca un mosaico con raffigurazione di Europa su toro, pertinente ad un sepolcro di II secolo rinvenuto nell'area per la costruzione di laboratori AGIP su via Ostiense.

[9] Marcelli, Cicone 2019, c.s.

[10] Floriani Squarciapino 1953-1955 e Floriani Squarciapino 1955, pp. 109-115.

[11] Spizzichino *et al.* 2019.

[12] Oltre alle scriventi partecipano al progetto interdisciplinare ISCR: F. Aramini, M. Bartolini, A.R. Rubino, C. Santangelo. Inoltre sta collaborando a questa ricerca l'Università Palacký di Olomouc (prof. Karel Lemr, prof. Lukas Kucera e prof.ssa J. Michalcakova).

[13] Lugli 1919, pp. 314-315, fig.11.

[14] R. Bassotti, Relazione di restauro, 7-1-1983 (Sovrintendenza Capitolina, Servizio Coord. Monumenti antichi e aree archeologiche, Archivio Corrente).

[15] Lugli 1919, p.288.

[16] R. Bassotti, Relazione di restauro, 7-1-1983, nn. 5869-5876 (Sovrintendenza Capitolina, Servizio Coordinamento Monumenti antichi e aree archeologiche, Archivio Corrente).

[17] Sovrintendenza Capitolina, Servizio Coordinamento Monumenti antichi e aree archeologiche, Archivio Corrente.

[18] Si riporta il testo vitruviano nel commento di Mora, Mora, Philippot 1999, p. 109: "Una volta terminate le modanature, livellate energicamente le pareti con un primo strato di malta, (*parietes quam asperrime*

trullissentur) quando questo comincia ad asciugare (*supra trullissatione subarescente*) vi si applichino gli strati di malta a base di sabbia (*deformetur directiones harenati*) livellati in lunghezza con la cordicella, in altezza con il filo a piombo e negli angoli con la squadra. Così rettificato l'intonaco sarà pronto per la pittura (*sic emendata tectoriorum in picturis erit species*): quando comincerà ad asciugare applicatene un secondo, poi un terzo strato; più questa malta sarà solida meglio l'intonaco resisterà nel tempo (*ita cum fundatior erit cum harenato directura, eo firmior erit ad vetustatem soliditas tectorii*). Dopo aver applicato almeno tre strati di malta di sabbia, bisogna stendere gli strati di malta di polvere di marmo con i materiali mescolati in modo tale che la malta non si attacchi alla cazzuola e che il ferro esca libero e pulito dalla vasca della malta. Quando la malta di polvere di marmo comincia a seccare, se ne applichi un secondo strato più sottile. Quando questo sarà stato applicato e ben livellato applicate uno strato più sottile. Quando le pareti saranno state solidamente coperte con tre strati di sabbia e altrettanti di marmo, non potranno formarsi né crepe né altri difetti”.

[19] Mora, Mora, Philippot 1999, p.109: “[...] Pittura e rilievo sono strettamente legati in tutta la pittura murale romana. A volte come in alcune imitazioni del marmo del primo stile, l'intonaco stesso è lavorato in rilievo prima della presa per riprodurre i profili sporgenti degli elementi dell'apparato [...] Talvolta lo stucco è applicato e modellato sulla pittura, alla quale l'aderenza è favorita da uno schizzo fortemente inciso. L'interpenetrazione tra le due tecniche può diventare completa [...] con passaggi continui dal rilievo alla pittura e dalla pittura al rilievo; la qual cosa tecnicamente, si concepisce solo se le due tecniche si basano sull'impiego di uno stesso materiale di base [...]”.

[20] Aramini, Santopadre, Sidoti 2013.

BIBLIOGRAFIA

1. Aramini Fabio, Santopadre Paola, Sidoti Giancarlo, “L'identificazione del blu egiziano nelle sezioni stratigrafiche mediante fotoluminescenza”, in “*Bollettino ICR*”, Nuova Serie 27, 2013, pp. 20-24
2. Bisconti Fabrizio, Ferri Giovanna, “*La strada di Paolo. La via Ostiense dalle origini alla cristianizzazione*”, Esedra Editrice, Padova, 2018
3. Borsari Luigi, “*Delle scoperte avvenute tra il primo ed il quarto chilometro della via Ostiense*”, in “*Notizie degli Scavi di Antichità*”, 1898, pp. 185-191, 241-255, 450-455
4. Filippi Giorgio, “*La tomba di San Paolo e le fasi della Basilica tra il IV e il VII secolo. Primi risultati di indagini archeologiche e ricerche d'archivio*”, in “*Bollettino dei monumenti, musei e gallerie pontificie*”, XXIV, 2004, pp. 187-224
5. Floriani Squarciapino Maria, “*Pitture di una tomba sulla via Ostiense*”, in “*Bollettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*”, 1953-55, pp. 109-115
6. Floriani Squarciapino Maria, “*Il museo della via Ostiense*”, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma, 1955
1. Spizzichino Daniele, Leoni Gabriele, Puzzilli Luca Maria, Guerrieri Luca, Marcelli Marina, Carta Cristina, “*The 2016 October 30th earthquake effects on cultural heritage in Rome: The Necropoli Ostiense case study*”, in “*Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions*”, Silvestri & Moraci (Eds), Roma, 2019, pp. 5078-5085
2. Lugli Giuseppe, “*Via Ostiense: scavo di un sepolcreto romano presso la Basilica di S. Paolo*”, in “*Notizie degli Scavi di Antichità*”, 1919, pp. 285-354
3. Marcelli Marina, Ciccone Chiara, “*Tombe romane presso la Rupe di S. Paolo. Rilievi archeologici e analisi delle strutture (Municipio VIII)*”, in “*Bollettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*”, 2019, in c.s.
4. Mora Paolo, Mora Laura, Philippot Paul, “*La conservazione delle pitture murali*”, Editrice Compositori srl, Bologna, 1999
5. Ramieri Anna Maria, “*Via delle Sette Chiese e il Sepolcreto della via Ostiense*”, in Guarrera Gabriele Maria, “*Via delle Sette Chiese in Roma*”, Gangemi editore, Roma, 1997, pp. 37-39

INDAGINI DIAGNOSTICHE PROPEDEUTICHE AL RESTAURO DELLA SALA DEI VENTI DI PALAZZO DEI NORMANNI A PALERMO

Maria Francesca Alberghina*, Bartolomeo Megna, Salvatore Schiavone*, Pasquale Riggio*****

*Libero professionista, S.T.Art-Test, via Stovigliai 88, 93015, Niscemi (CL), 3477141274, info@start-test.it

**Ricercatore, Università degli studi di Palermo, Dipartimento di Ingegneria, Viale delle Scienze, ed. 6, 90128, Palermo, 3336243062, bartolomeo.megna@unipa.it

*** Architetto presso Ufficio Tecnico per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro dell'Assemblea Regionale Siciliana, Piazza Parlamento 1, Palermo, priggio@ars.sicilia.it

Abstract

La Sala dei Venti è uno dei più suggestivi luoghi del Palazzo dei Normanni a Palermo, si tratta di una struttura sita all'interno della Gioaria, una torre medievale dell'originale nucleo arabo-normanno, antistante la Sala di Ruggero, coperta da un soffitto ligneo dipinto, risalente al XVIII secolo, al centro del quale campeggia una rosa dei Venti che dà il nome all'ambiente. Le porzioni superiori delle pareti e la copertura, soggette nel tempo a numerosi restauri e rifacimenti, presentano una ricca decorazione dipinta suddivisa in tre livelli: quello superiore costituito dal soffitto dipinto (parzialmente incamottato); quello intermedio costituito dai dipinti murali con decorazioni a finto marmo; il livello inferiore costituito da dipinti murali con decorazione a finto mosaico su fondo argentato-dorato. Sfortunatamente grandi estensioni delle superfici decorate versano in cattive condizioni di conservazione, principalmente a causa di pregresse infiltrazioni d'acqua dal tetto, che hanno generato importanti dilavamenti degli strati pittorici e di preparazione, distacchi e cadute, soprattutto sul soffitto dipinto e su due delle quattro pareti decorate a finto mosaico.

Per salvaguardare questo patrimonio, l'Assemblea Regionale Siciliana (ARS) ha previsto un intervento di restauro, avendo efficacemente risolto il problema delle infiltrazioni con il rifacimento del sistema di copertura. Preliminarmente alla stesura del progetto di restauro, l'ARS ha avviato un sistematico studio diagnostico e conoscitivo dei materiali qui presentato. Sono state quindi eseguite indagini non invasive e non distruttive *in situ* e indagini micro-distruttive su campioni prelevati *ad hoc* volte a definire la composizione materiale e i fenomeni di degrado in atto, dovuti sia alle condizioni termoigrometriche non favorevoli, all'invecchiamento dei materiali e alle pregresse intese infiltrazioni delle acque piovane.

L'osservazione preliminare e l'indagine termografica hanno confermato l'assenza in atto di infiltrazioni d'acqua, definitivamente risolte dalla nuova copertura, e di fenomeni di condensa sulle superfici dipinte, anche grazie alla presenza di griglie di aerazione su più livelli. Inoltre, l'incrocio dei dati termografici e quelli dei rilievi tramite pacometro ed endoscopia ha messo in evidenza la struttura del tetto e permesso di individuare i sistemi di connessione tra le tavole. Le indagini XRF, Raman e FT-IR hanno portato all'identificare dei materiali pittorici, originali e di restauro. Il riconoscimento dei pigmenti ha fornito un supporto per la datazione indiretta delle fasi originali e dei successivi interventi. Le ridipinture sono a base di una resina alchidica, identificata in GC-MS. Le stesure pittoriche originali del soffitto ligneo sono risultate essere a base di una tempera a uovo, applicata su uno strato di preparazione a gesso e colla animale; le dorature sono in foglia d'oro. Anche le specie lignee e le fibre tessili dell'incamottatura sono state identificate. Lo studio del livello intermedio a finto marmo ha evidenziato la presenza di decori geometrici in buono stato di conservazione occultati da fasce di carta con stesura grigio-bianca a base di bianco di titanio intervallate da cornici lignee a falso oro. Infine, per i dipinti murali del terzo livello, le indagini hanno evidenziato la presenza di una diversa stratigrafia ed in particolare di uno strato bituminoso presente al di sotto dello strato pittorico nelle porzioni più degradate. L'indagine di fluorescenza UV e FT-IR ha localizzato e identificato, su alcune superfici, la presenza diffusa di una resina chetonica di restauro in corrispondenza di una parete che mostrava un peculiare fenomeno di cretatura.

Le indagini, che costituiscono ad oggi il primo studio scientifico sui materiali degli apparati decorativi della Sala dei Venti, hanno permesso di ricavare informazioni utili per la programmazione dell'intervento di restauro, ma anche per la ricostruzione degli interventi pregressi e delle fasi cronologiche di realizzazione dell'opera.

Introduzione

Il nucleo originario del Palazzo reale di Palermo [1], risale all'epoca dei Normanni e risulta evidente la sua impostazione residenziale nella zona detta la Gioaria, di cui fanno parte alcuni ambienti di gusto arabo: la Sala degli armigeri, la Stanza di Ruggero e l'attuale Sala dei Venti, oggetto di interesse del presente lavoro. Quest'ultima consiste di un ambiente quadrato, originariamente una cappella dedicata a Santa Maria Superiore e risalente al 1071, in cui quattro colonne reggono archi a sesto acuto su cui poggia l'apparato decorativo, che dal basso verso l'alto vede susseguirsi un livello di decorazione parietale a finto mosaico, un ambiente con finestre colorate risalente al XVI secolo e infine una copertura a legno dipinto settecentesca, al cui centro spicca una

Rosa dei Venti cui si deve l'attuale nome della Sala. La Sala è stata interessata da gravi infiltrazioni d'acqua che hanno causato ingenti danni al soffitto ligneo e alle decorazioni sottostanti. Per far fronte a questo problema la torre è stata oggetto di un intervento che ha portato alla costruzione di una nuova copertura, eseguita avendo cura di garantire una buona aerazione alla copertura lignea, fig. 1A, tanto che al momento delle indagini conoscitive non si sono riscontrate problematiche ascrivibili a fenomeni di condensa o di eccesso di umidità. Questo risultato è anche frutto della presenza di discontinuità nelle strutture di appoggio degli elementi lignei dipinti, fessure e distacchi che si è raccomandato di non stuccare nell'intervento di restauro, fig. 1B.

Nell'ambito del progetto di valorizzazione e conservazione del sito promosso e coordinato dall'Assemblea Regionale Siciliana (ARS), l'Ufficio tecnico ha previsto di svolgere indagini scientifiche preliminari alla progettazione dell'intervento di restauro, al fine di ottenere informazioni sui materiali originali e di restauro, gli agenti di degrado e approfondire le conoscenze sulle tecniche esecutive. Tali preziose superfici, infatti, non erano mai state precedentemente interessate da un approfondimento tecnico-materico.

Le indagini scientifiche pre-restauro sono state dunque programmate a seguito dei sopralluoghi preliminari tramite osservazione ravvicinata della struttura lignea di sostegno della copertura e degli strati pittorici applicati sia su tela (porzioni del soffitto incamottato) che direttamente su tavola e sulla superficie muraria.

Rispettando la successione dei livelli decorativi l'ambiente è stato suddiviso in tre livelli:

- *livello superiore*, costituito dal soffitto dipinto (parzialmente incamottato);
- *livello intermedio*, costituito dai dipinti murali con decorazioni a finto marmo;
- *livello inferiore*, costituito da dipinti murali con decorazione a finto mosaico su fondo argentato-dorato.

Prima di eseguire le indagini strumentali si è svolta un'attenta analisi preliminare, visiva e tattile degli ambienti, volta soprattutto a verificare che la succitata infiltrazione d'acqua dal tetto, cui sono ascrivibili i più evidenti fenomeni di degrado, fosse definitivamente risolta. La struttura lignea presenta estesi segni di degrado dovuti a biodeteriogeni (attacchi entomologico e fungino) ascrivibili ad un'infestazione non più in atto, che verrà nuovamente verificata al momento di attuazione dell'intervento di restauro. Inoltre, le infiltrazioni hanno causato anche fenomeni di dissesto della struttura a causa delle deformazioni indotte sul supporto ligneo che hanno causato disallineamenti tra elementi lignei, distacchi e fessure negli strati preparatori anche in presenza di incamottatura. Nei livelli inferiori si riscontrano cadute, sollevamenti, distacchi e perdite sia di strati pittorici che delle malte di sottofondo con la formazione di lacune e mancanze di varia entità, fig. 2.



Figura 1. A; Nuova copertura della Sala dei Venti, da notare il colmo con il sistema di aerazione a ventilazione naturale; B: distacchi presenti tra le travi di sostegno della struttura lignea.



Figure 2. Esempi dei degradi dell'apparato decorativo ligneo. A: mensola con evidenti pregresse deformazioni; B: caduta degli strati pittorici che mostrano l'incamottatura sottostante; C: perdita di strati pittorici applicati direttamente sul legno.



Figure 3. Esempi dei degradi dell'apparato decorativo a finto mosaico. A: cadute di pellicola pittorica e fenomeni di decoesione della malta sottostante; B: vista d'insieme dei degradi dell'apparato decorativo degradato; C: estesa crettatura della superficie pittorica in corrispondenza del leone e cadute dell'intero strato pittorico fino al supporto murario.

Nel livello intermedio, con le decorazioni a finto marmo intorno alle finestre, si riscontrano soprattutto fenomeni di degrado di minore entità, principalmente legati all'applicazione di strisce di carta colorata a tono neutro che coprono precedenti decorazioni a trama geometrica.

Il livello inferiore, con i decori a finto mosaico, presenta una situazione molto varia. In particolare due pareti su quattro presentano estesi fenomeni di degrado, con cadute sollevamenti ed estese crettature della superficie pittorica [2]. Inoltre, si riscontrano estese mancanze degli strati di malta sottostante che su due pareti presentano anche vari fenomeni di decoesione, fig. 3.

Sulla base della visione e dopo ~~contatti~~ confronti con l'Ufficio tecnico dell'ARS si sono concordate indagini finalizzate a:

- identificare le specie legnose costitutive;
- riconoscere la natura delle fibre della tela impiegata per l'incamottatura delle tavole lignee;
- identificare i pigmenti e i leganti degli strati pittorici, degli strati di preparazione e caratterizzare le malte sottostanti ai dipinti murali;
- verificare le condizioni di conservazione del supporto ligneo mediante un'estesa indagine visiva;
- localizzare e identificare le ridipinture e le vernici protettive;
- studiare la tecnica esecutiva e gli eventuali disegni preparatori;
- effettuare una ricerca speditiva di elementi metallici nell'impianto del soffitto ligneo.

Per ottenere tali informazioni ci si è avvalsi di diverse tecniche di indagine condotte sia *in situ* tramite strumentazione portatile sia su campioni prelevati *ad hoc* ed analizzati in laboratorio [3-6]:

- **indagine termografica**, per individuare discontinuità termiche, dovute a difetti o degradi della superficie e distacchi tra supporto e strati pittorici, che possano comprometterne l'integrità;
- **rilievo tramite pacometro**, per individuare e localizzare in maniera speditiva elementi metallici non a vista, e meglio comprendere la modalità realizzativa della struttura nella sua attuale configurazione;
- **ispezione tramite endoscopia** dell'intercapedine tra il soffitto ligneo dipinto e la copertura esterna per documentare lo stato di conservazione del retro delle tavole lignee;
- **riflettografia in infrarosso a immagine** (CCD, 1000 nm), per studiare la tecnica esecutiva e verificarne l'omogeneità, il disegno preparatorio, ove presente, pentimenti o variazioni apportati in fase di esecuzione e particolari iconografici non più apprezzabili ad occhio nudo;
- **fluorescenza visibile indotta da illuminazione ultravioletta**, per localizzare eventuali ridipinture, valutare lo stato di conservazione delle stesure pittoriche, delle vernici e di materiali costitutivi degli elementi decorativi di altra tipologia, o per individuare tracce di pregressi interventi di restauro;
- **analisi in fluorescenza a raggi X (XRF)**, eseguita su aree campione selezionate sulla base delle informazioni ottenute dall'ispezione sotto illuminazione UV, per l'identificazione dei materiali originali di natura inorganica ed eventuali elementi chimici *marker* per riconoscere pigmenti o fornire informazioni di datazione indiretta;
- **analisi in spettroscopia Raman** sia *in situ* sia su campioni prelevati *ad hoc* per identificare pigmenti e costituenti mineralogici delle malte di sottofondo;
- **analisi in spettroscopia FT-IR**, effettuata sulle diverse tipologie di dipinto per l'identificazione preliminare dei leganti su campioni prelevati anche sulla base dell'osservazione in fluorescenza UV;
- **osservazione al microscopio ottico digitale:**
 - *in situ* in luce visibile e ultravioletta, per documentare le diverse tipologie di superfici decorate, valutandone la morfologia, l'uniformità, la sovrapposizione tra stesure contigue, e infine la morfologia delle crettature;

- o in luce trasmessa, sia su **frammenti lignei** per identificare la specie costitutiva dei diversi elementi costitutivi del soffitto, sia su campioni dall'incamottatura (dal tetto piano e dalle falde) per l'identificazione dei tessuti impiegati, sia infine per lo studio petrografico delle malte di supporto dei dipinti murali;
- **analisi in cromatografia ionica (CI)** sui campioni di malta per l'identificazione dei sali solubili (specie cationiche e anioniche);
- **analisi SEM-EDS** per l'analisi chimica delle malte (legante e inerti) e lo studio compositivo delle stratigrafie pittoriche.

Risultati e discussione

Le indagini diagnostiche condotte per la caratterizzazione dei materiali originali o di restauro [7, 8] e per la valutazione dello stato di conservazione degli apparati decorativi della Sala dei Venti nel Palazzo Reale (Palermo) hanno restituito importanti informazioni propedeutiche alla definizione del progetto di restauro delle superfici pittoriche e dei supporti su cui le stesse insistono. Per chiarezza espositiva si è scelto di riassumere i risultati principali suddividendoli per ciascun livello dell'apparato decorativo.

Livello superiore. L'integrazione dei risultati diagnostici restituiti dall'ispezione termografica, pacometrica e endoscopica sul soffitto ligneo dipinto ha evidenziato i punti di ancoraggio e giunzione delle tavole alla struttura di copertura della Sala. Le mensole dipinte e in parte decorate con elementi a bassorilievo sono costruite assemblando le tavole esterne tramite travi lignee poste trasversalmente all'interno e alle quali sono fissate con chiodi, evidenziando che anche le travi non hanno una funzione portante neanche della copertura.

Il tetto piano è costituito da tavole assemblate tramite tre assi che corrono perpendicolarmente alla loro direzione. Le immagini termografiche hanno reso inoltre evidente che non si tratta di tavole uniche per l'intera estensione ma di più pezzi accostati e fissati solidalmente alle travi lignee sovrastanti. Misure di contenuto di umidità hanno evidenziato che le pregresse infiltrazioni di acqua dal tetto sono attualmente risolte.

In molti punti della superficie a falde dipinta sono visibili viti applicate, direttamente sulla stesura pittorica su tela, in occasione dei lavori di rifacimento della nuova copertura.

Sia il tetto piano che le tavole delle quattro falde sono rivestite da una tela di lino (incamottatura) successivamente preparata a gesso e colla animale, come verificato dall'analisi FT-IR, e quindi dipinta. Solo le mensole dei quattro angolari presentano una diversa stratigrafia con gli strati pittorici eseguiti direttamente sul legno con una preparazione, anche in questo caso, a gesso e colla.

Le pregresse infiltrazioni d'acqua dal soffitto hanno generato dunque un grave dilavamento degli strati pittorici e della preparazione e, lungo le giunzioni tra le tavole, in molti casi si osservano lacerazioni della tela a seguito dei movimenti degli elementi lignei innescati dall'eccesso d'acqua.

Gli elementi lignei dell'apparato decorativo, tavole, travi struttura delle finestre, sono costituite da tavole di abete rosso, *Picea Abies*, K., una specie di importazione, non presente nel territorio siciliano, mentre le travi orizzontali alla base del soffitto sono in legno di quercia, *Quercus sp.*, fig. 4 [9, 10].

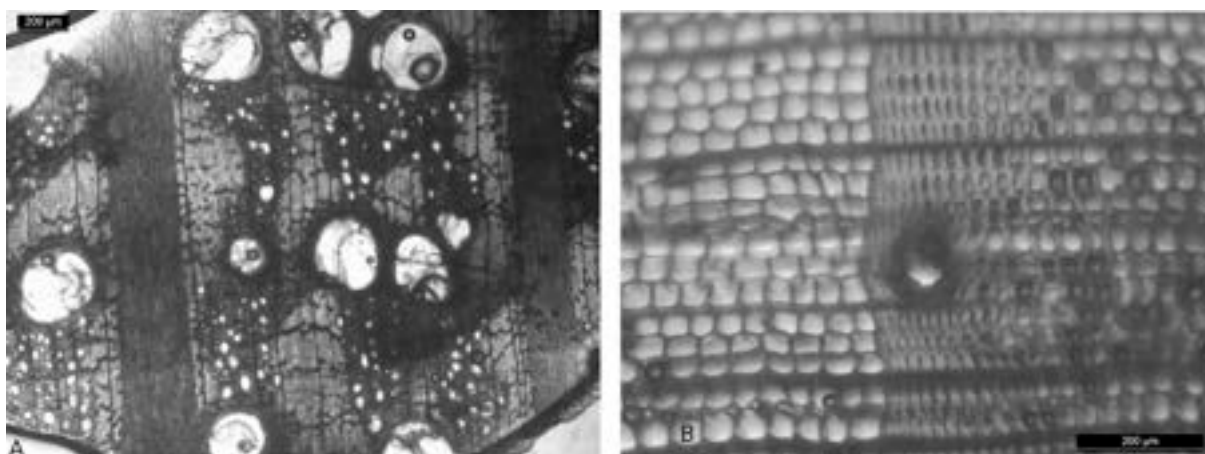


Figure 4. Sezioni trasversali delle due specie lignee riscontrate: A: *Quercus sp.*; B: *Picea Abies*.

La termografia eseguita su tutta la superficie lignea interna non ha mostrato evidenze di fenomeni evaporativi in atto, confermando che i danni da infiltrazione sono da attribuire a eventi pregressi e non in atto al momento delle indagini (giugno-luglio 2018). Questa informazione è di grande interesse perché evidenzia soprattutto che il sistema di aerazione progettato nella nuova copertura è efficace nello scongiurare la formazione di condensa

sulle strutture lignee. Inoltre, le immagini termografiche eseguite nelle ore serali sulle superfici esterne della struttura di copertura evidenziano il rilascio del calore sia in corrispondenza delle bocchette di areazione sia tra le giunzioni delle tavole non perfettamente isolate.

L'ispezione tramite endoscopia dell'intercapedine tra il tetto piano e il sistema di copertura ha permesso di verificare un buono stato di conservazione del tavolato interno: limitatamente all'area osservabile dal foro centrale utilizzato per l'accesso della fibra ottica non sono state riscontrate fratture, fori di sfarfallamento, evidenze di muffe o degradi di altro genere.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei materiali costituenti le stesure pittoriche del soffitto ligneo, le analisi di tipo spettroscopico (XRF, Raman e FT-IR), oltre a caratterizzare lo strato di preparazione come gesso e colla animale, hanno rivelato la presenza dei seguenti pigmenti: verde e azzurri a base di rame, cinabro, ocra rossa, bianco di piombo e ocre (gialla e rossa) e calcite. In corrispondenza delle integrazioni pittoriche delle mensole è stato riscontrato un pigmento verde-azzurro a base di rame e arsenico da ricondurre ad una integrazione/rifacimento di un passato restauro (non precedente alla seconda metà dell'ottocento). Le dorature sono realizzate a foglia d'oro su preparazione a calcite in miscela o sovrapposizione con piccole quantità di piombo e ferro. Le analisi chimiche hanno confermato le diverse tipologie di pigmenti bianchi (biacca, calcite e gesso) evidenziate dall'imaging di fluorescenza UV, sia sulle superfici verticali che sulle mensole.

L'analisi in FT-IR ha identificato tempera a base d'uovo [11, 12] per le stesure originali e la presenza di una resina di restauro (o protettivo e legante dei materiali utilizzati per i ritocchi/integrazioni) come verificato dall'approfondimento eseguito al GC-MS sia su campioni prelevati delle falde che delle tavole di cornice alle finestre. Dai prodotti di pirolisi ottenuti si può dedurre la presenza di una pittura a base di resina alchidica modificata con acido benzoico. L'utilizzo di tale resine per la produzione di pitture e vernici è iniziato nel 1930. Le resine alchidiche sono state per oltre 50 anni il componente fondamentale delle pitture e vernici. Il pirogramma inoltre mostra la presenza di poli iso-butil metacrilato (piBMA) noto anche come Paraloid B67 usato presumibilmente come per consolidare/proteggere la superficie [13].

La riflettografia infrarossa ha confermato l'impiego della tecnica dello spolvero per il trasporto del disegno, l'impiego della stessa tecnica di doratura omogenea su tutte le aree indagate e l'assenza di estese aree di integrazioni o rifacimenti ma solo ritocchi (si tratta probabilmente di stesure a velatura applicate nel corso degli interventi di restauro pregressi).

Livello Intermedio. I dipinti murali del secondo livello costituiti da stesure pittoriche bianco-grigie, con motivi che simulano lastre marmoree, presentano solo sulla parete ovest uno strato di preparazione rosso-arancio al di sotto della stesura pittorica bianco-grigiastra. Le fasce bianche realizzate con materiale cartaceo, che delimitano sia verticalmente che orizzontalmente le campiture a finto marmo, risultano, in vari punti, interessate da distacchi e strappi che lasciano intravedere al di sotto di queste la decorazione murale sottostante. Inoltre, le campiture sono intervallate da cornici lignee dorate. Le analisi XRF hanno fornito informazioni sulla preliminare identificazione chimica dei materiali pittorici costituenti le tre tipologie di superfici osservate in questo livello della Sala dei Venti. Lo strato pittorico bianco grigio dei dipinti a finto marmo e la preparazione rossa sono entrambi caratterizzati da un elevato contenuto di piombo. La stesura superficiale bianca presenta anche bario e zinco, quella rossa basse quantità di mercurio. Si ipotizza dunque l'impiego di bianco di piombo, bianco di zinco e bianco di bario per la stesura pittorica superficiale e minio in miscela con minime quantità di cinabro per la preparazione rosso-arancio. L'analisi Raman [14-16] conferma l'impiego del Minio, Pb_3O_4 , del cinabro, HgS , e dell'ocra rossa, Fe_2O_3 nella miscela pittorica rossa. La stesura dorata delle cornici, caratterizzata da alterazioni cromatiche verdastre, è stata eseguita con polveri metalliche (rame e zinco; tecnica a "falso oro") su una preparazione a gesso. Infine, l'intonaco bianco steso sulle strisce di materiale cartaceo è a base di bianco di titanio. La presenza di questo pigmento (TiO_2) costituisce un termine *post quem* per una datazione relativa di un intervento di restauro da collocare cronologicamente dopo gli anni '20 del XX secolo [8].

Livello inferiore. Il terzo e ultimo livello degli apparati decorativi della Sala dei Venti mostra evidenze di un avanzato degrado delle stesure pittoriche (estese cadute di colore e degli strati sottostanti fino alla malta, distacchi e sollevamenti) su due delle quattro pareti: si tratta di alcune porzioni delle pareti denominate B e C, rispettivamente raffiguranti arcieri e leoni, e pavoni e cigni (Fig. 5).

Nell'angolo nord-est della decorazione parietali che si presenta maggiormente degradato (angolo opposto a quello dell'attuale ingresso) sia a una osservazione ravvicinata che successivamente grazie all'approfondito studio in sezione sottile e lucida, è stata documentata una diversa successione stratigrafica costituita da strati di preparazione (bruno-rosato e nero) che si alternano e sui quali è applicata un'imprimatura e infine la stesura pittorica (Fig. 6).

Al contrario nella restante parte dei dipinti è stata osservata una stratigrafia semplice: lo strato pittorico (strato di colore e imprimatura) è steso su una preparazione a gesso, con una sottile stesura rossa data apparentemente a pennello, applicata al di sopra della malta. Questa diversa tipologia costruttiva è da correlare con molta

probabilità alle cause del diverso stato di conservazione, profondamente alterato per i dipinti murali che presentano la preparazione multistrato.

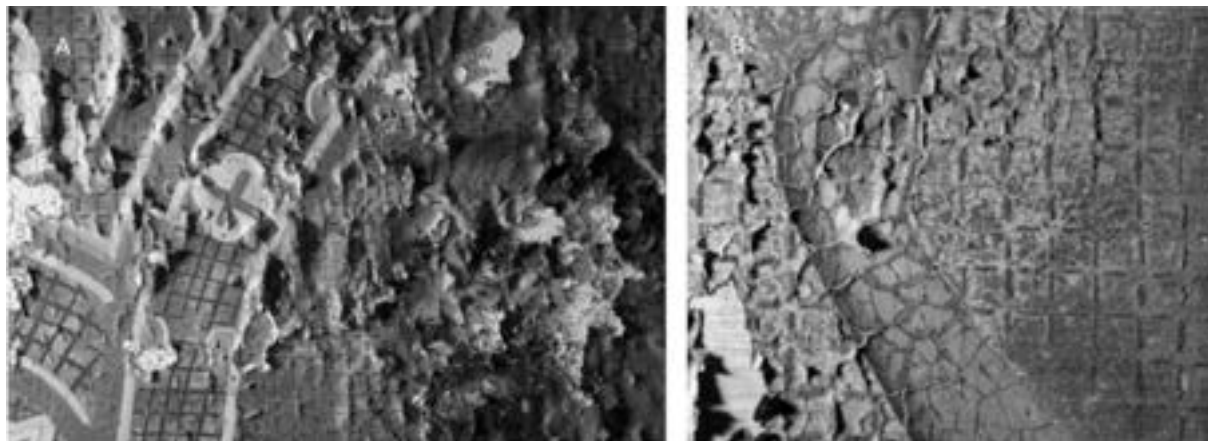


Figure 5. Macrofotografia in luce radente dei dipinti murali. A: in prossimità del leone della parete B; B: dettaglio del pavone della parete C.

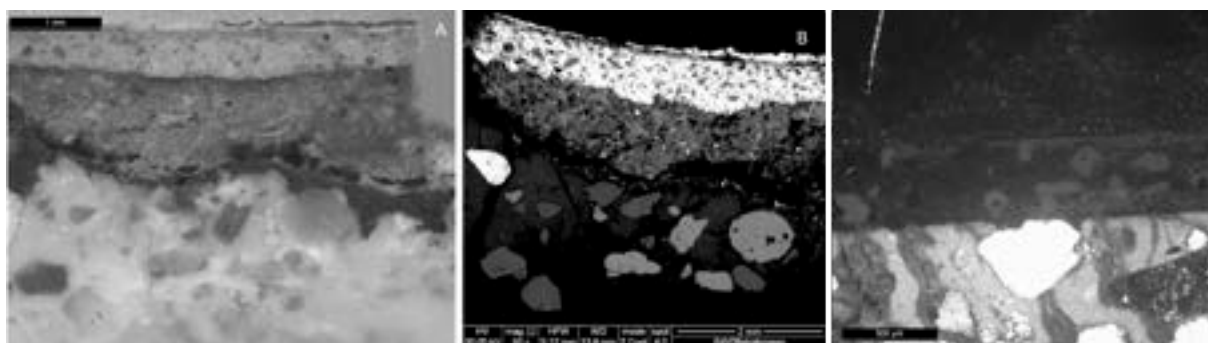


Figura 6. Campione SdV08 caratterizzato da complessa stratigrafia. A: Micrografia della sezione lucida, al di sotto dello strato giallo, si osserva la presenza di uno strato rosso continuo e al di sotto dello stesso si osserva la presenza dello strato nero. B Microfotografia SEM dello stesso campione in modalità BSE, da notare come lo strato nero appaia molto scuro al SEM a causa della composizione organica; C sezione sottile di un frammento del campione, lo strato nero amorfo, risulta poco brillante.

Le analisi chimiche in spettroscopia FT-IR hanno evidenziato, infatti, che lo strato nero riscontrato solo nella porzione dell'angolo nord-est è costituito da un materiale ricco di idrocarburi insaturi probabilmente riferibile a un bitume utilizzato come impermeabilizzante necessario per isolare quella specifica porzione di muratura per esigenze non attualmente comprensibili (Fig. 7).

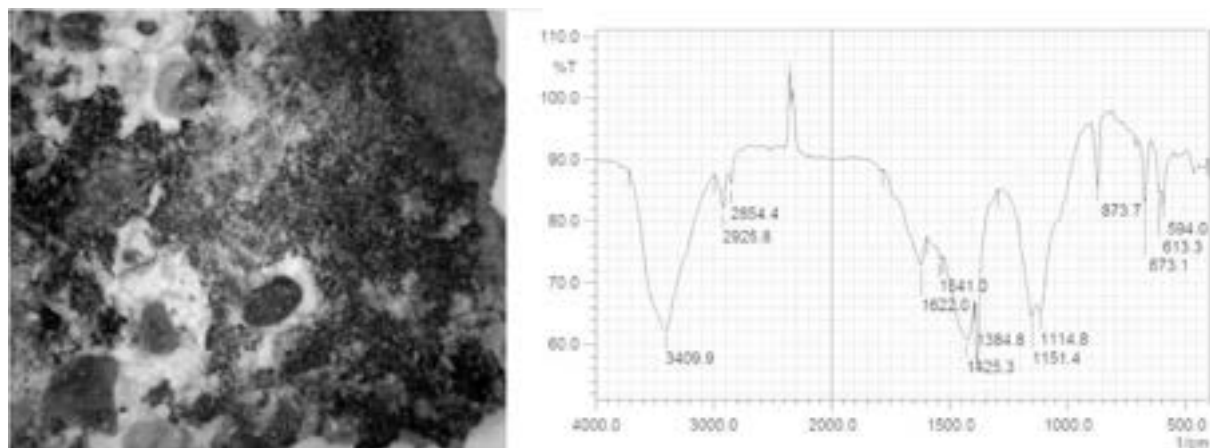


Figura 7. Microfotografia del retro del campione SdV_C19 e spettro FT-IR dello strato nero individuato tra la malta e la preparazione rosata.

Molte delle raffigurazioni delle due pareti denominate B e C, a differenza della restante parte osservata, è caratterizzata da un cretto morfologicamente diverso generato dal ritiro per essiccazione dello strato superficiale differente da quello dell'imprimatura oleo-resinosa sottostante, particolarmente evidenziata in fluorescenza UV.

Anche dal punto di vista dei pigmenti sono state riscontrate differenze: le stesure pittoriche delle due pareti maggiormente degradate presentano in miscela oltre alla barite (bianco di bario) e bianco di piombo, anche il bianco di zinco (ZnO), pigmento bianco commercialmente disponibile per gli artisti dalla seconda metà del XIX secolo. In generale, le indagini chimiche hanno riscontrato l'impiego di bianco di piombo; minio; litargirio; ocre; Blu di Prussia - $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$, pigmento di sintesi inventato nel XVIII secolo; giallo di cromo (PbCrO_4 , disponibile dal XIX secolo); rosso di Marte (ematite artificiale) e il cinabro (HgS).

Il legante delle stesure pittoriche è stato analizzato sia in FTIR che Py-GC-MS, riscontrando l'impiego di un olio siccativo. Dai prodotti di pirolisi ottenuti si può dedurre che sia stato utilizzato un olio siccativo come legante identificato dalla presenza di acidi grassi dicarbossilici: come l'acido pimelico, suberico e azelaico che possono quindi essere considerati come marcatori per la presenza di un olio siccativo invecchiato. A conferma di ciò il rapporto tra le quantità di acido azelaico e palmitico (A/P) è preso come parametro per differenziare gli oli siccativi dai lipidi delle uova in campioni di vernice. I valori di $A/P > 1$, riscontrati nel pirogramma indicano un olio siccativo [17]. Il pirogramma inoltre mostra la presenza di cicloesanone e 2-metil cicloesanone che suggeriscono la presenza di una resina chetonica come legante di un colore utilizzato per il ritocco [18]. Infine, è stata rivelata la presenza di di-isotill ftalato, probabilmente un plastificante della resina stessa [19, 20].

Le malte sono caratterizzate da legante carbonatico (calcite magnesiacca) e inerti sia carbonatici sia quarzosi e un rapporto inerti/Legante/Pori quantificato per confronto ottico con sistemi di riferimento pari a ILP 60/30/10. Gli inerti sono costituiti principalmente da quarzite e quarzo monocristallino, e subordinatamente chert (SiO_2), scarso cocciopesto in subordine (circa il 10% degli aggregati) e pochi frammenti di calcare microspartito e un frammento di guscio di lamellibranco. La classazione granulometrica degli inerti è bassa, con un diametro prevalente intorno a 250 micron, e dimensioni massime di circa due millimetri. Su alcuni grani di cocciopesto si osserva la presenza di un orlo di reazione ad indicare che si tratta di cocciopesto reattivo aggiunto per migliorare le proprietà idrauliche della malta (Fig. 8). Il legante, a base di calce, ha un aspetto colloforme, con porosità principalmente da bollosità e qualche fessura da ritiro lungo cui si osservano microcristallizzazioni.

Infine, il contenuto di sali solubili, quantificato mediante cromatografia ionica è in generale molto basso. All'interno di valori comunque modesti si è evidenziato un valore relativamente più elevato per nitrati e cloruri nelle malte più superficiale, ad indicare una migrazione dei sali verso la superficie, verosimilmente al tempo delle infiltrazioni d'acqua dal tetto.

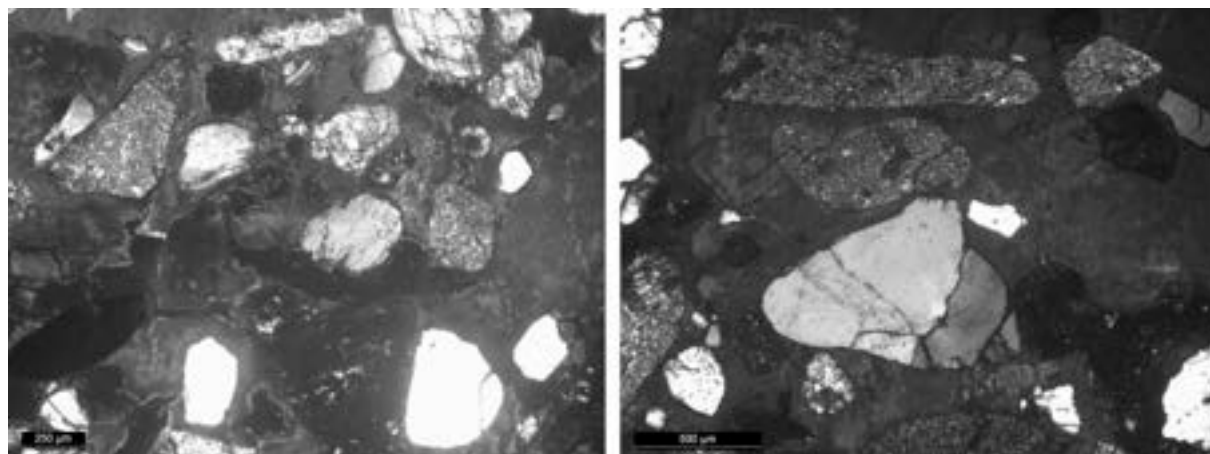


Figura 8. Immagini in XPL del campione SdV17

Conclusioni

Le indagini ad oggi condotte e qui presentate costituiscono il primo approfondimento scientifico sugli apparati decorativi della Sala dei Venti. L'indagine è stata finalizzata alla conoscenza dei materiali costitutivi dell'opera che è ben sintetizzata nella tabella 1. Oltre ai costituenti della pittura sono stati identificati e studiati i supporti e queste informazioni costituiranno la base per la progettazione dell'intervento di restauro a venire, visto che tra l'altro è stato possibile identificare alcuni dei materiali degli interventi di restauro effettuati in passato e di cui non è stata trovata traccia documentale. Oltre a fornire elementi di conoscenza materica dell'opera lo studio ha evidenziato le principali problematiche conservative.

Lo studio termografico ha evidenziato un intenso accumulo di calore nella parte sommitale della struttura che viene smaltito nelle ore notturne e suggerisce la necessità di implementare il sistema di ventilazione presente sul colmo della copertura con elementi forati nella parte alta delle finestre e ha permesso di suggerire di non effettuare stuccature sugli elementi lignei, onde non chiudere vie d'uscita per l'aria calda e umida che viene dal livello inferiore della sala [21].

Lo studio dei materiali costitutivi e dei fenomeni di degrado dell'apparato decorativo dei livelli inferiori ha evidenziato che su due pareti è presente uno strato di materiale bituminoso, probabilmente aggiunto nel corso di un intervento precedente, forse nel tentativo di impermeabilizzare il dipinto murale. Questo intervento è sicuramente una concausa dei fenomeni di degrado della muratura, che presenta forti distacchi in corrispondenza dello strato bituminoso. Infine, sono stati identificati i materiali soprammessi che hanno in parte contribuito alla formazione di degradi locali di cretatura e distacco. Queste informazioni, rese disponibili all'ARS mediante un dettagliato report scientifico, saranno fornite in fase di progettazione dell'intervento di restauro quando verrà emanato il bando di gara per l'esecuzione dei lavori. Per questa ragione il presente lavoro rappresenta un esempio lodevole di corretto approccio alla conservazione di un bene culturale da parte della Pubblica Amministrazione che, con sensibilità e attenzione, ha previsto di seguire l'iter progettuale che troppo spesso rimane solo nel campo delle intenzioni e non viene attuato.

Tabella 1. Materiali pittorici identificati

Livello	Preparazione	Pigmenti	Legante
Superiore	Gesso + colla animale	<u>Rossi</u> : cinabro, ocre rossa <u>Bianchi</u> (puri o in miscela): Gesso, calcite, idrocerrusite	Tempera a base d'uovo
	Calcite + biacca (imprimatura per le dorature)	<u>Verdi</u> : Verde a base di rame (malachite o verderame); Verde di Scheele (o Verde smeraldo) + lazurite (restauri) <u>Blu</u> : Azzurrite <u>Doratura</u> : Foglia d'oro	
Intermedio	Gesso	<u>Rossi</u> : cinabro, ocre rossa, minio <u>Bianchi</u> (puri o in miscela): barite, bianco di zinco, bianco di titanio (restauri) <u>Doratura</u> : polveri metalliche (Cu e Zn)	Non identificato
Inferiore	Gesso + calcite	<u>Rossi</u> : cinabro, minio, ematite <u>Bianchi</u> (puri o in miscela): bianco di zinco, barite, gesso, biacca	Olio siccativo
	Ematite (imprimatura rossa visibile in corrispondenza di cadute della pellicola pittorica)	<u>Verdi</u> : Giallo di cromo + Blu di Prussia <u>Blu</u> : Blu oltremare; Blu di Prussia (+ Nerofumo) <u>Doratura</u> : polveri d'argento <u>Gialli</u> : giallo di cromo, litargirio	

BIBLIOGRAFIA

1. D'Angelo Franco, Il Palazzo dei re normanni, Notiziario Archeologico Soprintendenza Palermo, n. 42/2019
2. P. Mora e L. Mora et al. *“La conservazione delle pitture murali”* (ICCRROM) Centre International pour la Conservation, a cura di BRESCIANI S.r.l., Ed. compositori, 1999.
3. Potts Philip J and West Margaret (Edited by), *“Portable X-ray Fluorescence Spectrometry. Capabilities for In Situ Analysis”*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2008.
4. Castellano Alfredo, Martini Marco, Sibilia Emanuela, *“Elementi di Archeometria: Metodi fisici per i beni culturali”*, Editore Egea, 2007.
5. Ludwig Nicola, *“Misurare l'arte. Tecniche di datazione e di imaging per i beni culturali”*, Editore Youcanprint, 2015.
6. Aldrovandi Alfredo, Picollo Marcello, *“Metodi di documentazione e indagini non invasive sui dipinti”*, Editore Il Prato, Padova, 2003
7. Matteini Mauro, Moles Arcangelo, *“La chimica nel restauro. I materiali dell'arte pittorica”*, Nardini Editore, 2007.
8. N. Bevilacqua et al, *“I pigmenti nell'arte dalla preistoria alla rivoluzione industriale”*, Collana i Talenti, Editore Il Prato, Padova, 2010.
9. Nardi, Berti, 2 ed. a cura di S. Berti, M. Fioravanti, N. Macchioni, *“La struttura anatomica del legno ed il riconoscimento dei legnami italiani di più corrente impiego”* CNR-Ivalsa, 2006
10. F. Schweingruber, *“Microscopic Wood Anatomy”*, Kessel Nobert, 1978
11. http://lisa.chem.ut.ee/IR_spectra/
12. M. R. Derrick, D. Stulik, J.M. Landy, *“Infrared spectroscopy in Conservation Science – Scientific tools for conservators”*, Getty Conservation Institute, 1999
13. Chiantore O., Lazzari M., Photo-oxidative stability of paraloid acrylic protective polymers, *Polymer* 42 (2001) 17–27
14. <http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/>
15. Bell, I.M., Clark R. J. H., Gibbs P. J., *“Raman Spectroscopic Library of Natural and Synthetic Pigments (pre- ~1850 AD)”*, *Spectrochimica Acta A*, 53A, 2159-2179 (1997)
16. <http://www.irug.org/search-spectral-database>
17. Colombini M. P., Andreotti A., Bonaduce I., Modugno F., Ribechini E., Analytical Strategies for Characterizing Organic Paint Media Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry, *ACCOUNTS OF CHEMICAL RESEARCH* Vol. 43, No. 6 June 2010 715-727
18. H. Mestdagh, C. Rolando, M. Sablier, *Characterization of Ketone Resin by Pyrolysis/Gas Chromatography/Mass spectrometry*, in *“Anal. Chem.”* 1992, 64, 2221-2226.
19. T. Learner, *“Analysis of Modern Paints”*, The Getty conservation institute, Los Angeles, 2004
20. Frank Cheng-Yu Wang, *“Polymer additive analysis by pyrolysis–gas chromatography”*, in *I. Plasticizers J. Chrom. A*, 883 (2000) 199–210
21. Bernardi Adriana, *“Conservare opere d'arte. Il microclima negli ambienti museali”*, Editore Il Prato, 2004

DOCUMENTARE GLI OGGETTI DI UNA MOSTRA: SCATTI FOTOGRAFICI E MODELLO 3D

Manuela Scavone*

*Ingegnere, Collaboratore ISCR – Progetto PON “Capolavori in 100 km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare”, Via Rifreddo, 85100, Potenza, 3891729721, manuela.scavone@hotmail.it

Abstract

La necessità di una documentazione corretta e al tempo stesso sostenibile in termini economici di manufatti di interesse artistico, e che sia di integrazione alle informazioni normalmente disponibili, talvolta incomplete, ha portato allo sviluppo di tecniche digitali speditive per il rilievo 3D. Con queste nuove tecnologie è possibile creare, in poco tempo, un vero e proprio clone dell’oggetto, dal quale si possono estrarre molte informazioni, anche per la valorizzazione e la salvaguardia dell’originale.

Questa tecnica, che rientra nel campo della *Computer Vision* e che deriva come evoluzione dalla fotogrammetria tradizionale, è basata su algoritmi di *Structure from Motion* (SfM). Il nome dà un’idea delle potenzialità: “*struttura dal movimento*”, movimento che si compie acquisendo immagini fotografiche dell’oggetto da diverse angolazioni. Acquisiti i *datasets* di immagini da diverse prospettive, si può ricostruire la tridimensionalità e la struttura degli oggetti.

Questa tecnica si è dimostrata un valido supporto per lo studio, la conoscenza e il monitoraggio delle opere, risultando estremamente dinamica ed efficace in quanto ha permesso rilievi tridimensionali ottenuti in tempi relativamente rapidi, con utilizzo di soluzioni *hardware* e *software low cost* ed *open source*, senza rinunciare all’accuratezza e alla qualità del risultato finale.

Accanto agli usi più comuni (documentazione, catalogazione, conservazione, supporto al restauro, divulgazione, valorizzazione) il modello 3D è risultato molto utile anche per una diversa applicazione: le mostre temporanee. La tecnologia impiegata può essere, infatti, di supporto fornendo, in tempi decisamente contenuti, i dati necessari sia per la progettazione di gusci ammortizzanti, sia per la scelta del materiale più idoneo in relazione al peso dell’oggetto, anch’esso ricavato dal modello 3D.

L’esperienza fatta nell’ambito della mostra *Die Etrusker* presso il *Badisches Landes Museum* di Karlsruhe e della mostra *Rinascimento visto da sud* di Palazzo Lanfranchi a Matera sono state le occasioni per sperimentare e verificare l’utilità di questa nuova metodologia di acquisizione 3D.

Introduzione

Il lavoro illustra le potenzialità delle tecniche di modellazione 3D che sono sempre più diffuse nel campo dei Beni Culturali, tanto che oggi la digitalizzazione 3D è diventata uno strumento essenziale nella maggior parte dei progetti di conoscenza, documentazione, studio, conservazione e restauro.

Come noto, i modelli 3D hanno caratteristiche metriche, per cui le misure possono essere usate per calcoli, documentazione, riproduzione e possono essere visualizzati su diversi dispositivi, creando un’immagine esatta dell’oggetto reale. Tuttavia, creare un modello tridimensionale non significa solo acquisire una serie di immagini dell’oggetto o produrre un’animazione con più scatti fotografici montati in sequenza; il modello è una rappresentazione digitale fedele e misurabile che riproduce esattamente le caratteristiche di forma, dimensione e colore dell’oggetto.

Il modello 3D rappresenta, quindi, uno strumento di conoscenza con molteplici potenzialità che vanno dalla catalogazione, allo studio dei particolari più piccoli dell’oggetto, utile anche ad un eventuale intervento di restauro, alla riproduzione di parti o dell’intero, senza necessità di fare un calco, fino al monitoraggio nel tempo dello stato di conservazione.

Nell’ambito del Progetto PON “Capolavori in 100 km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare” fin dall’inizio è stata data particolare attenzione alla sperimentazione della grafica 3D applicata ai beni culturali ed è stata portata avanti l’idea di fare un uso davvero integrato del modello 3D: sono stati elaborati modelli 3D ad alta risoluzione in occasione di mostre temporanee, ma anche di manufatti architettonici come le chiese rupestri della città di Matera.

In questo contributo si descrive la metodologia impiegata con la sequenza di passaggi seguiti per elaborare il modello 3D, partendo da fotografie; segue una panoramica di casi di studio elaborati.

Rilievo 3D e fotogrammetria

Per rappresentare correttamente un oggetto il modo migliore è il rilievo tridimensionale che consente di creare un modello identico metricamente all'oggetto originale e fotorealistico, caratterizzato da alta risoluzione ed accuratezza. La metodologia utilizzata è quella della fotogrammetria digitale automatica che permette di elaborare modelli, partendo da immagini bidimensionali. Si tratta di tecniche che rientrano nel campo della *computer vision* [1] e che rappresentano un'evoluzione della fotogrammetria tradizionale [2]. Definita come la scienza che permette di ottenere una misura accurata delle caratteristiche geometriche di un oggetto (dimensioni, forma e posizione) attraverso l'impiego di fotografie che lo inquadrano da posizioni differenti, la fotogrammetria è una tecnica di modellazione inversa che utilizza strumenti di rilevamento con sensori passivi (fotocamere digitali) e, partendo dal bene fisico, lo replica digitalmente producendone una copia digitale. Si parla comunemente di fotogrammetria automatica perché i processi sono automatizzati, a differenza della fotogrammetria tradizionale che richiedeva un intervento dell'operatore [3]. In definitiva, tale metodologia di elaborazione grafica consente di orientare un *dataset* di immagini, generare una nuvola di punti dell'oggetto e creare modelli tridimensionali. Mediante diversi algoritmi si calcola la posizione, l'orientamento della camera e la profondità dei punti di scatto, si genera una nuvola di punti (*points cloud*), una *mesh* e una *texture* del modello e i dati presi dalle immagini vengono trasformati in coordinate metriche 3D; ad essi vengono associate le informazioni sul colore e le foto hanno così tutte le informazioni per ricreare la geometria e la *texture* dell'oggetto.

Fondamentale è la fase di acquisizione delle fotografie che deve essere eseguita prevedendo un grado di sovrapposizione tra le immagini che garantisca una buona accuratezza e precisione del modello finale. La *pipeline* prevede 4 fasi distinte:

1. *Structure from motion* (SfM). È la fase fondamentale e più lunga in termini di tempi di elaborazione. Per ricostruire la tridimensionalità di una scena si ricostruisce la posizione di scatto delle singole fotografie (geometria di presa) e si individuano dei punti riconoscibili in 3 o più immagini che serviranno per creare la corrispondenza tra le immagini e collegarle tra loro. Da questi punti, con un procedimento di triangolazione fotogrammetrica, viene ricostruita la posizione di scatto e vengono ricavate le coordinate poi localizzate tridimensionalmente in una nuvola di punti a bassa densità (*sparse points cloud*). La nuvola di punti ottenuta viene infittita aumentando il numero di punti per avere una nuvola di punti densa su cui si basano le elaborazioni successive (fig. 1).



Figura 1. Posizione delle immagini scattate intorno all'oggetto

2. Costruzione della *mesh*. A partire dalla nuvola di punti viene ricostruita una superficie continua costituita da poligoni triangolari (*mesh*) i cui vertici sono descritti da coordinate tridimensionali x,y,z.
3. Creazione della *texture*. La *mesh* di base non possiede l'attributo del colore che viene assegnato utilizzando le immagini di partenza le quali vengono proiettate sui poligoni. Dalle foto iniziali si crea una nuova immagine quadrata, la *texture* (una sorta di mosaico di tutte le foto), che va a ricoprire la *mesh*. Questo metodo (*texture mapping*) consente di avere la stessa qualità e risoluzione delle fotografie iniziali (fig. 2).



Figura 2. Nuvola di punti sparsa (*sparse points cloud*), nuvola di punti densa (*dense points cloud*) e *mesh* triangolare

4. Scalatura. Al termine delle precedenti fasi, il modello è geometricamente corretto, ma non in scala e per effettuare misure di precisione deve essere portato alle dimensioni reali utilizzando una distanza di riferimento all'interno della scena 3D ricostruita.

Le mostre temporanee

La metodologia appena descritta è stata sperimentata per il rilievo di opere appartenenti alle mostre temporanee *Die Etrusker* presso il *Badisches Landes Museum* di Karlsruhe e *Rinascimento visto da sud* di Palazzo Lanfranchi a Matera (figg. 3-4).



Figure 3-4. Mostra *Die Etrusker* del *Badishes Landes Museum* e *Rinascimento visto da sud* di Palazzo Lanfranchi

Si è scelto di utilizzare la tecnica della fotogrammetria digitale, che con una fotocamera reflex digitale e un software specifico basato su algoritmi di *Structure from motion* (SfM) ha permesso di ricostruire la forma degli oggetti attraverso la collimazione automatica di punti da un set di foto opportunamente acquisite.

La scelta è stata fatta in base alle indicazioni progettuali che richiedevano modelli 3D a scopo divulgativo e di documentazione e rapidità di esecuzione; i modelli digitali ottenuti hanno un buon livello di definizione e risoluzione che ne consente anche un utilizzo più ampio oltre alla semplice visualizzazione.

Mostra *Die Etrusker*, *Badishes Landes Museum* di Karlsruhe

Nell'ambito della mostra *Die Etrusker* sono state selezionate alcune opere provenienti da musei italiani che per tipologia e materiale, costituissero un campione rappresentativo degli oggetti conservati nei musei della Basilicata (tab. 1); per queste opere sono stati elaborati i modelli 3D ad alta risoluzione ed è stato sperimentato il nuovo sistema di monitoraggio del trasporto.

In particolare sono stati elaborati i modelli delle seguenti opere:

	Hydria	Roma Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia	Terracotta Altezza: 44 cm Base: 43 cm max Diametro: 22.8 cm
	Lastra con guerriero	Cerveteri Museo Nazionale Archeologico Cerite	Terracotta Altezza: 81.5 cm Larghezza: 53.5 cm Spessore: 3 cm
	Antefissa con Sileno e Menade	SABAP per l'area metropolitana di Roma, la provincia di Viterbo e l'Etruria meridionale	Terracotta Altezza: 54.6 cm Larghezza: 32.5 cm
	Testa di Hermes	Roma Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia	Terracotta Altezza: 41 cm Larghezza: 34 cm
	Sima	Santa Marinella Antiquarium Archeologico di Pyrgi	Terracotta Altezza: 46 cm Larghezza: 57 cm

Tabella 1. Gli oggetti della mostra *Die Etrusker* selezionati per le riprese 3D

Per una maggiore comprensione del processo e per descrivere strumenti e fasi di lavoro, dall'acquisizione alla restituzione dei modelli, si riportano gli esempi pratici in parallelo alla trattazione teorica.

Il punto di partenza è stato il rilievo fotografico. Per ottenere un buon modello 3D, è stato esaminato con cura il set di lavoro per scattare nelle migliori condizioni possibili (figg. 5-6).



Figure 5-6. Fase di acquisizione dei *datasets* fotografici

Durante le sessioni di rilievo svolte presso il *Badishes Landes Museum* le opere non sempre potevano essere spostate, specialmente nel caso di alcune statue (Testa di Hermes), poiché le dimensioni non lo consentivano o perché erano fissate a muro o su supporti. Al contrario per le opere di dimensioni contenute è stato possibile allestire un *set* fotografico per effettuare il rilievo. Per le riprese è stata utilizzata una fotocamera reflex Nikon D5300 oltre a essenziali oggetti come un tavolo d'appoggio, pannelli di sfondo e proiettori di luce orientabili.

In fase di acquisizione si è tenuto conto del particolare oggetto ripreso; il numero di foto scattate è infatti variabile in base alla morfologia, ma in tutti i casi sono stati effettuati giri di scatti intorno all'oggetto e ad altezze diverse, facendo attenzione ad inquadrare punti in comune in modo che l'algoritmo di allineamento li riconoscesse.

Nel caso di opere con particolari lavorazioni, dettagli e bassorilievi articolati (Antefissa con Sileno e Menade, Testa di Hermes e Sima) sono stati aggiunti ulteriori scatti per riprendere le zone di sottosquadro. Le modalità di ripresa, quindi, sono state definite in base alla forma dell'oggetto nella sua interezza.

È stato poi considerato il fattore luce in quanto una non corretta esposizione avrebbe compromesso il modello finale. Per alcune opere è stato più difficile riuscire ad ottenere condizioni di luce ottimali e per questo sono stati utilizzati appositi riflettori mobili opportunamente sistemati per ammorbidire le ombre sull'oggetto.

Per una buona riuscita del rilievo, le prime acquisizioni sono servite per definire le corrette impostazioni della camera [4]. Si è scelto di usare solo obbiettivo ad ottica fissa con valori di lunghezza focale da 18 a 50 mm per poter avvicinare molto gli oggetti ed evitare che durante gli scatti la ghiera di zoom andasse a modificare la grandezza di campo. Il bilanciamento del bianco è stato impostato su automatico in modo da poter scattare velocemente ed ottenere la migliore resa cromatica nonostante le variazioni di luce.

Per garantire velocità di scatto, anche il fuoco è stato impostato su automatico e la modalità manuale è stata utilizzata solo per motivi particolari. Infine, le fotografie sono state scattate con ISO impostato su valori tra 100 e 800, compatibilmente con le condizioni di illuminazione della scena e per evitare “rumori” nell'immagine.

Il processamento delle immagini è stato effettuato con *software* specifico che prevede una sequenza di operazioni automatiche per l'orientamento delle immagini e il calcolo del modello 3D.

Per l'elaborazione del modello dell'Hydria è stato acquisito un dataset di 311 immagini (tempo di acquisizione di circa 45 minuti) al fine di garantire la massima sovrapposizione tra scatti successivi e fornire al *software* il più alto numero di informazioni per assicurare un corretto allineamento tra le fotografie. A seguito di selezione le immagini sono state importate in formato .jpg procedendo con l'allineamento che ha ricostruito la posizione di scatto della camera rispetto all'oggetto fotografato. La fase successiva è stata la creazione della nuvola di punti: nel caso dell'Hydria, ottenuto un soddisfacente allineamento (tempo di elaborazione 8 ore e 51 minuti), dai 311 fotogrammi è stata estratta una nuvola grezza di 43.668 punti ed una densa di 23.538.565 punti. Dalla nuvola di punti è stata costruita la *mesh* poligonale, la cui qualità è stata impostata alta, in modo da poter ottenere una geometria definita e dettagliata e avere un'elevata risoluzione del modello. La *mesh* continua dell'Hydria, interpolando i punti omologhi riconosciuti sulle foto, è costituita da 2.957.402 facce e 1.480.771 vertici. Infine è stata mappata la *texture* proiettando sulla geometria tridimensionale l'immagine reale. Ottenuto il modello *texturizzato* è stata condotta una fase di *editing* per eliminare eventuali parti non appartenenti al modello e per correggere buchi e lacune presenti e rendere completo il modello finale (fig. 7).



Figura 7. Hydria: nuvola di punti sparsa e densa, *solid mesh* e modello texturizzato

Analogamente, nel caso della Lastra con guerriero sono state acquisite 219 immagini (tempo di acquisizione 30 minuti) perfettamente allineate (tempo di elaborazione 3 ore). Dai 219 fotogrammi è stata estratta una nuvola grezza di 577.129 punti ed una densa di 14.910.200 punti ed è stata creata la *mesh* costituita da 2.999.935 facce e 1.505.076 vertici ed infine la *texture* fotorealistica (fig. 8).



Figura 8. Lastra con guerriero: nuvola di punti sparsa e densa, *solid mesh* e modello texturizzato

Più complessa è risultata l'elaborazione dell'Antefissa con Sileno e Menade che ha richiesto un maggior numero di scatti. Sono state acquisite 380 immagini allineate perfettamente con un tempo di elaborazione di 11 ore e 11 minuti (fig. 9). Dai 380 fotogrammi è stata estratta una nuvola grezza di 803.867 punti ed una densa di 13.677.617 punti che hanno dato luogo ad una *mesh* di 2.750.025 facce e 1.378.248 vertici poi perfettamente *texturizzata* (fig. 10).

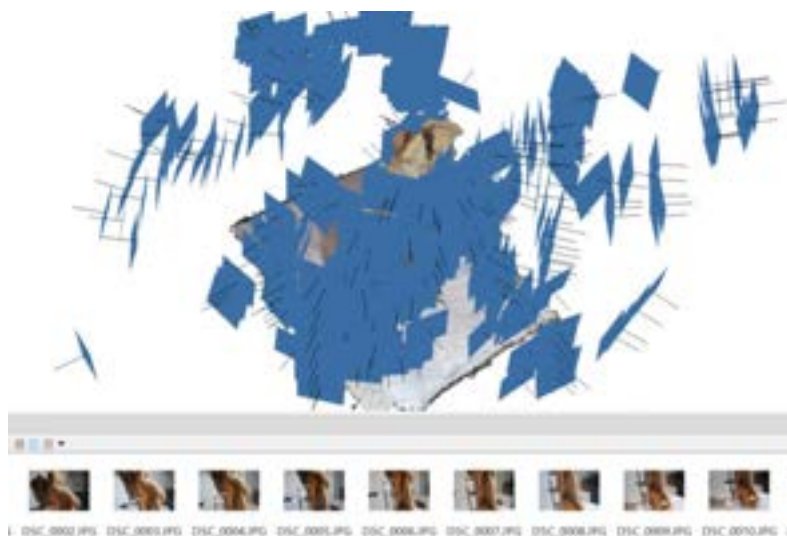


Figura 9. Posizione delle 380 immagini scattate intorno all'Antefissa



Figura 10. Antefissa con Sileno e Menade: nuvola di punti sparsa e densa, *solid mesh* e modello texturizzato

Anche per il rilievo della Testa di Hermes sono state acquisite più foto (521 immagini) che, perfettamente allineate in 19 ore e 05 minuti, hanno permesso di estrarre una nuvola grezza di 426.321 punti ed una densa di 12.721.765 punti (fig. 11). Ottenuta la *mesh* costituita da 2.339.840 facce e 1.170.425 vertici in un tempo di elaborazione di 15 ore e 18 minuti è stata poi creata la *texture* fotorealistica (fig. 12).



Figura 11. Posizione delle 521 immagini scattate intorno alla Testa di Hermes



Figura 12. Fasi di elaborazione del modello della Testa di Hermes

Infine, per la Sima sono state acquisite 383 immagini allineate in 7 ore e 25 minuti da cui è stata estratta una nuvola grezza di 851.216 punti ed una densa di 15.156.440 punti. La *mesh* poligonale di 3.031.287 facce e 1.517.076 vertici è stata poi rivestita con la *texture* fotorealistica (fig. 13).



Figura 13. Fasi di elaborazione del modello della Sima: nuvola di punti, *mesh* e *texture*

Si riportano in tabella i dati relativi alle elaborazioni (tab. 2).

Nome dataset	N° immagini	Sparse point cloud	Dense point cloud	Mesh_facce	Mesh_vertici	Texture
Hydria	311	43.668 punti	23.538.565 punti	2.957.403 facce	1.480.771 vertici	15.000x15.000
Lastra con guerriero	219	577.129 punti	14.910.200 punti	2.999.935 facce	1.505.076 vertici	15.000x15.000
Antefissa con Sileno e Menade	380	803.867 punti	13.677.617 punti	2.750.025 facce	1.378.248 vertici	15.000x15.000
Testa di Hermes	521	426.321 punti	12.721.765 punti	2.339.840 facce	1.170.425 vertici	15.000x15.000
Sima	383	851.216 punti	15.156.440 punti	3.031.287 facce	1.517.076 vertici	15.000x15.000

Tabella 2. I dati delle elaborazioni

Al termine di questa prima sperimentazione è emerso che questa tecnica speditiva è decisamente molto efficace perché permette rilievi tridimensionali di ottima qualità in tempi rapidi (3 giorni di acquisizione e 15 giorni circa di elaborazione) con utilizzo di una strumentazione di base costituita da una macchina fotografica digitale ed un computer di medie prestazioni.

Mostra Rinascimento visto da sud, Palazzo Lanfranchi, Matera

La sperimentazione è stata condotta anche in occasione della mostra *Rinascimento visto da Sud* allestita presso Palazzo Lanfranchi a Matera (tab. 3). Sono stati elaborati i modelli 3D delle seguenti opere:

	San Pietro Apostolo	Castellana Grotte Chiesa di San Leone	Pietra locale scolpita Altezza: 130 cm Larghezza: 55 cm
	Protome di Cavallo (Testa Carafa)	Napoli Museo Archeologico Nazionale	Bronzo Altezza: 175 cm Lunghezza: 182 cm Larghezza: 140 cm
	Madonna della Grazia	Palazzolo Acreide, Siracusa Chiesa dell'Immacolata	Marmo Altezza: 150 cm Larghezza: 60 cm
	Busto di Giacomo Alfonso Ferrillo (?)	Acerenza Museo Diocesano	Pietra calcarea Altezza: 68 cm Larghezza: 58 cm max
	Annunciazione	Matera Museo Nazionale d'arte medievale e moderna della Basilicata – Palazzo Lanfranchi	Pietra calcarea scolpita e dipinta Altezza: 86 cm Larghezza: 105 cm
	San Francesco d'Assisi	Gallipoli Chiesa di san Francesco d'Assisi	Olio su tavola Altezza: 242 cm Larghezza: 143 cm Spessore: 6 cm
	Madonna con il bambino tra i santi Nicola di Bari e Benedetto da Norcia	Monopoli Museo Diocesano	Olio su tela Altezza: 155 cm Larghezza: 126 cm

Tabella 3. Gli oggetti della mostra *Rinascimento visto da sud* selezionati per le riprese 3D

Anche in questo caso la prima fase ha riguardato l'acquisizione delle immagini dei diversi oggetti. Nel processo di rilievo fotografico l'acquisizione è stata condotta a mano libera, evitando il cavalletto, per ruotare più agevolmente intorno agli oggetti. È risultato utile l'uso di una scala per gli oggetti particolarmente alti per i quali era difficile scattare fotografie della parte superiore.

Durante l'acquisizione è stata considerata la tridimensionalità degli oggetti: sono state scattate foto intorno, lungo tutti i lati, sopra e, quando possibile, anche sotto facendo in modo che ogni porzione dell'oggetto risultasse visibile in almeno 3 fotografie caratterizzate da un margine di sovrapposizione minimo del 60% circa. Il tempo impiegato per la ripresa fotografica delle diverse opere è risultato variabile in base alla complessità dell'oggetto (figg. 14-15-16).

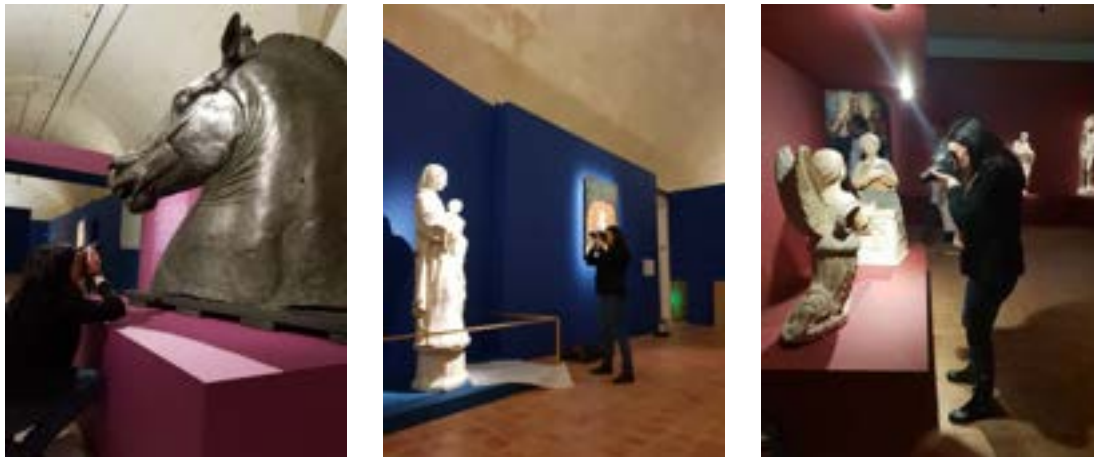


Figure 14-15-16. Fase di acquisizione dei *datasets* fotografici relativi a Protome di Cavallo, Madonna della Grazia e Annunciazione

Per il rilievo della statua di San Pietro Apostolo sono state acquisite circa 480 fotografie. Nonostante la buona collocazione della statua prima dell'allestimento definitivo, il gioco di luci ed ombre dell'ambiente ha inizialmente influito sulla ripresa dell'oggetto, provocando una variazione cromatica che, tuttavia, con le successive modifiche, non ha rappresentato nessun ostacolo per la modellazione finale.

Terminata la selezione delle foto, dai 473 fotogrammi perfettamente allineati con un tempo di 17 ore e 46 minuti, è stata acquisita la nuvola di punti sparsa (234.481 punti) che rappresenta il dato grezzo ma che permette già di intuire la forma della statua, riconoscibile dall'ambiente circostante anch'esso acquisito durante il rilievo. Infatti il *software*, nel manipolare le immagini dell'oggetto ripreso, lascia traccia di ciò che lo circonda che si configura come uno sfondo poi rimosso manualmente utilizzando gli appositi strumenti del *software*. Successivamente è stata generata la nuvola densa (14.581.961 punti) caratterizzata da maggiore solidità e che consente di distinguere bene i contorni dell'oggetto ora più definiti.

Generata la *mesh* la figura risulta perfettamente riconoscibile. La *mesh* poligonale, elaborata con una qualità media a causa dell'elevato numero di foto, con un tempo di 5 ore e 2 minuti ha prodotto un modello costituito da 2.916.388 facce e 1.459.677 vertici. L'ultimo passaggio è stato la creazione della *texture* e la scalatura per l'attribuzione della corretta dimensione metrica alla statua. Con l'applicazione della *texture* il modello è risultato più dettagliato e realistico perché ottenuto dalla sovrapposizione delle caratteristiche cromatiche reali (figg. 17-18-19).



Figure 17-18-19. Acquisizione delle immagini, fasi di elaborazione e dettaglio estratto dal modello digitale

Dal punto di vista operativo, la maggior complessità della Protome di Cavallo (Testa Carafa) ha richiesto tempi di elaborazione e di acquisizione delle foto più lunghi (circa 2 ore). Sono state acquisite 376 immagini allineate perfettamente con un tempo di elaborazione di 22 ore e 9 minuti. Dai 362 fotogrammi allineati è stata estratta

una nuvola grezza di 145.147 punti ed una densa di 9.452.803 punti che hanno prodotto una *mesh* (qualità: media, tempo: 13 ore e 15 minuti) di 632.609 facce e 318.139 vertici poi perfettamente *texturizzata* (figg. 20-21-22).



Figure 20-21-22. Acquisizione delle immagini, fasi di elaborazione e dettaglio della *mesh* triangolare

Anche per il rilievo della Madonna della Grazia è stato necessario acquisire più foto (283 immagini) che perfettamente allineate in 8 ore e 35 minuti, hanno permesso di estrarre una nuvola grezza di 32.028 punti ed una densa di 5.925.428 punti. Ottenuta la *mesh* costituita da 396.080 facce e 203.228 vertici è stata poi creata la *texture* fotorealistica (figg. 23-24).



Figure 23-24. Acquisizione delle immagini e fasi di elaborazione

Dal punto di vista operativo, la minor complessità del Busto di Giacomo Alfonso Ferrillo ha richiesto dei tempi di ripresa e di elaborazione ridotti. L'ambiente espositivo molto ampio e le contenute dimensioni dell'opera hanno favorito la ripresa fotografica. Per il processo di digitalizzazione sono state impiegate 211 foto allineate (tempo: 10 ore e 4 minuti) che hanno generato la nuvola sparsa di 208.114 punti e densa di 7.424.673 punti da cui è stata ottenuta un *mesh* (qualità: media, tempo: 40 minuti e 48 secondi) di 1.492.615 facce e 747.683 vertici (fig. 25).



Figura 25. Fasi di elaborazione del modello del busto: nuvola di punti sparsa e densa, *mesh* e modello *texturizzato*

Analogamente è risultato semplice acquisire i 340 fotogrammi dell'Annunciazione. Le foto sono state allineate in 11 ore e 9 minuti ed è stata estratta una nuvola grezza di 142.264 punti ed una densa di 10.718.981 punti da cui è stata poi creata la *mesh* continua costituita da 2.151.825 facce e 1.083.836 vertici (fig. 26).



Figura 26. Fasi di elaborazione con nuvola di punti sparsa, nuvola di punti densa, *mesh* e modello con *texture*

Più semplice è risultato il rilievo della tavola di San Francesco d’Assisi e della tela della Madonna con Bambino per le quali sono state acquisite rispettivamente 64 e 179 fotografie. Per la tavola di San Francesco d’Assisi in 1 ora e 8 minuti è stato effettuato il perfetto allineamento che ha dato luogo alla nuvola di punti (grezza: 68.509 punti, densa: 3.378.631 punti) e alla *mesh* (facce: 226.694, vertici: 115.121) perfettamente *texturizzata*.

Infine per la tela della Madonna con Bambino dai 170 scatti ne sono stati selezionati 157 correttamente allineati da cui è stata creata la nuvola di punti (grezza: 208.480 punti, densa: 18.713.145 punti) e alla *mesh* (facce: 3.754.293, vertici: 1.881.199) rivestita poi con la *texture* fotorealistica (figg. 27-28).



Figure 27-28. Nuvola di punti e modello texturizzato della tavola di San Francesco d’Assisi e della tela della Madonna con Bambino tra i santi Nicola di Bari e Benedetto da Norcia

Nome dataset	N° immagini	Sparse point cloud	Dense point cloud	Mesh_facce	Mesh_vertici	Texture
San Pietro Apostolo	473	234.481 punti	14.581.961 punti	2.916.388 facce	1.459.677 vertici	15.000x15.000
Protome di Cavallo (Testa Carafa)	376	145.147 punti	9.452.803 punti	632.609 facce	318.139 vertici	15.000x15.000
Madonna della Grazia	283	32.028 punti	5.925.428 punti	396.080 facce	203.228 vertici	15.000x15.000
Busto di Giacomo Alfonso Ferrillo	211	208.114 punti	7.424.673 punti	1.492.615 facce	747.683 vertici	15.000x15.000
Annunciazione	340	142.264 punti	10.718.981 punti	2.151.825 facce	1.083.836 vertici	15.000x15.000
San Francesco d’Assisi	64	68.509 punti	3.378.631 punti	226.694 facce	115.121 vertici	15.000x15.000
Madonna con il bambino	170	208.480 punti	18.713.145 punti	3.754.293 facce	1.881.199 vertici	15.000x15.000

Tabella 4. I dati delle elaborazioni

Anche in questo caso, il processo di digitalizzazione ha richiesto una valutazione caso per caso in relazione alla diversità delle opere e alle particolari condizioni di allestimento delle stesse.

Il processo di tridimensionalizzazione si ritiene sia perfettamente riuscito in quanto ha fornito come *output* dei modelli 3D ad alta risoluzione su cui è possibile produrre degli ingrandimenti nitidissimi.

Conclusioni

Il lavoro condotto mostra una prima sperimentazione delle potenzialità di questa metodologia di rilievo 3D e descrive i risultati ottenuti. I modelli creati, pur avendo uno scopo principalmente di studio e documentazione, sono stati acquisiti con rigore scientifico e sono caratterizzati da un buon livello di dettaglio, tale da consentire la visualizzazione anche dei particolari più minuti.

I casi di studio illustrati, dal più semplice al più articolato, mostrano l’utilità di questa tecnica di rilievo per la restituzione grafica di modelli fotorealistici che possono essere utilizzati per successive analisi e per l’estrazione di dati metrici. I modelli 3D diventano un valido supporto per lo studio, la conoscenza, la conservazione, il restauro e la valorizzazione.

Per migliorare la conoscenza delle opere, in fase di catalogazione si possono elaborare modelli digitali da inserire in sostituzione e/o in aggiunta alle immagini 2D e alle descrizioni testuali garantendo una più completa descrizione del bene.

In relazione alla conservazione, il modello diventa il mezzo di descrizione più preciso che consente accuratezza e ripetibilità delle misure, ad esempio in vista di campagne di monitoraggio per beni per i quali il solo controllo visivo o fotografico non sia sufficiente. La possibilità di fare rilievi in così breve tempo e di confrontare le acquisizioni successive permette anche di valutare con precisione eventuali spostamenti relativi delle parti o modifiche della struttura dell'opera, come ad esempio variazioni del supporto o microfratture.

Altro importante utilizzo si ha nel campo del restauro. I modelli 3D facilitano l'analisi digitale ed il calcolo di dati fisici e geometrici che vengono effettuati direttamente sulla copia digitale: si possono calcolare le dimensioni, la superficie, il peso, la posizione del baricentro, dati indispensabili per le analisi relative alla statica ma anche per la progettazione di sistemi di protezione necessari al trasporto delle opere o supporti per l'esposizione.

Inoltre, con opportuni *software*, si può realizzare un restauro virtuale assemblando virtualmente oggetti di cui siano state acquisite digitalmente le singole parti senza dover ricorrere a collanti, sostegni ed integrazioni. Infine, i modelli digitali 3D possono essere usati per applicazioni di realtà virtuale e multimediali per la divulgazione, la visualizzazione e la navigazione interattiva.

I risultati presentati dimostrano come l'impiego delle tecniche di rilievo 3D di oggetti appartenenti a mostre temporanee, ma anche per complessi manufatti architettonici, offra numerosi vantaggi come rapidità di esecuzione, economicità degli strumenti e accuratezza delle misure.

Ringraziamenti

Si ringraziano la SABAP per l'area metropolitana di Roma, la provincia di Viterbo e l'Etruria meridionale e la direzione del Museo di Villa Giulia che hanno autorizzato le riprese di alcuni manufatti prestati per la mostra e il personale del museo *Badisches Landes Museum* (Karlsruhe); si ringrazia il Polo Museale della Basilicata e il personale di Palazzo Lanfranchi (Matera) per la preziosa collaborazione durante le fasi di acquisizione delle immagini e movimentazione delle opere rilevate digitalmente.

NOTE

[1] La *computer vision* studia come abilitare i computer all'interpretazione delle informazioni visuali presenti in immagini o video. Riproducendo la percezione umana nell'ambiente, simula e riproduce il percorso cognitivo che regola l'interpretazione della realtà.

[2] La fotogrammetria considera i punti omologhi delle immagini e consente di ottenere informazioni metriche su dimensioni, forma e posizione della scena e degli elementi fotografati. Si stabilisce una relazione geometrica fra le immagini e la scena reale al momento della ripresa fotografica.

[3] In letteratura si parla di *image based modeling*, di *automatic photogrammetry* o di *structure from motion* che riguarda la prima fase del processo di elaborazione delle immagini.

[4] Per il rilievo delle opere è stata utilizzata una fotocamera Nikon D5300 settata con le seguenti caratteristiche: Risoluzione: 300 dpi, F-stop: f/3.5, Tempo di esposizione: 1/50 sec., Sensibilità ISO: ISO-800, Distanza focale: 18 mm, Massima apertura: 3.6, Lunghezza focale 35 mm: 27, Modalità flash: nessun flash.

BIBLIOGRAFIA

1. Callieri Marco, Cignoni Paolo, Scopigno Roberto, *"Visualization and 3D data processing in David's restoration"*, in *"IEEE Computer Graphics & Applications"*, 2004, pagine 16 – 21
2. Callieri Marco, Scopigno Roberto, *"Sampled 3D Models for CH Applications: A Viable and Enabling New Medium or Just a Technological Exercise?"*, in *"ACM Journal on Computing and Cultural Heritage"*, 2008
3. Callieri Marco, Cignoni Paolo, Ganovelli Fabio, Scopigno Roberto, *"Restoring david using 3D"*, in *"IEEE Computer Graphics & Applications"*, 2004, pagine 4 – 7
4. Guidi Gabriele, Russo Michele, Beraldin Jean-Angelo, *"Acquisizione e modellazione poligonale"*, McGraw-Hill, Milano, 2010
5. Guidi Gabriele, Remondino Fabio, Russo Michele, *"Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico"*, in *"Archeologia e Calcolatori"*, 2011, n. 22, pagine 169 – 198
6. Remondino Fabio, *"Il rilievo 3D fotogrammetrico"*, in *"Teorie e tecniche della rappresentazione contemporanea"*, Maggioli, 2011, pagine 195 – 216

7. Remondino Fabio, *“Advanced 3D recording techniques for the digital documentation and conservation of heritage sites and objects”*, in *“Change over time”*, 2011, vol. 1(2), pagine 198 – 214
8. Remondino Fabio, *“Image-based 3D modelling: a review”*, in *“Photogrammetric record”*, 2015, pagine 269 – 291
9. Remondino Fabio, *“Rilevare e rendere visibile l’invisibile – Documentazione 3D e multi-spettrale per la fruizione di capolavori artistici”* in *“Archeomatica”*, 2010, pagine 6 – 11
10. Remondino Fabio, *“Modellazione 3D di beni culturali – L’approccio multi-sensoriale e multi-risoluzione”* in *“Archeomatica”*, 2010, pagine 8 – 11
11. Scopigno Roberto, *“Il rilievo digitale tridimensionale, un nuovo strumento di analisi e documentazione per il restauro”*, in *“Il CNR e le strategie di conservazione del Patrimonio Culturale”*, CNR, 2007, pagine 33 – 38.

CONSERVAZIONE PREVENTIVA

CONOSCERE PER CONSERVARE: GLI OGGETTI NEI MUSEI ARCHEOLOGICI DI METAPONTO E DI POLICORO

Astrid D'Eredità*, Alex Serra**, Alessandra Zampa***

* Astrid D'Eredità, Archeologa, Collaboratrice ISCR – Progetto PON “Capolavori in 100 km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare”, 347.5862694,

astrid.deredita@gmail.com

** Alex Sarra, Restauratore, Collaboratore ISCR – Progetto PON “Capolavori in 100 km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare”, 328.6625834,

alex.sarra@gmail.com

*** Alessandra Zampa, Restauratore Conservatore, Collaboratore ISCR – Progetto PON “Capolavori in 100 km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare”, 347.0124010, alessandra.zampa7@gmail.com

Abstract

Il progetto “Capolavori in 100 Km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare” nasce e si sviluppa nel Programma Operativo Nazionale “Cultura e Sviluppo” inteso per gli anni 2014-2020, ed è cofinanziato dai fondi comunitari (FESR) e nazionali e approvato dalla Commissione Europea. Il MiBAC è coinvolto nel progetto nel ruolo di amministrazione proponente e Autorità di Gestione.

Gli obiettivi primari sono individuati nella progettazione e coordinamento di interventi di conservazione da realizzare su beni culturali afferenti al territorio della Basilicata. A tal fine, è stata prevista una campagna di ricognizione dei manufatti esposti e custoditi nei musei e nei depositi: per analizzarne lo stato di conservazione, avvalendosi in prima istanza di uno studio preliminare basato sulla documentazione d'archivio e dell'esame autoptico *in situ* dei beni.

Per strutturare in modo organico le notizie raccolte in questa fase, è stato disposto un intervento pilota di “schedatura conservativa” che ha tenuto conto di ogni aspetto riguardante i manufatti, dalla loro condizione conservativa alla loro collocazione. Tutte le operazioni che prevedono il contatto diretto con i beni, comprese le movimentazioni intraprese nelle fasi di studio, avvengono sotto stretta supervisione di personale tecnico qualificato: gli esperti che cooperano alle attività previste dal progetto provengono da settori professionali diversificati, per arrivare a definire la più ampia gamma di soluzioni alle criticità rilevate.

Il progetto ha visto le sue prime fasi operative presso i musei Archeologico Nazionale di Metaponto e Archeologico Nazionale della Siritide, con un approfondito lavoro di analisi e ricerca per l'individuazione di una serie coerente di reperti esposti, su cui realizzare interventi di restauro.

La selezione degli oggetti è stata effettuata su base archeologica e conservativa; la prima, seguendo criteri di importanza storica, di unicità, di rappresentatività della cultura locale, e di potenzialità ai fini di esposizioni e prestiti, con approfondimenti del contesto storico-archeologico di provenienza (condotti anche mediante sopralluoghi presso il Museo archeologico nazionale “Domenico Ridola” di Matera).

La seconda, la motivazione conservativa, considerata tenendo conto delle necessità della conservazione preventiva e delle urgenze, con approfondimenti particolari sulle tecniche di lavorazione antica, sui restauri pregressi, sui supporti di appoggio.

Introduzione

Il progetto “Capolavori in 100 Km” è stato finanziato con fondi europei FESR-PON attribuiti al MiBAC ed è fondato sulla ricerca scientifica come fondamentale supporto alle attività di conservazione, per la tutela del patrimonio e l'accrescimento dei livelli di conoscenza per i professionisti dei beni culturali e del pubblico. Destinatari delle operazioni di ricerca sono i musei della Basilicata, disseminati in un territorio fortemente caratterizzato geograficamente e custodi di testimonianze di contesti culturali fra loro molto diversi, ma anche a quelli di Matera e alla stessa città, intesa come museo all'aperto.

Il gruppo di lavoro è costituito da un gruppo multidisciplinare di esperti interni all'ISCR, di collaboratori esterni individuati mediante selezione pubblica, di giovani laureati delle SAF di Matera e Roma.

Il progetto, infine, rappresenta in qualche modo un evento di continuità delle attività dell'ISCR, attivo in Basilicata già dagli anni Ottanta con cantieri di restauro e didattici che hanno consentito il restauro di diverse opere.

Fasi preliminari: la ricerca d'archivio

La ricerca d'archivio è stata elemento primario e indispensabile per lo sviluppo delle fasi iniziali del progetto. Il primo passo è consistito, infatti, nell'identificazione degli elementi del patrimonio artistico appartenenti al territorio della Basilicata che fossero già stati oggetto di restauri da parte dell'Istituto Centrale per il Restauro, ora Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro. In particolare, la ricerca ha interessato le aree di Melfi, Venosa, Metaponto, Policoro e i cinque musei in esse presenti: il Museo Archeologico Nazionale del Melfese "Massimo Pallottino", il Museo Archeologico Nazionale di Venosa, il Castello di Lagopesole, il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto, il Museo Archeologico Nazionale della Siritide. Agli ultimi due è stata indirizzata l'attenzione in questa fase di lavoro.

Presso l'archivio ISCR[1] è stata reperita la prima documentazione di riferimento: i dati emersi hanno permesso non solo di ricostruire la storia conservativa dei manufatti, comprensiva degli interventi curati dall'ICR, ma anche di risalire facilmente al loro luogo di conservazione.

In questo modo, i successivi sopralluoghi *in situ* sono stati programmati puntualmente all'interno delle strutture museali specificate nei registri archivistici. (Figura 1 – Dati d'archivio).

Archivio ISCR	Luogo	Oggetto	Data	Scheda di restauri	Fotografie	Documentazione	Analisi
Pos. 311; Prot. 9626	Museo della Siritide, Policoro (MT)	Tomba 1188 Elmo	6/8/96	No	PRIMA DURANTE DOPO		No
		Tomba 1188 Cinturone	6/8/96	No	PRIMA DURANTE DOPO		No
Pos.311; Prot. 9741	Museo della Siritide, Policoro (MT)	Tomba N° 263 Corredo funerario	8/8/96	No	PRIMA DURANTE	RICHIESTA INTERVENTO PROT. 6546 POS. 311 23/5/96	Pos. 311; Prot.7377 Data 7/6/96
Pos. II A1; Prot. 7447; Data 13/07/94	Museo della Siritide, Policoro (MT)	Tomba 264; Spada	31/7/87	Sì	PRIMA DURANTE DOPO		Radiografia

Figura 1. Esempio di scheda di classificazione dei dati d'archivio

I Musei Archeologici Nazionali: Metaponto e Siritide (Policoro)

Il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto[2] propone un quadro archeologico del territorio metapontino a partire dalla Preistoria sino al periodo Tardoantico, attraverso una selezione qualificata di reperti provenienti dal territorio dei comuni attuali di Pisticci e Bernalda. Il progetto è rivolto in questa struttura tanto alle sale espositive, quanto ai ricchi depositi in cui sono conservate circa 24.000 cassette di reperti provenienti dalle aree del vero e proprio insediamento di Metaponto, nonché dai comuni limitrofi (prima della riforma Franceschini il deposito ospitava reperti recuperati nel corso di indagini realizzate in un areale molto ampio).

Il Museo Archeologico Nazionale della Siritide di Policoro[3], inaugurato per volere del primo Soprintendente archeologo della Basilicata, Dinu Adamesteanu, nel 1969, documenta i diversi aspetti della vita degli insediamenti locali, dal neolitico all'età romana, con un accentuato *focus* sulle dinamiche delle colonie greche Siris ed Heraklea e la graduale ellenizzazione delle popolazioni indigene degli Enotri e dei Lucani.

Anche presso questa Istituzione sono oggetto di studio i depositi che accolgono circa 15.000 cassette contenenti reperti provenienti dall'area della città antica e da centri abitati limitrofi.

In entrambe le strutture si è proceduto ai rilievi architettonici delle sale e dei depositi e alla ricognizione dell'impiantistica specifica in essi contenute. Nel dettaglio, sono stati verificati i sistemi di ventilazione e condizionamento; la presenza di finestre; la possibilità di ricambio d'aria; i sistemi di illuminazione e di presa elettrica; la presenza/assenza di rete Wi-Fi; le attrezzature mobili quali scale e tavoli per lo studio; la tipologia di scaffalatura e cassette per l'immagazzinamento delle opere (legno, plastica, ecc.); l'accessibilità delle opere.

È stato quindi eseguito il conteggio delle cassette contenenti reperti di scavo conservate presso altri ambienti adibiti a depositi aggiuntivi ed è stata effettuata una prima valutazione dei diversi materiali presenti (Figura 2 - 3).



Figura 2. Panoramica di uno dei 7 depositi nel Museo Archeologico Nazionale della Siritide (Policoro)



Figura 3. Panoramica di uno degli 8 depositi nel Museo Archeologico di Metaponto

Questo lavoro ha prodotto, per ogni ambiente, una scheda riassuntiva contenente il maggior numero di informazioni possibile. (Figura 4 - Schede riassuntive dei depositi – esempio di scheda utilizzata durante il sopralluogo dei depositi).

POLICORO - MUSEO NAZIONALE DELLA SIRITIDE					
Deposito (N° - Nome) 2					
Descrizione: piano interrato, ambiente unico di circa 141 mq senza finestre; nella muratura, presenti tre fori passanti, per il ricambio d'aria					
Tipologia delle cassette	Legno e plastica				
N° totale cassette	182			Di cui a terra 41 +34 vasi restaurati e una teca con scheletro	
Dimensioni deposito	lunghezza m. 23,60	profondità m. 6	altezza m. 2,48		
Accesso da	Interno X		Esterno		
Finestre	si		no	X	
Controllo microclima (t° UR%)	si		no	X	

Figura 4. Schede riassuntive dei depositi – esempio di scheda utilizzata durante il sopralluogo dei depositi

Monitoraggio microclimatico di sale, vetrine, depositi ed aree esterne.

E' stata avviata preliminarmente una capillare campagna di monitoraggio delle condizioni ambientali sia delle sale espositive, sia dei depositi, al fine di confrontare i dati forniti dai sensori interni con quelli esterni. In entrambi i musei sono quindi stati installati strumenti per la misurazione delle variazioni microclimatiche, collocati lungo tutto il percorso espositivo. La scelta di effettuare una misurazione funzionale all'interno di singole vetrine è stata dettata dalle condizioni dei manufatti in esse contenuti e alla loro posizione nella sala: un reperto proveniente da scavo e caratterizzato da elementi metallici come la lega di rame, ad esempio, è più soggetto ad alterazione in presenza di variazioni termo igrometriche; esso necessita pertanto di monitoraggio molto accurato per garantirne la stabilità (Figura5).



Figura 5. Installazione sensori UR% e T° all'interno di una vetrina espositiva del Museo Archeologico Nazionale della Siritide di Policoro

Oltre ai sensori termo-igrometrici per misurare la temperatura e l'umidità relativa, sono stati inseriti anche dei luxometri per misurare la luce diretta incidente sulla vetrina. All'interno dei depositi, oltre ai sensori per la misurazione microambientale, sono stati posizionati anche sensori a contatto diretto con i reperti (Figura 5). Il monitoraggio durerà un anno solare per permettere di raccogliere tutte le variazioni ambientali occorrenti. Attraverso la raccolta dei dati ambientali al termine della campagna si avrà la possibilità, qualora si evidenzia la condizione di rischio per alcuni manufatti, di migliorare le condizioni in cui è conservato il manufatto, oppure cambiarne la collocazione in un ambiente più idoneo.



Figura 5. Uno dei sensori sistemati a contatto diretto con i reperti in lega di rame presso il Museo Archeologico di Metaponto

Manutenzione ordinaria e straordinaria / scheda conservativa

Durante la fase di conteggio dei beni custoditi presso i due musei di Policoro e Metaponto (Figura 6) è stato possibile verificare lo stato di conservazione dei reperti esposti (Figure 7-8).

Vetrine Museo archeologico nazionale della Siritide																		
Sala 1																	N° Oggetti	N° Vetrine
N° Vetrine	1	2	3	4	5													
N° Oggetti	77	30	6	17	11												141	5
Sala 2																		
N° Vetrine	1	2	3	4	5													
N° Oggetti	25	20	12	18	2												77	5
Sala 3																		
N° Vetrine	1	2	3															
N° Oggetti	29	13	9														51	3
Sala 4																		
N° Vetrine	1	2																
N° Oggetti	27	34															61	2
Sala 5																		
N° Vetrine	1	2																
N° Oggetti	13	25															38	2
Sala 6																		
N° Vetrine	1	2	3	4														
N° Oggetti	24	47	23	24													118	4
Sala 7																		
N° Vetrine	1	2	3	4	5	6												

Figura 6. Esempio di scheda utilizzata per il conteggio dei beni presso il Museo Archeologico Nazionale della Siritide di Policoro



Figure 7 – 8. Valutazione e documentazione dello stato di conservazione di un corredo funerario esposto presso il Museo Archeologico Nazionale della Siritide di Policoro

A seguito di questa prima valutazione sono emerse problematiche conservative su alcuni manufatti, riconducibili a tre gruppi:

- reperti con alterazioni afferenti a materiali non più idonei impiegati in restauri precedenti, che hanno compromesso la leggibilità delle superfici originali;
- reperti che necessitano di una manutenzione ordinaria, limitata a una revisione del restauro attraverso operazioni di minimo intervento;
- reperti esposti con un supporto espositivo non più adeguato.

È stato quindi realizzato un elenco dettagliato, comprensivo di numero di sala, vetrina e operazione conservativa prevista, da considerarsi elemento base per il progetto pilota di schedatura conservativa e di pianificazione delle operazioni di manutenzione successive. La scheda conservativa che già accompagna il reperto potrà così essere aggiornata e implementata con ulteriori dati.

Ogni reperto è stato oggetto di un approfondimento critico dal punto di vista storico-archeologico, con la redazione di schede descrittive complete di riferimenti bibliografici sugli studi precedentemente effettuati, anche relativi al contesto di provenienza.

Come già accennato, le principali criticità conservative sono state riscontrate su reperti metallici, in lega di rame. Si è quindi proceduto alla creazione di una tabella con la collocazione dei singoli oggetti all'interno del museo (Figura 9), differenziando i reperti con necessità di intervento di sola presentazione estetica (es. precedente integrazione della ceramica con colore non più idoneo) da quelli con necessità di intervento urgente. In quest'ultimo caso, i manufatti sono stati segnalati in scheda di documentazione con una particolare evidenziazione.

SALA I			
VETRINA	MATERIALI MANUFATTI	OPERAZIONI	FOTO VETRINA
4	8 vasi di medie dimensioni in terracotta	Manutenzione straordinaria (controllo dello stato di conservazione rimozione dei precedenti interventi)	

Figura 9. Esempio di scheda base per il progetto pilota di schedatura conservativa

Poiché i manufatti presi in considerazione hanno in vario grado già subito un intervento di restauro, le operazioni successive alla schedatura sono state valutate secondo dei criteri che tengono minuziosamente conto della storia conservativa del singolo oggetto.

Lo studio dei materiali di restauro impiegati in passato richiede, infatti, una serie di dati necessari allo sviluppo di un piano di intervento mirato sull'opera: sostanze considerate tradizionali sono in genere reversibili, mentre adesivi ed impregnanti di sintesi industriale di più recente creazione, al contrario, presentano caratteristiche molto dissimili dai materiali costitutivi delle opere. La loro efficienza dal punto di vista meccanico, unita alla facilità di reperibilità e impiego, ha spinto i professionisti del restauro a un loro sempre più vasto utilizzo; l'elevata resistenza strutturale li ha resi protagonisti di prestazioni adatte a fronteggiare situazioni conservative molto fragili.

Queste caratteristiche sono tuttavia accompagnate da una bassissima reversibilità, impossibile da attuare con sistemi di rimozione semplici. Pertanto, l'intervento conservativo su un bene più volte restaurato (e caratterizzato da sostanze aggiunte più o meno compatibili, o reversibili) deve essere attentamente pianificato.

Il principio del minimo intervento possibile è quindi il cardine metodologico su cui si basa questa pianificazione, pertanto sono state considerate di massima urgenza solo quelle operazioni volte a stabilizzare le condizioni di conservazione del bene, che ne rallentino i processi di deterioramento.

SALA ESPOSITIVA (Sala 3)			
N. VETRINA	MATERIALI MANUFATTI	DA FARE	FOTO VETRINA
64 Piano sup.	Metaponto loc. Pantanello Corredo T. 18 IV sec a.C. Cinturone in bronzo e frammento di tessuto, strigili e punte di lancia in ferro, stilo e borchia in bronzo di corazza in cuoio e vasi miniaturistici a vernice nera.	Restauro del tessuto in ISCR Roma	
Piano inf.	Metaponto loc. Torremare Corredo della T. 18 - doppia deposizione V sec a.C. Punte di lancia per il combattimento e la caccia e strigili in bronzo, pesi in piombo, frammenti di carapace per lira, collana in terracotta, lekythoi a figure rosse, alabastron in alabastro.	Manutenzione oggetti bronzo, ferro.	

Figura 10. Esempio di scheda per analisi e individuazione delle attività operative di restauro

Tra le problematiche più ricorrenti riscontrate figura la corrosione, che colpisce frequentemente il bronzo e che, se non affrontata tempestivamente, può portare nei casi più gravi alla completa disgregazione del reperto. Il termine si riferisce all'azione di agenti naturali, quali l'aria o l'acqua, su materiali metallici, con la conseguente formazione dei loro ossidi (sali metallici). Si manifesta con la comparsa di macchie di varie dimensioni dal colore azzurro-verde chiaro, anche di piccole dimensioni, che tendono a diffondersi su tutta la superficie e comprometterne irrimediabilmente l'integrità. Si illustrano di seguito le operazioni conservative necessarie e previste per fermare il processo di degrado sui reperti selezionati:

- rimozione di (eventuale) protettivo superficiale
- rimozione dei depositi pulverulenti e dei sali metallici (prodotti di corrosione)
- lavaggio e successiva disidratazione
- trattamento localizzato d'inibizione della corrosione, su alcuni punti della superficie
- applicazione di un nuovo protettivo superficiale.

Risultati attesi

Le attività finora esposte mirano a fornire elementi diagnostici utili all'attivazione di piani manutentivi delle teche e dei singoli reperti. Si tratta, com'è evidente, di un accurato lavoro di analisi e sintesi dei dati relativi alle condizioni di conservazione dei reperti, in piena sinergia con le altre attività previste dal PON, quali la caratterizzazione ambientale dei musei prescelti (microclima, illuminazione, qualità dell'aria, aspetti biologici e chimici); la valutazione della efficienza delle vetrine; l'individuazione di criticità, priorità ed urgenze. La precisa determinazione della correlazione fra condizioni ambientali e stato di conservazione dei manufatti mira, infatti, all'ampliamento della conoscenza delle collezioni esposte nei musei presi in esame e alla realizzazione di piani di manutenzione conservativa, ordinaria e straordinaria.

Il progetto qui presentato descrive uno strumento che potrà rappresentare un fondamentale supporto alle attività di conservazione del patrimonio dei musei archeologici di Basilicata: esso si configura quale piano pilota di monitoraggio per l'individuazione delle urgenze conservative e il miglioramento delle strutture espositive

Ringraziamenti

Si ringrazia il personale tutto del Museo Archeologico Nazionale di Metaponto e del Museo Archeologico Nazionale della Siritide di Policoro per la collaborazione nel corso delle attività di ricognizione, analisi, monitoraggio e preparazione al restauro.

NOTE

[1]L'Archivio ISCR è stato consultato presso la sua sede all'interno del complesso di San Michele, Via di S. Michele 23, Roma, nonché nella sua versione online <http://www.iscr-ares.beniculturali.it:8080/ares/home.do>

[2]Per un quadro generale sull'insediamento antico e le collezioni del Museo si vedano Adamesteanu, Mertens, D'Andria 1980; Bertelli, Roubis 2002; De Siena 1998, 1999, 1999a; De Siena, Giardino 1994; Gualtieri 2016.

[3]Una prima presentazione del Museo della Siritide è in Bianco, Tagliente 1985. Per i contesti di Siris ed Heraklea si vedano Osanna 1992, Osanna, Zuchtriegel 2012. Nuove acquisizioni sulle produzioni ceramiche sono invece in Eramo, Muntoni, Gallo, De Siena 2018, con bibliografia precedente.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamesteanu Dinu, Mertens Dieter, D'Andria Francesco, *Metaponto I* (Notizie degli scavi di antichità, Serie VIII, vol. 34, Supplemento), Roma, 1980.
2. Bertelli Gioia, Roubis Dimitris (a cura di), *Torre di Mare I: ricerche archeologiche nell'insediamento medievale di Metaponto, 1995-1999*, Adda Editore, Bari, 2002.
3. Bianco Salvatore, Tagliente Marcello (a cura di), *Il museo nazionale della Siritide di Policoro: archeologia della Basilicata meridionale*, Roma – Bari, Laterza, 1985.
4. De Siena Antonio, *Metaponto: problemi urbanistici e scoperte recenti*, in “Siritide e Metapontino. Storie di due territori coloniali”, *Atti dell'incontro di studio (Policoro 1991)* Cahiers CJB, XX, Centre Jean Bérard, Napoli-Paestum 1998, 141-170.
5. De Siena Antonio, *La colonizzazione achea del Metapontino*, in Adamesteanu Dinu (a cura di), “*Storia della Basilicata 1. L'antichità*”, Laterza, Bari-Roma 1999, 211-245.
6. De Siena Antonio, *Il culto di Dioniso nelle colonie greche della Basilicata*, in “*Il vino di Dioniso. Dei e uomini a banchetto in Basilicata*”, Roma 1999a, 29-32.
7. De Siena Antonio, Giardino Liliana, *Herakleia e Metaponto. Trasformazioni urbanistiche e produzione agricola tra tarda repubblica e primo impero: i nuovi dati archeologici*, in “*Le ravitaillement en blé de Rome et des centres urbains des débuts de la République jusqu'au Haut Empire*”, *Actes du colloque international de Naples - 1991*, Centre Jean Bérard, Napoli-Roma, 1994, 197-211.
8. Eramo Giacomo, Muntoni Italo Maria, Gallo Savino, De Siena Antonio, *Approaching the early Greek Colonization in Southern Italy: Ceramic local production and imports in the Siritis area (Basilicata)*, in *Journal of Archaeological Science: Reports*, Amsterdam – Philadelphia, (2018), 995-1008.
9. Gualtieri Maurizio, “*Landscape changes and the rural economy of the Metaponto region*”, in Coleman Carter Joseph (a cura di), *The chora of Metaponto 3. Archaeological Field Survey Bradano to Basento*, Ann Arbor, Michigan, 2016, 555-561.
10. Osanna Massimo, *Chorai coloniali da Taranto a Locri. Documentazione archeologica e ricostruzione storica*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Libreria dello Stato, Roma, 1992.
11. Osanna Massimo, Zuchtriegel Gabriel (a cura di), *AmphiSiriosroas. Nuove ricerche su Eraclea e la Siritide*, Osanna, Venosa, 2012.

ANCORA SUL TRASPORTO DELLE OPERE: ESPERIENZE, RIFLESSIONI, RACCOMANDAZIONI

Giuseppina Fazio*, Elisabetta Giani**, Fabrizio Gattuso***, Michele Martinelli***

*Restauratore Conservatore, già Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro (ISCR),
pinafazio15@gmail.com

**Fisico, ISCR, via di S. Michele 25, 00153, ROMA, 335336846, elisabetta.giani@beniculturali.it

***R&D Engineers, W-SENSE s.r.l. Via G. Donizetti 4, 00198 ROMA fabrizio.gattuso@wsense.it
michele.martinelli@wsense.it

Abstract

Le ricerche di questi ultimi anni sul monitoraggio del trasporto di manufatti artistici, condotte anche nel corso dello svolgimento del progetto PON “*Capolavori in 100 Km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare*” guidato dall’Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro, hanno portato alla luce una serie di aspetti importanti che riguardano sia la parte più strettamente tecnologica e strumentale circa le modalità di monitoraggio, il controllo in *real time* del trasporto, la registrazione ed elaborazione dei dati e la loro presentazione, sia aspetti che riguardano l’oggetto, la sua specificità, la documentazione che lo accompagna, la descrizione del suo stato di conservazione.

Le ultime esperienze di monitoraggio, che si vanno ad aggiungere alle oltre 50 effettuate nel corso degli anni passati, si sono basate su una partecipazione diretta a diversi trasporti di opere di diversa tipologia appartenenti a istituzioni pubbliche (musei e collezioni), ecclesiastiche, etc.; opere movimentate in occasione di mostre nazionali ed internazionali da ditte di trasporti diverse, italiane e non. Una partecipazione che è consistita nel seguire tutte le fasi, dalla richiesta di prestito - grazie al contatto diretto con i Poli Museali, le Direzioni Generali, ed in particolare con i servizi mostre - dalla movimentazione e trasporto, al montaggio dell’opera in sede di mostra.

I risultati di queste esperienze hanno permesso di individuare criticità ricorrenti, comportamenti dinamici comparabili alle sollecitazioni meccaniche di manufatti della stessa tipologia, momenti particolarmente delicati durante il trasporto, carenze e necessità relativamente alle informazioni di cui si dispone al momento della movimentazione e del trasporto dell’opera.

Inoltre, questo lavoro, svolto molto anche su campo, ha permesso di delineare una metodologia per il controllo del trasporto che da una “Scheda Trasporto Opera” fino all’analisi dei risultati del monitoraggio aiuta, in questo processo spesso condotto sotto la pressione di tempi molto contratti, ad annotare in modo sistematico per creare una documentazione completa di informazioni qualitative e di dati quantitativi; documentazione che potrà servire, la volta successiva, per riformulare il parere di prestito basandolo quanto più possibile su dati oggettivi. Perché si sa, una volta successiva, prima o poi, ci sarà!

Introduzione

Il Programma Operativo Nazionale PON, cofinanziato dai fondi comunitari (FESR) e nazionali, e approvato dalla Commissione Europea, vede il MiBAC nel ruolo di amministrazione proponente e Autorità di Gestione. L’Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro (ISCR) ha avuto un finanziamento per il progetto “*Capolavori in 100 Km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata*”, progetto che coinvolge i musei della Basilicata e, più in generale, la città di Matera, come museo all’aperto.

Lo svolgimento del progetto “*Capolavori in 100 Km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata*” vede, nella sua attuazione, una strategia di raccordo e di coordinamento con la Soprintendenza SABAP della Basilicata ed il Polo Museale della regione, in modo da finalizzare tutte le attività anche a supporto degli interventi che le istituzioni preposte alla tutela hanno in atto, per una migliore conservazione, gestione e valorizzazione del patrimonio. Il tema dello studio del trasporto di opere, sviluppato dall’ISCR negli anni, è stato riproposto nell’ambito di questo progetto [1, 2, 3, 4].

I musei della Basilicata custodiscono, principalmente, collezioni di beni archeologici particolarmente delicate, in quanto costituite da manufatti con alta fragilità, restaurati o bisognosi di restauri, con forme spesso molto irregolari, con parti ricomposte, incollaggi o imperniature, integrazioni, etc. Tutti questi aspetti influenzano fortemente le scelte operative per la loro conservazione, esposizione e movimentazione. Questi oggetti, di grande fragilità, sono anche di grande bellezza ed interesse, e per questo vengono richiesti in prestito per esposizioni temporanee in Italia ed all’estero, particolarmente ora che Matera è *Capitale della Cultura 2019*. Nell’ambito del progetto sono stati curati i monitoraggi del trasporto di alcune opere sia per la mostra “*Rinascimento visto da*

Sud” (Matera - Palazzo Lanfranchi), sia per la mostra “*Tra Etruria e Magna Grecia. Aristocrazie lucane nella valle del Sauro (PZ)*” (Chiesa di San Lorenzo al Ponte di S. Gimignano).

Presentiamo qui alcuni dei temi della ricerca in corso, con una anticipazione sul sistema di monitoraggio del trasporto recentemente utilizzato per i vasi in ceramica appartenenti a musei della Basilicata; oggetti che costituiscono come detto, per le loro intrinseche caratteristiche, una delle categorie di beni maggiormente a rischio in caso di movimentazione.

La sicurezza nel trasporto

Un trasporto, così come un restauro, costituisce un evento in grado di mutare la storia conservativa di un'opera. E come un restauro, anche un trasporto si compone di diversi interventi che si attuano direttamente sulle opere.

Durante un restauro si svolgono diverse operazioni rischiose: l'uso di bisturi, di solventi, di strumenti elettrici o meccanici è rischioso, e tuttavia il rischio è accettato pensando che alla conclusione delle operazioni la possibilità di conservazione dell'opera ne risulterà incrementata.

Anche durante un trasporto si determinano situazioni potenzialmente rischiose: estrazione dalle opere dalle sedi originarie, agganci in sospensione, torsioni, cambi di posizione e di condizioni ambientali, esposizione a vibrazioni; ma nonostante i rischi che si affrontano, lo spostamento non incrementa di per sé la conservazione dell'opera. Inoltre, se nel caso del restauro, proprio per ridurre i rischi, i sistemi di trattamento sono scelti fra quelli più controllabili e verificati - e vengono attuati da professionisti specializzati - nel caso del trasporto le operazioni rischiose sono più difficilmente controllabili e la specializzazione del personale non sempre è precisamente riconoscibile [5].

In ogni caso, così come per gli altri interventi diretti sul manufatto, la possibilità di buona riuscita di un trasporto dipende in maniera relevantissima dalla conoscenza più o meno approfondita che si ha dell'oggetto - intendendo con questo la conoscenza fisica dell'oggetto (peso, dimensioni, forma, etc.), del materiale, dello stato di conservazione e della storia conservativa che l'oggetto ha avuto fino a quel momento: questo aspetto è importantissimo per la corretta progettazione del trasporto e sta al prestatore fornire questa documentazione completa.

La documentazione

Il trasporto di un'opera è un evento complesso. Per questo è un'esperienza di grande interesse che merita di essere ricordata, soprattutto per un eventuale nuovo trasporto. Ma per ricordare precisamente tutte le fasi di questo evento è necessario annotare in modo sistematico tutte le azioni e tutti i dati che lo descrivono. Il trasporto, così come il restauro, è un intervento diretto sull'oggetto e richiede, analogamente, di essere precisamente documentato.

In occasione di un evento “trasporto”, per poter correttamente progettare i sistemi di protezione e di movimentazione dell'oggetto, la prima cosa necessaria è il reperimento e l'analisi della documentazione che lo riguarda: verificare, cioè, che le informazioni siano sufficienti per progettare il trasporto e la movimentazione in sicurezza.

Nella nostra esperienza i dati, più o meno consistenti, che normalmente sono reperibili al momento della preparazione al trasporto riguardano:

- i materiali costitutivi
- le tecniche di lavorazione
- lo stato di conservazione
- i restauri subiti
- le caratteristiche delle strutture di supporto (soprattutto di tavole, meno di polittici, per i quali tuttavia lo smontaggio può risultare molto complesso e rischioso)

I dati che normalmente mancano e che, al contrario, sono tutti estremamente importanti per progettare sistemi di trasporto sicuri, riguardano:

- il peso
- il rilievo 3D
- le indagini scientifiche
- le informazioni relative a trasporti precedenti

Cominciamo dal peso. Il peso è un dato quantitativo che dovrebbe essere precisamente conosciuto ed essere riportato nella documentazione dell'oggetto; invece, raramente si conosce con precisione. Molto spesso il peso viene ipotizzato, e solo al momento della movimentazione, quando l'oggetto viene effettivamente spostato, se ne ha una reale percezione, e talvolta il peso può risultare anche molto diverso da quanto inizialmente indicato (capita anche che il peso sia già presente nella scheda dell'oggetto e, dunque, va solo trasmesso tempestivamente a chi realizzerà l'imballaggio!).

Certamente pesare preliminarmente un oggetto può non essere una cosa semplice e comporta una doppia movimentazione. Proprio per la complessità che la pesatura può richiedere, la prima raccomandazione è che ogni qualvolta si presta un oggetto, si preveda che la ditta che effettuerà lo spostamento, pesi strumentalmente l'oggetto, senza lasciare questa valutazione alla "sensibilità" dei trasportatori (che peraltro in genere sono molto bravi nello stimare il peso dell'oggetto, ma il peso così stimato, non avendo nessun riscontro strumentale, non viene, giustamente, annotato e la volta successiva il peso continua a non essere noto!); dunque, nel capitolato per il trasporto, si dovrebbe sempre inserire la voce "pesatura strumentale degli oggetti", un dato fondamentale da aggiungere nella scheda dell'oggetto. Per la pesatura preliminare, si può ricorrere anche a sistemi indiretti, quale il rilievo 3D che, con la conoscenza dei materiali costitutivi dell'oggetto, consente di fare un calcolo teorico del peso dell'oggetto che potrà poi essere verificato al momento dello spostamento e della pesatura strumentale [6, 7]

Ma a che serve conoscere il peso? Conoscere il peso serve a:

- scegliere i materiali più idonei per l'imballaggio (fig. 1)
- scegliere i presidi passivi di ammortizzazioni delle sollecitazioni (es. Skid-Mate, materiali da imballaggio, etc.) (fig. 2)
- fare una corretta analisi dei dati in caso di monitoraggio strumentale del trasporto
- predisporre sistemi espositivi strutturalmente idonei.



Figura 1. Il peso dell'opera causa la compressione del materiale ammortizzante e, se questo è troppo morbido, la sua deformazione. Nel caso illustrato dall'immagine l'opera non risulta più ben bloccata all'interno della cassa perché nella parte superiore si viene a creare uno spazio. In queste condizioni, le sollecitazioni durante il trasporto faranno sobbalzare l'opera all'interno dell'imballaggio. In genere, quando ci si accorge dell'errore, per bloccare l'opera si inserisce nelle parti che risultano vuote del materiale ammortizzante a contrasto; tuttavia questi interventi d'urgenza sono un segno di una carenza progettuale e possibilmente poco efficaci.



Figura 2. Skid-Mate ammortizzanti per imballaggi con pesi diversi.

Negli ultimi tempi, sempre più frequentemente, vengono impiegati sistemi passivi di ammortizzazione, e fra questi i più usati sono gli *Skid-Mate*.

Gli *Skid-Mate* sono sfere a cuscino d'aria in materiale plastico a diverse densità che, applicati alla cassa servono per ammortizzare le sollecitazioni meccaniche. I diversi colori individuano le diverse rigidità e, dunque, il colore è diverso secondo il *range* di peso dell'imballaggio da ammortizzare (cassa+oggetto). Quindi anche per la definizione del numero e del tipo di *Skid-Mate* da impiegare è necessario conoscere il peso dell'oggetto e quello della cassa. Rispetto all'impiego di questi presidi, nell'ambito del Progetto PON è allo studio un approfondimento sperimentale sulla loro efficacia nell'ammortizzazione sia delle vibrazioni, sia degli shock.

Passiamo al rilievo 3D. Nella progettazione di un imballaggio, la disponibilità del modello virtuale dell'oggetto consentirebbe di studiare preliminarmente molti aspetti dell'imballaggio.

I vasi archeologici appartenenti ai depositi del Museo della Siritide di Policoro, per i quali abbiamo condotto recentemente il monitoraggio del trasporto, e stiamo conducendo uno studio specifico sugli imballaggi, rappresentano una tipologia di manufatti eccezionalmente presente nel patrimonio della Basilicata (fig. 3).



Figura 3. Esempi di vasi ricomposti, in terracotta a figure rosse, tipici della Basilicata.

Per questi oggetti, costituiti da molte parti ricomposte a causa della loro frammentarietà, e conseguente fragilità, è particolarmente delicato trovare il materiale giusto per il bloccaggio dell'oggetto: l'oggetto deve essere bloccato all'interno dell'imballaggio, ma questo deve avvenire esercitando una pressione che non comprometta l'integrità dell'oggetto ricomposto.

Gli ultimi dati dei monitoraggi, analizzati insieme a quelli già raccolti precedentemente relativi ad oggetti della medesima tipologia, hanno confermato che nel caso dei vasi la problematica ricorrente è la carenza di bloccaggio dell'oggetto all'interno della cassa.

I grafici qui di seguito, generati automaticamente dal sistema di monitoraggio Wsense, mostrano un evento durante il quale la vibrazione della cassa esterna ne determina una a carico dell'oggetto, di maggiore intensità e durata, con fenomeni di risonanza e di battimento (figg. 4a, b, c).

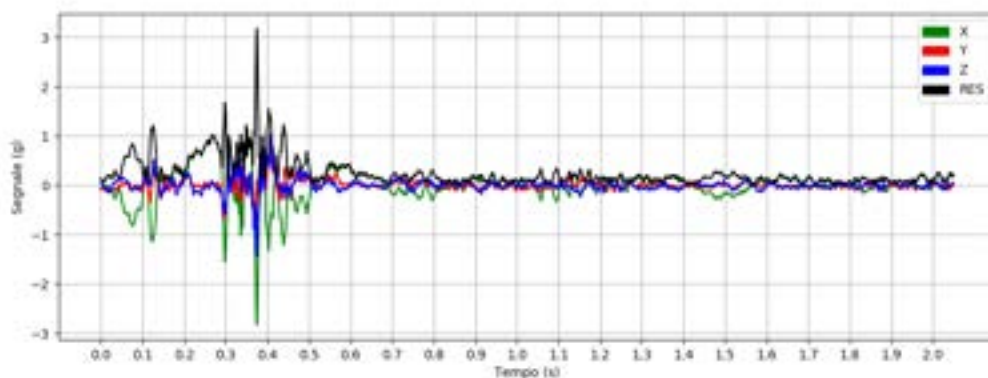


Figura 4a. Andamento delle sollecitazioni meccaniche registrate dal sensore fissato sulla cassa esterna, espresse in multipli di g ($9,8 \text{ m/s}^2$)

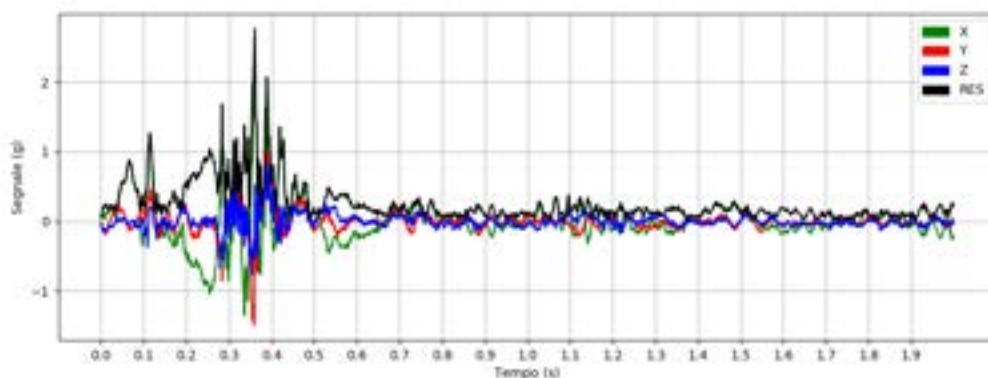


Figura 4b. Andamento delle sollecitazioni meccaniche registrate dal sensore fissato all'interno della cassa, espresse in multipli di g ($9,8 \text{ m/s}^2$)

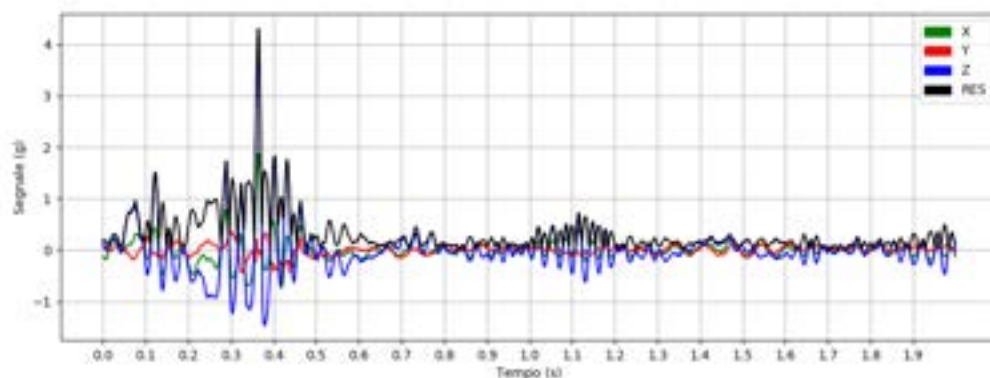


Figura 4c. Andamento delle sollecitazioni meccaniche registrate dal sensore applicato sull'oggetto, espresse in multipli di g ($9,8 \text{ m/s}^2$)

Con il modello 3D si possono simulare gli effetti di imballaggi realizzati con materiali differenti, ossia con diverse rigidità, e simulare l'efficacia di vincoli posizionati diversi punti degli oggetti.

Con le tecniche fotografiche oggi disponibili, le riprese 3D sono molto più agevoli e veloci e potrebbero far parte delle richieste per la concessione del prestito. Inoltre, soprattutto per grandi oggetti tridimensionali di forma complessa, potrebbero essere richieste anche altre indagini diagnostiche (US, FEM, gammagrafie, etc.), che risulterebbero molto utili per la valutazione del rischio nello spostamento e nel trasporto, e per la progettazione dell'imballaggio.

Il sistema di monitoraggio

La soluzione tecnologica sviluppata nell'ambito del progetto dallo *spin-off* interdipartimentale della Sapienza WSense, permette di effettuare il monitoraggio in remoto. Durante la movimentazione e il trasporto delle opere il sistema fornisce in tempo reale informazioni su sollecitazioni (accelerazione sui 3 assi), temperatura e umidità relativa, attraverso l'applicazione di diversi tipi di sensori sia a contatto con l'opera, che fissati sulla cassa esterna ed eventualmente su quella interna. Questi sensori inviano i dati rilevati a un cosiddetto "gateway" che pubblica in *cloud* i dati rilevati che potranno essere controllati da uno *smartphone* o PC con accesso mediante *password* ad internet (fig. 5).



Figura 5. Esempio di schermata relativa a un trasporto monitorato in tempo reale: in alto a sinistra è riportata la posizione del camion. Per ogni sensore è costantemente visualizzata temperatura e umidità. Sui grafici è possibile leggere lo storico delle vibrazioni, temperatura e umidità, rilevate nell'ultimo lasso temporale (un'ora in questo esempio).

Il sistema consente anche di segnalare, in maniera puntuale, eventuali anomalie tramite allarmi inviati automaticamente agli utenti registrati, ad esempio quando almeno una delle componenti accelerometriche di una

vibrazione viene ad assumere un valore superiore ad una soglia stabilita. Questa informazione contiene non solo i dati rilevati al superamento della soglia, ma anche quelli contenuti in una finestra temporale antecedente e successiva al campione che supera la soglia. Questo permette di avere una visione più chiara della situazione al momento dell'anomalia.

I dati vengono anche salvati localmente nella memoria dei sensori e utilizzati alla fine del trasporto per generare un *report* dettagliato, necessario per effettuare ulteriori approfondimenti sia sulle sollecitazioni registrate, sia sulle condizioni microclimatiche di trasporto.

Il *report*, oltre a generare in automatico tutti i grafici relativi ad eventi sopra la soglia impostata (tipicamente 2g), include informazioni sintetiche sulle opere trasportate, sull'andamento nel tempo di temperatura e umidità relativa all'esterno e all'interno della cassa, sul numero degli eventi sopra soglia rilevati, sulla cassa e sull'oggetto. Questo ultimo dato consente un'immediata valutazione dell'efficacia dell'imballaggio (fig. 6).

Durata complessiva di 1 giorni, 21 ore, 53 minuti, 58 secondi Temperatura esterna compresa tra 18.0 °C e 26.6 °C Temperatura interna compresa tra 18.9 °C e 27.7 °C Umidità relativa esterna compresa tra 65% e 78% Umidità relativa interna compresa tra 67% e 79% 196 eventi sopra soglia dal nodo 50 fissato alla cassa esterna 220 eventi sopra soglia dal nodo 41 fissato alla cassa interna 80 eventi sopra soglia dal nodo 42 applicato sull'opera

Figura 6. Le informazioni sintetiche sul *report*.

Questa modalità di registrazione e rappresentazione dei dati, oltre ad essere impiegata per sperimentazioni di laboratorio su materiali diversi per ottimizzazione gli imballaggi consente anche - qualora nel viaggio di andata di un oggetto, ad esempio per una mostra, si riscontri una situazione non soddisfacente - di migliorare l'imballaggio in previsione del viaggio di ritorno. Infatti dall'analisi dei grafici, come sopra mostrato, si hanno indicazione anche sulla tipologia di carenza dell'imballaggio.

Conclusioni

Nonostante molte cose siano state comprese e molti dati siano stati raccolti ed analizzati, il lavoro di ricerca da fare è ancora molto. Lo studio di materiali innovativi, alcuni non ancora in uso in Italia, mediante test di laboratorio e su campo certamente rappresenta un ambito che verrà sviluppato nel corso del progetto. Lo studio analitico dei dati registrati nel corso di monitoraggi di opere di differente tipologia e con diversi sistemi di protezione affiancherà i test sperimentali per la valutazione dell'efficacia dei diversi materiali. Il rilievo 3D degli oggetti verrà effettuato con diverse finalità: sarà la base per le possibili modellazioni, per la simulazione del comportamento dinamico degli oggetti, per la progettazione di vincoli con diversi fini e, naturalmente, per la documentazione dell'oggetto.

Lo sviluppo del sistema per il tracciamento e la trasmissione in *real time* dei dati, e di eventuali allarmi nel caso di superamento di soglie preimpostate, costituisce già un innalzamento nel controllo e nella sicurezza del trasporto. I trasporti che verranno effettuati saranno l'occasione per verificare ulteriormente la funzionalità di questa applicazione destinata agli accompagnatori e/o ai trasportatori stessi [8].

BIBLIOGRAFIA

1. Andresen Alexandra, Corsetti Massimo, Giani Elisabetta, "Pala di Pesaro di Giovanni Bellini Il monitoraggio della movimentazione e del trasporto", Kermes n. 74, Nardini, Firenze, 2009 pp. 45-53.
2. Giani Elisabetta, Idanna Rapinesi, "Tre casi di studio sul monitoraggio di shock, vibrazioni e condizioni microclimatiche nel trasporto di opere d'arte", IX Congresso Nazionale IGIIC "Lo Stato dell'Arte", Cosenza 13-15 ottobre 2011.
3. Giani Elisabetta, "Conservazione preventiva per il trasporto e l'esposizione in mostra della Resurrezione di Lazzaro di Caravaggio", Kermes n. 89, Nardini, Firenze 2013, pp. 19-26.
4. Stolor Nathan, "Conservation standards for works of art in transit and on exhibition", Unesco, Museum and monuments XVII, (1979).
5. Bandini Giovanna, "Capolavori itineranti. La movimentazione dei beni culturali. Il ruolo del restauratore-conservatore", Bollettino di Archeologia on line Direzione Generale per le Antichità II, 2011/1.
6. Corsetti Massimo, Fazio Giuseppina, Giani Elisabetta, Petrioli Chiara, "To loan or not to loan? Non destructive investigations and monitoring for an objective risk assesment for artworks transportation", Art'17, 12th International Conference on non destructive investigation on microanalysis for diagnostics and conservation of cultural heritage, Politecnico di Torino, 22nd-24th November 2017.

7. Cigada Alfredo, Fazio Giuseppina, Giani Elisabetta, Mori Giovanna, Toniolo Lucia, Vedovello Sabina, Zappa Emanuele “*A new base for the Pieta' Rondanini by Michelangelo: research and design*”, Art'17, 12th International Conference on non destructive investigation on microanalysis for diagnostics and conservation of cultural heritage, Politecnico di Torino, 22nd-24th November 2017.
8. Giani Elisabetta, “*Conservazione preventiva e ricerca. L'innovazione nel monitoraggio delle opere d'arte in fase di trasporto*”, Kermes speciale 100, Nardini, Firenze, Ottobre-Dicembre 2015, pp. 55-57.

SCHEDARE IL MUSEO: IL PROTOCOLLO INFORMATIZZATO DI RACCOLTA PER INDIVIDUARE PRIORITÀ E ORIENTARE LE SCELTE

Francesca Mariani *, Livia Gordini **, Elisa Todisco ***

*Restauratrice di Beni Culturali, Consorzio Aureo Conservazione e Restauro, via P. Revoltella, 85, 00152 Roma, cell. 338786041, consorzioaureo@gmail.com

** Restauratrice di Beni Culturali, Bologna, cell. 3200499955, livia.gordini@gmail.com,

*** Restauratrice di Beni Culturali, via Fratti 283, 55049, Viareggio (LU), cell. 3471211125, elisa.todisco@gmail.com

Abstract

L'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro di Roma (ISCR) ha sviluppato la Scheda Ambientale, seguendo le indicazioni del documento *“Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei”* (D. Lgs. n. 112/98 art. 150 comma 6).

La Scheda Ambientale ISCR è un protocollo di monitoraggio, messo a punto per lo studio di ambienti adibiti alla conservazione di beni di interesse culturale e prevede la raccolta di informazioni di tipo descrittivo e l'attivazione di controlli e monitoraggi ambientali.

La metodologia rappresenta un primo livello di indagine scientifica: le numerose informazioni raccolte tramite la Scheda consentono di individuare i principali fattori di pericolosità ambientale, di interpretarli e, sulla base dei risultati ottenuti, di elaborare strategie di prevenzione e programmare approfondimenti mirati.

Il protocollo è stato sperimentato in numerosi musei italiani, in aree adibite all'esposizione oppure a deposito. Nella primavera del 2018, l'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro, nell'ambito delle attività del Progetto PON Cultura e Sviluppo FERS 2014-2020 Asse I, *“Capolavori in 100 km. Un viaggio reale e virtuale nella cultura della Basilicata per conoscere, conservare, valorizzare”* ha avviato un progetto di collaborazione con il Polo Museale della Basilicata e la Soprintendenza SABAP della Basilicata, per il monitoraggio e la schedatura ambientale in quattro dei principali Musei della regione. Oggetti del primo intervento di schedatura, della durata di un anno, sono il Museo Archeologico Nazionale della Siritide a Policoro e il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto, entrambi in provincia di Matera. Questi musei espongono nelle sale e custodiscono in deposito una grande varietà e quantità di reperti legati alla civiltà magno-greca e ai centri indigeni dell'entroterra. Seguendo il protocollo della Scheda Ambientale, un gruppo interdisciplinare ha analizzato da diversi punti di vista i “contenitori museali”: condizioni ambientali, strutture espositive e di stoccaggio, stato di conservazione degli oggetti esposti o conservati in deposito.

Le informazioni raccolte sul campo, insieme ai dati climatici - acquisiti da un network di postazioni di rilevamento fisse e con misure *spot* - hanno permesso di valutare le condizioni ambientali per indicare provvedimenti migliorativi.

Nel 2018, contemporaneamente all'attuazione del protocollo della Scheda Ambientale, è stata sviluppata una banca dati on-line all'interno del sistema informatizzato Carta del Rischio, che permette la registrazione delle informazioni di tipo descrittivo e l'archiviazione del materiale fotografico, cartografico e dei fogli di calcolo, che vengono così a costituire la documentazione dei diversi elementi del sistema museale e dei risultati dei monitoraggi ambientali. Tutti i dati raccolti durante l'anno sono stati quindi trasferiti on-line, rendendo i Musei di Metaponto e Policoro i primi a riportare le informazioni di tipo conservativo nelle nuove schede della Carta del Rischio.

Introduzione

L' *“Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei”* auspica l'uso di una scheda per l'analisi della qualità dell'ambiente museale, da utilizzare insieme alla scheda conservativa relativa ai beni di interesse culturale. Sulla base delle indicazioni fornite dal documento, l'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro (ISCR) ha sviluppato la Scheda Ambientale (SA), un protocollo di monitoraggio per lo studio di ambienti adibiti ad esposizione e a deposito di beni. Nel corso degli anni il protocollo è stato sperimentato in numerosi musei italiani [1], dimostrandosi uno strumento utile per individuare i principali fattori di pericolosità ambientale e per elaborare concrete strategie di prevenzione.

La SA prevede innanzitutto la raccolta di informazioni di tipo descrittivo. In questa fase di lavoro vengono studiati i numerosi aspetti che caratterizzano un sito museale e che giocano un ruolo nella conservazione. Innanzitutto richiede la descrizione dell'ambiente all'esterno dell'edificio, tramite informazioni riguardanti gli elementi antropici e la vegetazione presenti nelle aree circostanti l'edificio stesso. Sono raccolte anche informazioni relative ai venti, alle precipitazioni e agli inquinanti registrati nel territorio su cui si colloca l'edificio in esame.

Una parte importante della SA è dedicata alle informazioni sulle modalità di gestione del museo: orari di apertura al personale ed al pubblico, affluenza, fruizioni straordinarie degli ambienti al di là della normale attività museale, modalità di esecuzione delle pulizie, presenza di locali ad uso particolare (quali, ad esempio, le zone fumatori, le aree ristoro o i laboratori di restauro, ecc.). La SA prevede poi una descrizione molto dettagliata dei locali di esposizione e deposito, con informazioni che vanno dalla collocazione del locale all'interno dell'edificio, alle informazioni metrologiche, ai dati su rivestimenti delle pareti, su porte e finestre, sugli impianti di illuminazione e di trattamento dell'aria, sulle strutture espositive (vetrine, sostegni, ecc), sugli arredi ed infine sugli oggetti. Alcuni campi sono dedicati in maniera specifica ai locali adibiti a deposito.

In merito ai monitoraggi, la Scheda richiede l'attivazione di controlli che riguardano alcuni aspetti biologici, fisici e chimici dell'ambiente, ed in particolare: l'ispezione visiva dei locali per la ricerca di tracce di biodeteriogeni, il monitoraggio entomologico con trappole adesive, il monitoraggio di temperatura dell'aria e umidità relativa, dell'illuminamento, della radiazione ultravioletta, della concentrazione del biossido di carbonio e della concentrazione del particolato sospeso. Sono stati privilegiati monitoraggi che, fornendo dati significativi, richiedono un impiego di risorse contenuto e sono, quindi, più facilmente accessibili; l'arco temporale, all'interno del quale i monitoraggi devono svolgersi, è quello dell'anno solare.

La metodologia della SA rappresenta un primo livello di indagine scientifica; sulla base dei risultati ottenuti possono essere predisposti gli approfondimenti.

Nel 2018 la SA è stata digitalizzata ed inserita all'interno della banca dati *on-line* del sistema Carta del Rischio [2]. Tale banca dati consente di raccogliere, ordinare ed archiviare in maniera sistematica ed omogenea le numerose informazioni relative ai siti schedati (Figura 1.). Per facilitare l'uso della Scheda *on-line* è stata, con questo progetto, redatta una “Guida alla compilazione della Scheda Ambientale ISCR”, comprendente un'introduzione alla metodologia di lavoro, le istruzioni per l'impiego della banca dati e le norme per la compilazione di ognuno dei campi della Scheda stessa.

I primi Musei ad essere stati schedati tramite il sistema informatizzato sono stati il Museo Archeologico Nazionale della Siritide a Policoro e il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto (Figure 2 e 3.), all'interno del un progetto di collaborazione.

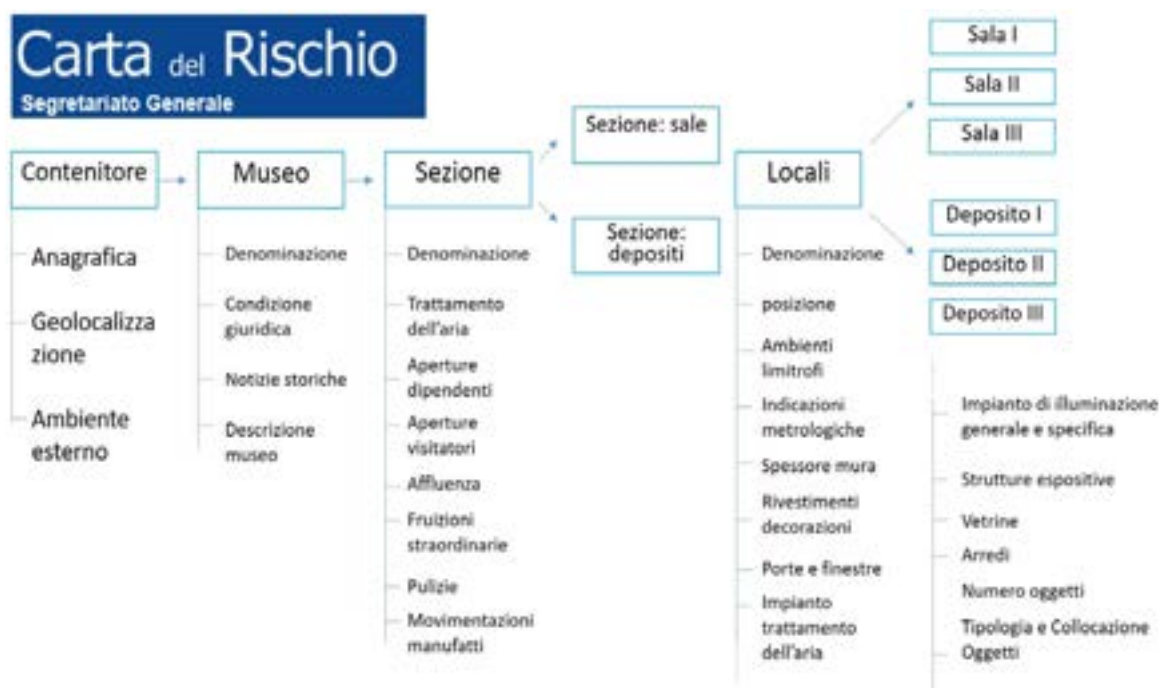


Figura 1. Ambiti della Scheda Ambientale all'interno della Carta del Rischio



Figure 2 e 3. Museo Archeologico Nazionale della Siritide a Policoro e il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto, (MT)
La pratica della schedatura e del monitoraggio ambientale

Il personale dei musei ha collaborato in prima persona all'organizzazione pratica di tutte le fasi della schedatura che hanno comportato sopralluoghi prolungati, apertura di depositi e vetrine fuori dagli orari di visita, regia delle accensioni e spegnimento luci e molte altre operazioni extra routine.

Durante la parte iniziale del lavoro, i primi documenti prodotti sono stati delle piante tematiche delle sale dove sono annotate la distribuzione di tutte le strutture espositive, la loro numerazione e il numero di oggetti contenuti. E' stato poi eseguito il rilievo in pianta dei depositi, con indicazione della posizione e del codice delle unità di stoccaggio, e segnata in planimetria la posizione di tutti gli strumenti di rilevamento e misura. Attraverso le osservazioni dirette, lo scambio di idee col personale del museo, sono state individuate le postazioni per i rilevamenti *spot* e per il posizionamento delle trappole entomologiche.

Durante il 2018 e fino alla primavera 2019, si è proceduto alla compilazione di tutte le sezioni della SA, al trasferimento delle informazioni sul sistema informatizzato della Carta del Rischio ISCR, alla realizzazione della documentazione fotografica, allo svolgimento dei monitoraggi ambientali (illuminamento, della radiazione UV, della concentrazione di biossido di carbonio e della concentrazione del particolato sospeso (Figure 4 e 5).

Sono state valutate le strutture espositive e le unità di stoccaggio dal punto di vista della idoneità alla conservazione e individuati oggetti potenzialmente a rischio per modalità di esposizione o stato di conservazione.

Contemporaneamente, è avvenuta la raccolta e l'elaborazione dei dati ambientali da remoto, con la compilazione di record stagionali e annuali.

Infine, è stato redatto un rapporto per ogni museo in cui si propongono strategie migliorative delle condizioni di conservazione e un programma di manutenzione e monitoraggio.



Figure 4 e 5. Misurazioni spot presso le sale e all'interno delle vetrine

Osservazioni generali

Durante tutto il periodo di monitoraggio, nelle sale espositive dei due musei si riscontra un limitato isolamento dall'ambiente esterno per motivi intrinseci alle strutture: orientamento, murature non coibentate e ampie superfici vetrate poco schermate (vetrate, lucernari, portefinestre, entrate e passaggi in cortili interni). Nelle sale, le postazioni più soggette alle variazioni termiche risultano essere quelle poste in vicinanza delle numerose aperture. I frequenti scambi con l'esterno e l'irraggiamento diretto, al di sopra dei 300 lux, sono causa di valori di UR% non ottimali, con repentine e ampie variazioni giornaliere. In inverno e in estate, le escursioni termiche e di UR% sono legate anche all'attivazione del condizionamento degli ambienti. Relativamente agli oggetti esposti si riscontra un diffuso problema di corrosione di quelli metallici.

La permeabilità degli ambienti con l'esterno è dimostrata anche dai risultati del monitoraggio entomologico, con la cattura di numerosi individui.

Anche nei depositi, e per le stesse ragioni, si riscontrano valori di temperatura e UR% non ottimali, soprattutto alla conservazione dei materiali più sensibili quali i metalli. Il gran numero di reperti e di cassette di reperti che caratterizza questi depositi rende gli ambienti e le unità di stoccaggio molto affollate e, a volte, gli oggetti sono accessibili con difficoltà.

Il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto

Il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto (MT) è una struttura che formalmente risale al 26/07/1988, data di consegna e collaudo dei lavori di edificazione. Di proprietà MIBAC, è stata inaugurata il 14/01/1991 e aperta al pubblico con la mostra "Ornamenti femminili in Basilicata dall'età del ferro al tardo antico" con manufatti provenienti dall'Antiquarium di Metaponto, precedente sede espositiva.

Il Museo presenta la ricostruzione del quadro archeologico del territorio metapontino, dalla Preistoria sino al periodo tardo antico e si articola in varie sezioni che illustrano: le forme iniziali del popolamento ad opera degli Enotri-Choni durante la media età del bronzo e l'età del ferro; l'arrivo dei Greci dall'Acaia (regione del Peloponneso) durante il VII secolo a.C.; la formazione della colonia con l'occupazione del territorio e lo sviluppo della città; le trasformazioni dei centri italici del retroterra tra VI e IV secolo a.C.; il periodo della conquista romana e del graduale abbandono di Metaponto.

La schedatura ha portato a quantificare: 2725 oggetti esposti nelle sale, 80 strutture espositive di quattro tipologie, circa 15570 cassette nei depositi in cui sono conservati circa 77850 oggetti provenienti da scavi archeologici e ritrovamenti del territorio.

Questa densità si traduce nella grande quantità e varietà di reperti, per cronologia e tecnica di realizzazione. Sono infatti rappresentate molte categorie di materiale archeologico: ceramica di varie epoche e con finiture differenti, metallo, osso ed avorio, vetro e pasta vitrea, corallo e conchiglie, ambra e pietre dure, materiali lapidei, tessuto mineralizzato, interi pani di terra estratti da scavo (Figura 7).

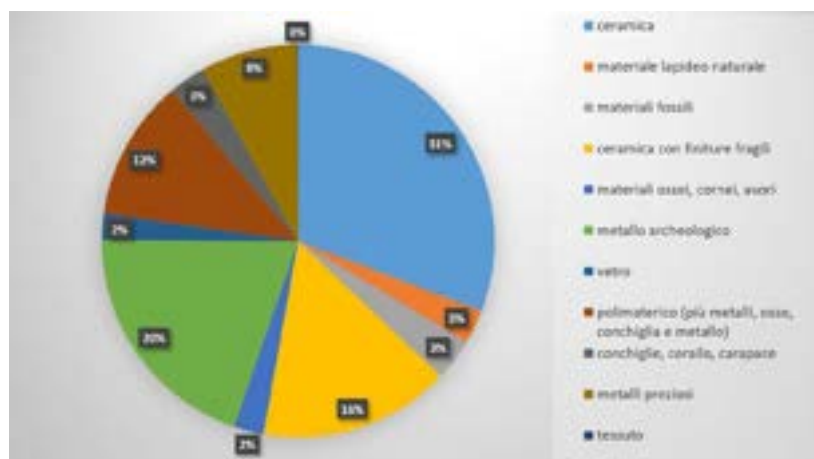


Figura 7. Museo Archeologico Nazionale di Metaponto: percentuale dei materiali costitutivi nelle collezioni esposte

L'edificio è costruito su un terrapieno a 8 metri s.l.m., si sviluppa su una superficie totale di circa 10.000 m² ed il territorio è classificato a media sismicità; è situato ad ovest del centro abitato di Metaponto, frazione del comune di Bernalda, di circa 1000 abitanti, che aumentano durante la stagione estiva ed è circondato da terreni agricoli.

Il mare dista circa 3.5 km in direzione est. L'entrata al Museo è sul lato E e S/SE ed esposta a venti prevalenti che spirano da mare verso O/NO, con velocità di brezza (circa 20 km/h) nelle ore centrali della giornata.

L'edificio è formato da una struttura in cemento armato, con vele e tamponature in laterocemento, rivestimenti esterni ed interni in pietra locale, copertura a spioventi diversamente orientati, che utilizza in prevalenza pannelli alveolari o in laterocemento, pavimentazione in materiale lapideo naturale e artificiale.

Il contenitore-museo è formato da 61 locali con 4 sale espositive, 8 depositi, 4 laboratori, 6 uffici, 3 archivi e 8 servizi igienici. Sono indicati nella la "Sezione Locali" della Scheda la Sala Espositiva, l'*Impluvium*, la Sala Mostre e la Sala Nuova. Compongono la "Sezione Depositi" gli ambienti: Deposito 38 detto Seconda Scelta, Deposito 5, Deposito 98, Deposito 102, Deposito 4 detto degli Americani, Deposito Porta Carraia, Deposito 106 e Deposito 20.

Nel Museo sono stati installati 16 *datalogger* per il campionamento, ogni 30 minuti, dei valori di temperatura (T (°C)) e di umidità relativa (UR%), più una stazione meteo esterna di riferimento, con sonda anemometrica e radiometrica.

Sono stati scelti anche 16 punti dove effettuare le misure *spot* di lux e UV, 13 punti per il rilevamento di PM10 e CO₂, 17 per il rilevamento di ioni cloruro. Sono state posizionate 147 trappole entomologiche.

Tutte le postazioni sono state riportate in planimetria (Figura 8).

In generale, si riscontra limitato isolamento delle sale espositive dall'ambiente esterno per motivi intrinseci alla struttura: orientamento cardinale, comunicazione diretta con ambienti di passaggio non condizionati, murature non coibentate e ampie superfici vetrate non sufficientemente schermate (lucernai, finestre).

Nelle sale del museo si registrano valori igrometrici variabili, e non sempre compatibili con le necessità conservative degli oggetti più sensibili all'umidità, come il raro frammento di tessuto mineralizzato, i preziosi reperti in metallo, in vetro instabile oltre ai manufatti in avorio, conchiglia, osso. Le elevate temperature registrate durante i mesi estivi possono favorire la dilatazione termica di alcuni delicati metalli laminati e l'alterazione dei materiali di restauro (Figura 9.).

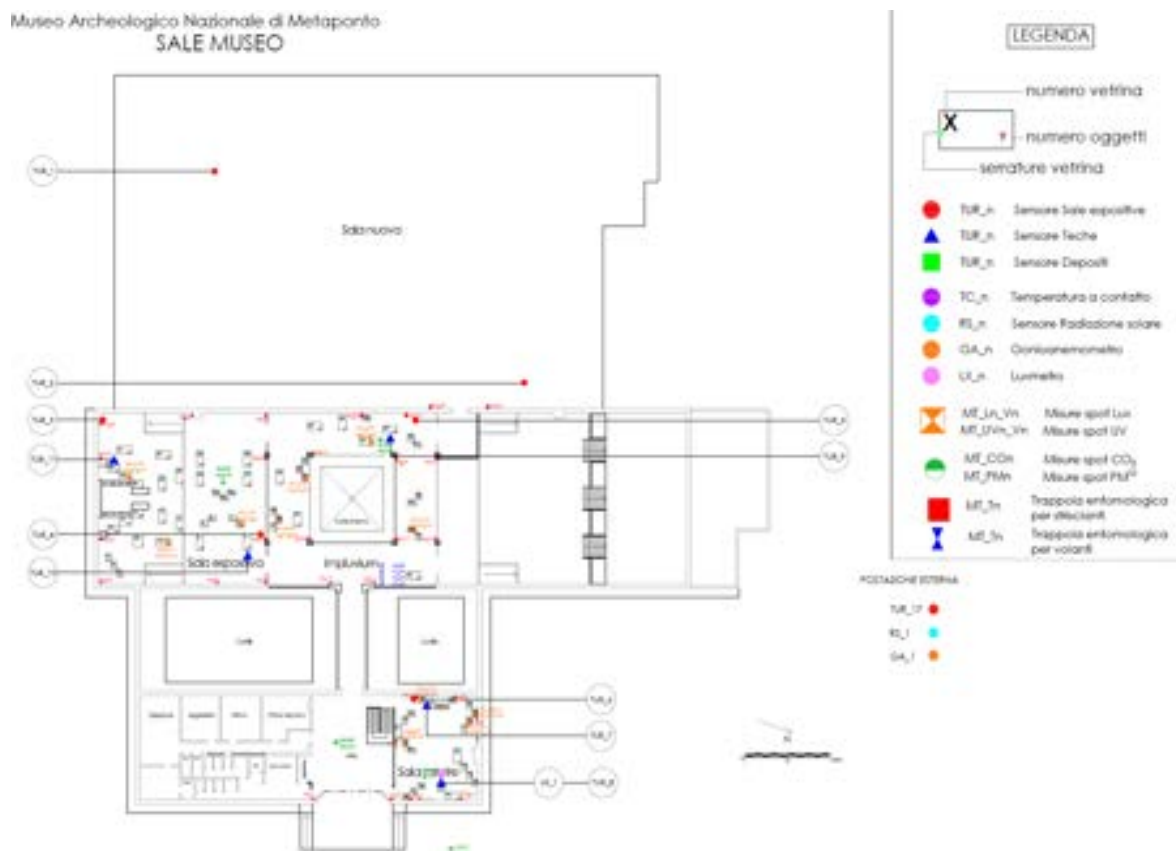


Figura 8 . Planimetria dettagliata delle sale con riportate le voci di interesse per il monitoraggio e la Scheda Ambientale

Nei depositi la situazione microclimatica è più stabile poiché i locali vengo tenuti prevalentemente chiusi. Per quanto concerne la presenza di insetti, sono state rinvenute alcune specie dannose alla conservazione dei manufatti, dei contenitori e degli imballaggi: coleotteri dermestidi, quasi tutti riferibili al genere *Anthrenus*. *Tisanuri* adulti, sporadici blattoidei e coleotteri anobidi. Sono presenti anche altri coleotteri, alcuni dei quali

riferibili alle famiglie *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Scarabeoidea*, *Tenebrionidae*, *Scolytidae*, nonché lepidotteri *Tineidi*.

L'agibilità dei depositi è mediamente agevole, a causa dell'ingombro dato da materiale proveniente da scavo non ancora collocato su scaffali: in definitiva il problema più diffuso sembra essere l'affollamento delle strutture espositive.

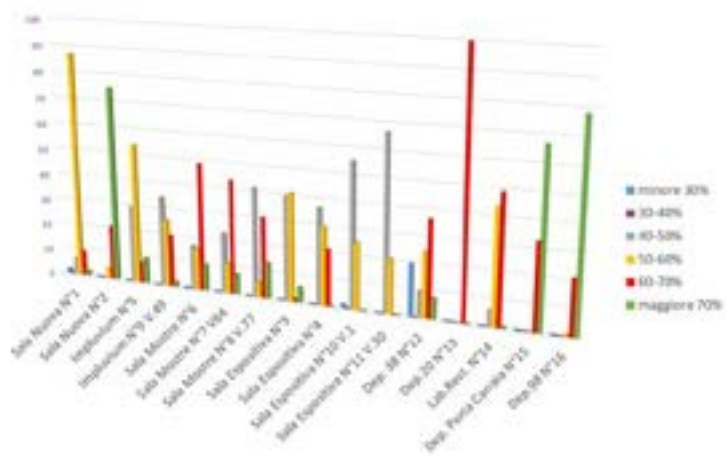


Figura 9. Metaponto: grafico di sintesi riportante le condizioni nei depositi degli andamenti percentuali di umidità relativa nelle sale e nei depositi, mese di maggio 2018

Il Museo Archeologico Nazionale della Siritide

Il Museo Archeologico Nazionale della Siritide a Policoro (MT) è stato inaugurato nel 1969 in prossimità del parco archeologico Siris-Herakleia. Il primo assetto del museo comprendeva le sale dalla I alla VII e i depositi 3 e 4. Successivamente il museo venne ampliato in due fasi successive: i lavori eseguiti tra la prima metà degli anni '90 e il 1996 comprendenti le sale da VIII a X e i depositi 5,6,7,8 e 9 e i lavori tra il 1996-97 e il 2016 in cui vengono realizzate le sale da XI a XIV e i depositi 1 e 2.

Le collezioni conservate al suo interno mostrano le varie fasi della presenza umana nella zona, dal neolitico attraverso le civiltà indigene dell'entroterra degli enotri (IX-V sec. a.C.) e lucani (IV sec. a.C.), al periodo magno greco, fino alla romanizzazione delle colonie greche di Siris ed Herakleia.

Nelle tredici sale che compongono il percorso museale, sono esposti 2834 oggetti in ceramica dipinta, monili in metalli pregiati, osso e avorio, ambra, corallo in 83 vetrine (Figura 10.).

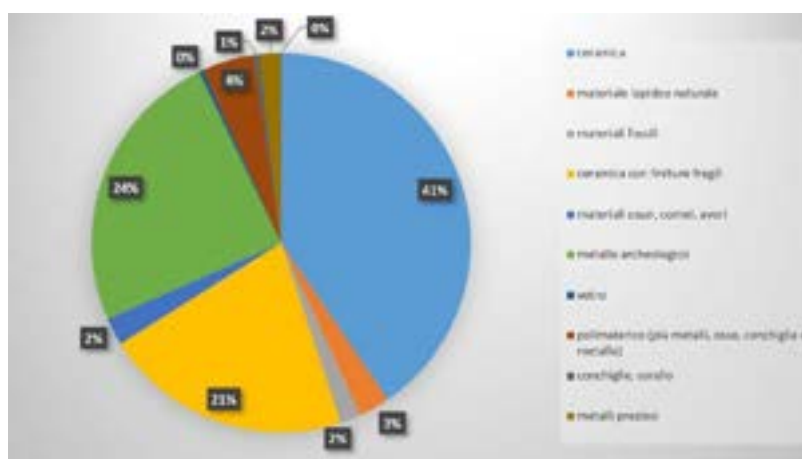


Figura 10. Museo Archeologico Nazionale della Siritide: percentuale dei materiali costitutivi nelle collezioni esposte

E' situato a nord ovest del centro abitato di Policoro ed è circondato da terreni agricoli. Il mare dista circa 6 km in direzione est. L'entrata al museo è esposta verso S/O a venti prevalenti che spirano da mare verso ovest, con velocità di brezza (fino a 5,4 m/s, circa 20 km/h) nelle ore centrali della giornata.

La struttura del museo è complessa e si articola in diverse ali a più livelli.

Gli andamenti termoigrometrici sono stati analizzati per gruppi di sale corrispondenti ai 3 diversi nuclei del museo, che presentano anche caratteristiche strutturali e di esposizione diversi (Figura 10).

Il primo nucleo inizia dove attualmente si trova l'ingresso principale e la collezione preistorica; si tratta delle sale da I a VII che si estendono verso est e verso nord. Le sale I, II e III sono comunicanti tra di loro e presentano tutte doppia esposizione a est e a ovest; sono dotate di finestre e di porte finestra che, quando aperte, causano notevoli variazioni termoigrometriche.

Il secondo nucleo si collega ad est al nucleo originario tramite un corridoio (la sala VIII); edificato nel 1996, si estende in lunghezza e comprende le sale VII-IX e X, oltre che gli uffici, il secondo ingresso e alcuni depositi. Nelle sale del secondo nucleo, i valori di UR% sono quelli che si mantengono mediamente più bassi, pur superando costantemente, tranne che in estate, il limite consigliato per la conservazione del metallo archeologico.

La sala X collega verso nord il terzo nucleo, il più recente, che comprende le sale XI-XII-XIII e XIV e termina con il deposito n°1. Si tratta di sale di ampia cubatura, su due livelli, con ampie vetrate e porte finestra, con esposizione NE-SE e NO-SO, molte delle quali comunicanti con l'esterno. In generale, tranne che nella sala XI, si registrano valori di UR che superano la soglia indicata per la conservazione dei metalli archeologici.

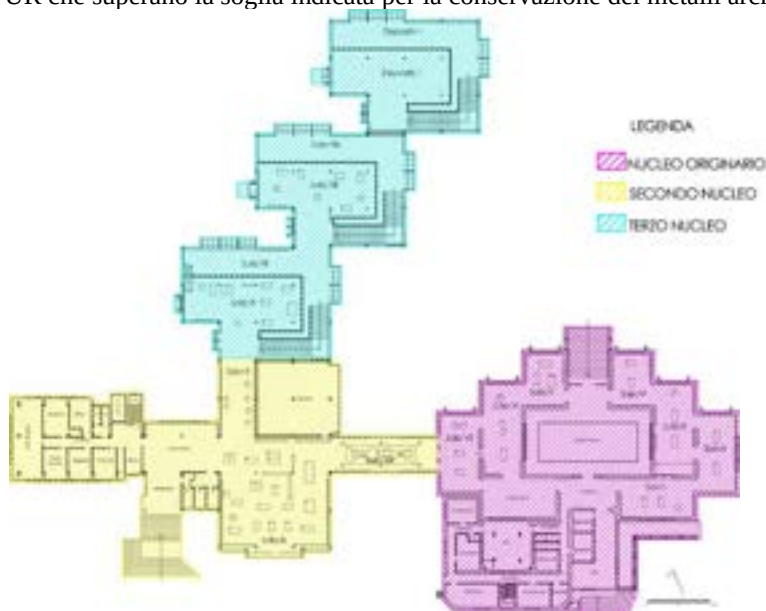


Figura 10. Museo Archeologico Nazionale della Siritide: gruppi di sale corrispondenti ai 3 diversi nuclei del museo

All'interno del museo, tra sale e depositi, sono stati installati 16 datalogger per il campionamento dei valori di temperatura T ($^{\circ}\text{C}$) e di umidità relativa UR% ogni 30 minuti, più una postazione esterna di riferimento che ha rilevato anche direzione e velocità del vento e potenza di radiazione (W/m^2).

Sono stati individuati 16 punti dove effettuare le misure *spot* di lux e UV, 19 punti per il rilevamento di PM10 e CO_2 , 26 per il rilevamento di ioni cloruro. Sono state poste in opera 78 trappole entomologiche, di cui 64 per insetti "non volanti" (34 in atrio e sale, 30 nei depositi) e 12 per insetti "volanti" (8 in sale 1 e 9, 4 in deposito 6).

L'umidità relativa, specialmente nei mesi invernali, raggiunge valori troppo elevati per la conservazione di metalli archeologici, per i manufatti igroscopici quali i reperti di natura organica (osso, avorio, cuoio), per la ceramica dipinta "a freddo" e per il vetro instabile (Figura 11.) ..

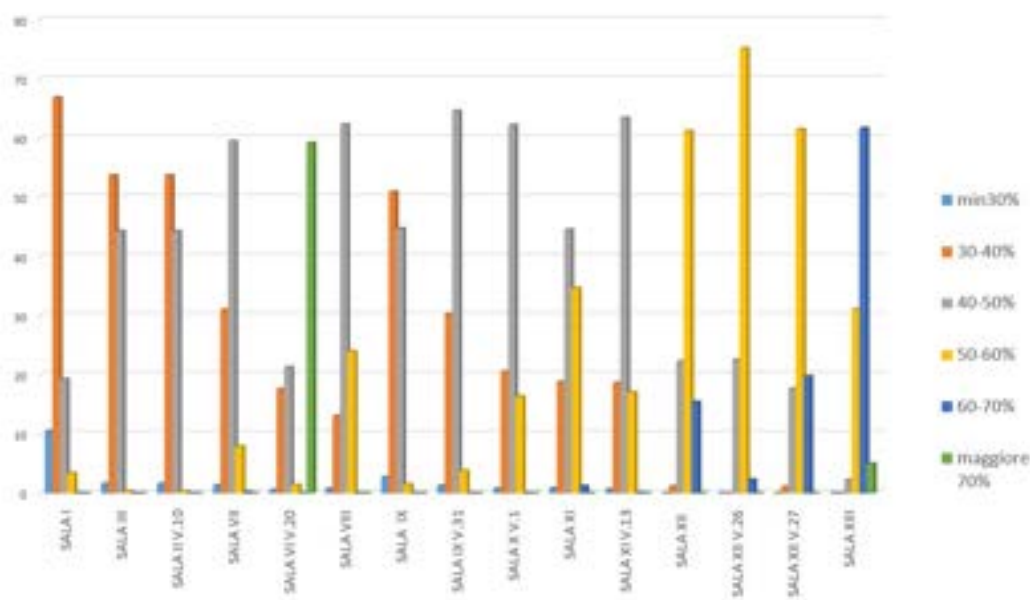


Figura 11. Policoro: grafico di sintesi riportante le condizioni nei depositi degli andamenti percentuali di umidità relativa nelle sale, mese di febbraio 2019

I vasti depositi del Museo Archeologico Nazionale della Siritide si trovano a quota inferiore rispetto alle sale, principalmente in ambienti seminterrati, che insistono declivio su cui è stato costruito l'edificio.

Esistono 9 ambienti adibiti a depositi e sono raggruppati in 3 diverse aree dell'edificio (Figura 12.). Presentano tutti finestre schermate tranne il Deposito 1, che è su due livelli, con ampie vetrate che affacciano sull'esterno a nord e ad est. All'interno di alcuni locali, sono presenti apparecchi portatili di condizionamento dell'aria che vengono attivati manualmente dal personale.

Gli oggetti custoditi sono provenienti da scavo e donazioni; sono generalmente riposti in cassette di legno, materiale igroscopico e appartengono alla più vasta tipologia di materiali costitutivi, pertanto verranno considerati soprattutto gli intervalli termo-igrometrici che assicurano le condizioni di benessere per i materiali più sensibili a queste variazioni, come i metalli archeologici e i reperti di natura organica (osso, avorio, tessuto).

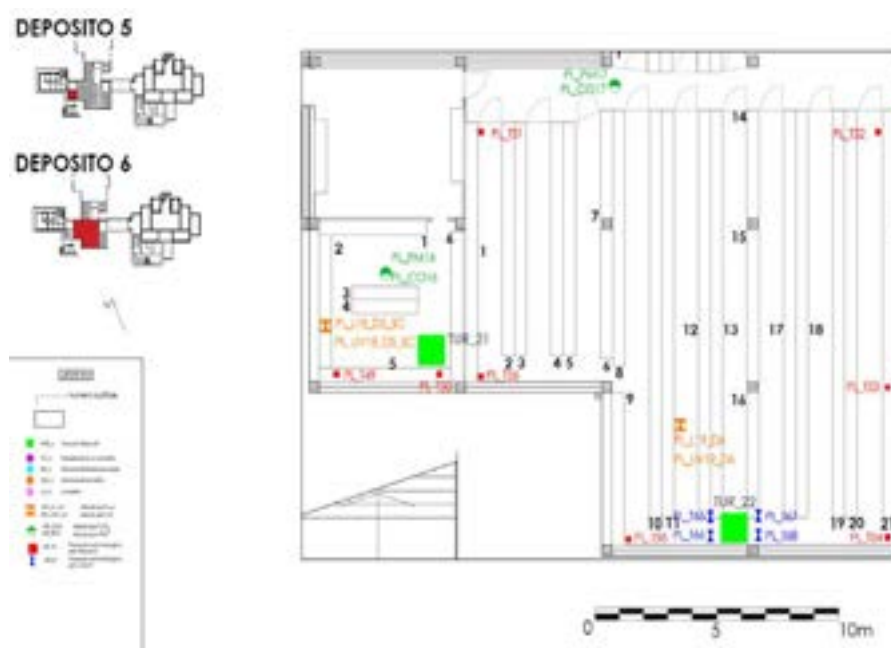


Figura 12. Esempio di planimetria dettagliata dei depositi, con posizione dei sensori, misurazioni spot e trappole entomologiche

In questo caso, la posizione semi-interrata assicura maggiore stabilità termica con minime escursioni e soprattutto con umidità relativa costante, perturbata dall'uso di deumidificatori portatili introduce sbalzi dannosi per i materiali sensibili, come gli organici, il vetro e il metallo archeologico.

Il deposito 1, molto grande e articolato su due livelli, è quello che presenta le condizioni termo-igrometriche più a rischio per la conservazione dei manufatti più sensibili: risente notevolmente delle variazioni termiche ambientali dell'esterno con escursioni repentine sia giornaliere, legate al ciclo dell'irraggiamento solare, sia mensili legate agli andamenti stagionali; la struttura infatti presenta ampie finestre non schermate che affacciano a est e a nord.

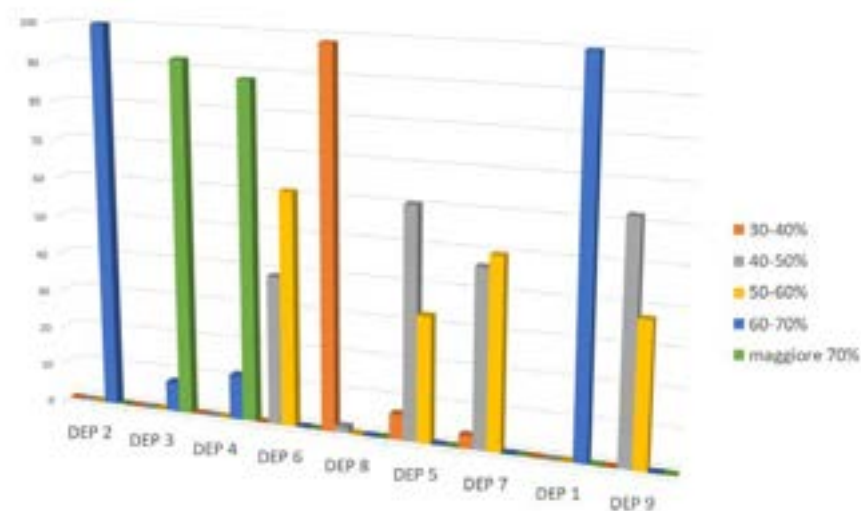


Figura 14. Policoro: grafico di sintesi riportante le condizioni nei depositi degli andamenti percentuali di umidità relativa nei depositi, mese di agosto 2018

L'agibilità dei depositi è mediamente agevole, ma sono presenti unità di stoccaggio sovraccariche e contenitori o reperti posti direttamente a terra.

In tutto il museo, sale e depositi, si riscontra permeabilità ad insetti, data l'ubicazione dell'edificio e la gestione delle aperture. Il campione raccolto nelle sale consiste soprattutto in numerose esuvie di coleotteri dermestidi, quasi tutti riferibili al genere *Anthrenus*. Ulteriori reperti sono rappresentati da pochi campioni tra tisanuri adulti. Sono stati catturati anche altri coleotteri alcuni dei quali riferibili alle famiglie *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Scarabeoidea*, *Tenebrionidae*, *Oedemeridae*; nei depositi il campione raccolto consiste in coleotteri, anobidi, *Tisanuri*, coleotteri dermestidi e lepidotteri tineidi.

Conclusioni

Spesso i risultati che emergono dalla schedatura possono sembrare scoraggianti, ma azioni migliorative, intraprese gradualmente, ad esempio prevedendo interventi dedicati a singole sale o depositi o gruppi di vetrine, possono sicuramente portare a risultati molto positivi.

In questo caso, la compilazione della SA ha permesso di individuare alcune problematiche per le quali le azioni migliorative sembrano essere:

Edificio

1. miglioramento della coibentazione di pareti e coperture
2. miglioramento della tenuta con infissi
3. installazione di bussole con doppia apertura e chiusura automatica alternata al passaggio
4. sostituzione dei faretto alogeni dell'illuminazione generale, ad alto consumo ed emissione di calore, con faretto di potenza in tecnologia LED studiati per musei ed esposizioni
5. schermatura delle superfici vetrate e dei lucernai con filtri a taglio IR/UV o tendaggi
6. mantenimento dell'impianto di condizionamento sempre in funzione, regolandolo ad un ridotto *set point* di temperatura di 18 °C durante la stagione invernale e di 26 °C durante la stagione estiva

Strutture espositive

Per quanto riguarda il miglioramento microclimatico delle vetrine, si individuano i seguenti accorgimenti:

1. introduzione di guarnizioni tra i vetri
2. condizionamento passivo tramite introduzione di stabilizzatori di umidità relativa in quelle contenenti metalli e vetro instabile;
3. riduzione del tempo di esposizione degli oggetti alla radiazione emessa da fonti di luce artificiale, con inserimento di sistema di accensione con fotocellula al passaggio (soluzione meno onerosa della sostituzione delle lampade al neon con corpi illuminanti LED, che richiederebbe una predisposizione degli impianti anche all'interno della vetrina stessa)

Naturalmente, l'efficacia degli interventi proposti necessiterà di un monitoraggio di verifica per, eventualmente, apportare ulteriori adeguamenti.

NOTE

[1] Alcuni dei siti presso i quali è stata impiegata la Scheda Ambientale ISCR sono il Museo Archeologico Nazionale di Napoli (depositi), i Musei Civici di Pesaro (sale espositive), la Pinacoteca Civica di Imperia (sale espositive), la Domus Aurea di Roma, le Scuderie del Quirinale di Roma (sale espositive), il Museo Centrale del Risorgimento presso il Complesso del Vittoriano a Roma (sale espositive), il Museo Nazionale di Arte Orientale di Roma (sale espositive e depositi), il Museo Archeologico Nazionale della Siritide di Policoro (sale espositive e depositi), il Museo Archeologico Nazionale di Metaponto (sale espositive e depositi), il Museo Civico di Viterbo (sale espositive).

[2] http://gestione_schede_mobili_iscr.beniculturali.it/

BIBLIOGRAFIA

1. Ministero per i Beni e la Attività Culturali, "Atto di Indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei", D. Lgs. n. 112/98, art. 150, comma 6
2. E. Giani, A. Giovagnoli, L. Gordini, M. P. Nugari, "La Pala Pesaro di Giovanni Bellini. I controlli ambientali", in *Kermes*, n. 74, Aprile/Giugno 2009, Ed. Nardini, Firenze, p. 25-35
3. Cecchini Silvia, *Trasmettere al Futuro. Tutela, conservazione, manutenzione programmata*, Gangemi Editore, Roma, 2012;
4. Antomarchi, C., M. Debulpaep, V. Džikić, A. Ghadban, G. de Guichen, S. Lambert, M. Mertzani, A. Pandya, J. Šubic Prislán, L.-M. Tapini and V. Živković. 2017. Team up and re-group, re-use, and re-vive! Lessons learnt from RE-ORG workshops around the world. ICOM-CC 18th Triennial Conference Preprints, Copenhagen 2017, ed. J. Bridgland. Paris: International Council of Museums
5. [a cura di] Cristina Menegazzi, Iolanda Silvestri, *La conservazione preventiva delle raccolte museali: atti del convegno Servizi e professionalità "nuove" per la tutela*, Kermes Quaderni, Nardini ed., Firenze 2003
6. [a cura dell'] Istituto per i Beni Artistici Culturali e Naturali della regione Emilia-Romagna, *Oggetti nel tempo: principi e tecniche di conservazione preventiva*, Servizio Musei e Beni Culturali, Clueb Edizioni, Bologna, 2007

MONITORAGGIO DEI PARAMENTI LAPIDEI DEI PROSPETTI DEL CORTILE DI PALAZZO PITTI DI BARTOLOMEO AMMANNATI

Stefano Landi*, Teresa Salvatici, Carlo Alberto Garzonio***, Paola Ruggieri****, Angela Pintore*******

* Restauratore, via Polveriera 16, 5014, Fiesole, +393398920992,
rest_land@yahoo.it

** Assegnista, Università degli Studi di Firenze, via G. La Pira 4, 50125, Firenze, +393933750088,
teresa.salvatici@unifi.it

*** Professore Ordinario, Università degli Studi di Firenze, via G. La Pira 4, 50125, Firenze, + 3355613760,
carloalberto.garzonio@unifi.it

****Funzionario Architetto, Gallerie degli Uffizi, Piazzale degli Uffizi 6, 50122, Firenze, +3356670048,
paola.ruggieri@beniculturali.it

*****Assistente, Gallerie degli Uffizi, Piazzale degli Uffizi 6, Firenze, +393281513793,
angela.pintore@beniculturali.it

Abstract

Il monitoraggio dei paramenti lapidei del cortile dell'Ammannati a Palazzo Pitti è stato eseguito attraverso una combinata prassi operativa che ha visto in primo luogo, un'attenta analisi visiva di tutta la superficie architettonica, al fine di verificare le caratteristiche intrinseche della materia costitutiva e la sua eventuale vulnerabilità. Si è quindi proceduto sondando la superficie mediante una serie di operazioni pratiche ed empiriche, tese a verificare la resistenza e la compattezza del materiale.

Tali operazioni hanno portato alla realizzazione di rilievi grafici finali dello stato di conservazione e del quadro fessurativo del materiale lapideo. L'intervento di monitoraggio, le indagini eseguite e il confronto multidisciplinare sui dati acquisiti hanno permesso di redigere un piano di monitoraggio dettagliato, correlato alla mappatura dello stato materico del manufatto e dello stato di degrado del paramento lapideo con individuazione delle parti considerati potenzialmente soggetti a caduta (mappati e documentati con indicazione dei dati morfometrici, classificazione dei giunti, ipotesi evolutive etc.) e/o che presentano potenziali condizioni di vulnerabilità.

Introduzione

L'origine del cortile dell'Ammannati di Palazzo Pitti a Firenze risale al 1561 quando il Duca Cosimo I de' Medici incarica Bartolomeo Ammannati¹ il progetto e dei lavori di ampliamento del palazzo. Esso lasciò inalterate le dimensioni della facciata ma sul fronte interno raddoppiò invece la profondità della fabbrica e vi aggiunse due ali perpendicolari, creando in tal modo il monumentale cortile. L'ala sinistra era già compiuta nel 1566²; più tempo occorre invece per l'ala destra, iniziata soltanto dopo la completa demolizione della vecchia casa dei Pitti. Il cortile è caratterizzato dall'uso del bugnato 'rustico' fiorentino costituito principalmente da Pietraforte e in misura minore da Pietra Serena.

L'intervento di monitoraggio del cortile dell'Ammannati rientra in un programma di manutenzione programmata avviata dalle Gallerie degli Uffizi al fine di ottemperare alla verifica dello stato di conservazione dei manufatti in consegna all'Amministrazione ed ha interessato il paramento lapideo di tre prospetti su tre livelli: piano terra, piano primo e piano secondo, incluso i terrazzi con ringhiera in ferro ubicati su due livelli, il sottogrona con il cassettonato decorato con elementi lapidei floreali. L'intervento ha riguardato, oltre al monitoraggio del paramento lapideo, anche il controllo e la pulitura/revisione delle docce, dei raccordi, dei pluviali e delle converse, tenuto conto dell'importanza di verificare il regolare funzionamento del convogliamento dell'acqua pluviale, spesso causa di gravi danni alle facciate. Per lo svolgimento dell'intervento è stato stipulato un accordo di collaborazione tra le Gallerie degli Uffizi e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze.

Materiale costitutivo e sue alterazioni

L'elemento innovatore del rivestimento esterno del cortile dell'Ammannati è il trattamento diverso del bugnato in Pietraforte la quale costituisce uno dei principali materiali lapidei utilizzati nell'architettura fiorentina, in questo caso impiegata come pietra da costruzione, di rivestimento e di decorazione (Figura 1).

La Pietraforte è una roccia sedimentaria, costituita da arenarie silico-carbonatiche alternate ad argilliti siltitiche, con rare intercalazioni di strati carbonatici più o meno marnosi, appartenente alla formazione torbiditica del complesso alloctono delle Liguridi Esterne. La formazione è databile al Cretaceo Superiore³⁻⁴.

Nel cortile questa si presenta prevalentemente di colorazione giallo ocra a causa della rapida alterazione cromatica dovuta all'ossidazione del ferro presente; solo in sporadiche porzioni la pietra ha mantenuto il colore grigio del taglio fresco. Per la sua storia geologica, la Pietraforte è caratterizzata da numerose laminazioni di tipo convoluto e dalla presenza di vene di calcite: queste caratteristiche rappresentano *in primis* le zone di debolezza dove possono verificarsi potenziali distacchi. L'azione delle acque meteoriche porta alla dissoluzione del carbonato di calcio, presente sia nelle vene di calcite che nello stesso cemento carbonatico all'interno della roccia: nel primo caso, tale meccanismo può comportare la perdita della "saldatura" con la completa apertura delle vene e conseguente distacco e perdita di blocchi, anche di consistenti dimensioni; nel secondo caso i distacchi hanno spessore più sottile, comportando un'esfoliazione superficiale⁵.

Nel cortile l'uso del bugnato è enfatizzato e segue la tendenza cinquecentesca che portava gli architetti ad avvicinarsi alla scultura. Il bugnato dell'Ammannati è irregolare, negli archi del piano terreno si interrompe e poi riprende, dando l'idea di una costruzione realizzata con una pietra appena cavata e subito applicata, sbazzata solo con colpi di subbia (Figura 1b, c, d)⁶⁻⁷. Al primo e al secondo piano il bugnato lascia spazio agli archi nei quali sono inserite le finestre, caratterizzate da profili e timpani di diverso tipo e incorniciate da una lavorazione a bocciarda, che nelle tre arcate centrali dei prospetti di levante e di ponente vede una finitura a intonaco della superficie circostante (Figura 1b, c, d). L'intonaco è inoltre presente sulle tamponature delle finestre angolari superiori dei due prospetti.

Le bugne vanno a ricoprire anche le semicolonne dei tre ordini sovrapposti (dorico, ionico e corinzio), di forma tonda al piano terreno e al secondo e di forma quadrata al primo piano. Si osserva poi come passando ai livelli superiori le semicolonne si liberino progressivamente dal bugnato: al piano terreno si trova un bugnato molto fitto e la colonna si può solo intravedere confondendosi con il bugnato degli archi adiacenti; ai piani successivi, tra un elemento di bugnato e l'altro, riusciamo a percepire parte del profilo.

Ogni piano è marcato da cornici modanate in aggetto; su queste si impostano i due balconi con ringhiera in ferro battuto al primo e al secondo livello, che corrono lungo tutti e tre prospetti. In chiave a ogni arco sono presenti mascheroni alternati con teste maschili barbute, teste di capricorno e figure zoomorfe.

I prospetti culminano con un cornicione modanato con mensole e cassettonato decorato con elementi floreali.^{[1][SEP]} Per realizzare tale opera, l'Ammannati cavò la Pietraforte direttamente nel luogo dove sorge ora il cortile e addirittura alcuni degli elementi inferiori sono realizzati con lastre lasciate in loco.



Figura 1. Cortile Ammannati a Palazzo Pitti, Firenze, a) veduta frontale, b) prospetto di ponente, c) prospetto centrale e d) prospetto di levante.

Interventi preliminari al monitoraggio

Preliminarmente allo svolgimento del monitoraggio, si è ritenuto opportuno avviare una indagine Georadar all'intero cortile estesa fino a circa 3 metri lineari di profondità con restituzione dell'assetto del sottosuolo su base cartografica del Comune di Firenze. Dalle indagini svolte, è stata evidenziata la presenza di cavedi nel sottosuolo con individuazione delle fasce di ingombro dei sottoservizi e le relative profondità. Le indagini sono state effettuate al fine di consentire un agevole utilizzo della piattaforma aerea cingolata[1] in sicurezza[2]. Per il monitoraggio è stata fornita una base di lavoro costituita da elaborati grafici cartacei dei prospetti eseguiti nell'anno 1977-1978, depositati presso l'archivio disegni della Soprintendenza, che si è provveduto a digitalizzare, tramite scansione, a cui sono state sovrapposte foto ad alta risoluzione[3]. In questo modo è stato

possibile approntare velocemente una base di lavoro. Per motivi di praticità ogni facciata è stata poi suddivisa in tavole formato A3 in scala 1:50, più gestibili nell'ambito del cantiere, a ciascuna delle quali è stato sovrapposto un foglio di acetato su cui, in colori differenti per evidenziare i diversi tematismi, sono state appuntate tutte le rilevazioni durante il monitoraggio: le discontinuità più o meno profonde riscontrate nella Pietraforte; i dettagli architettonici che necessitavano di essere messi in sicurezza; il numero di catalogazione progressivo dei frammenti staccati e conservati per il futuro restauro.

Prima di procedere al monitoraggio inoltre sono state svolte ricerche bibliografiche e documentarie presso l'Archivio della Soprintendenza, tese a chiarire la genesi costruttiva e le vicende evolutive dei prospetti architettonici e a fornire possibili spunti di corrispondenza rispetto alle evidenze fisiche e materiche.

La prima attività di restauro è riconducibile al 1966 su tutti e tre i prospetti: ciò si evince dalla presenza del colore marrone scuro ritrovato come patinatura per equilibrare elementi fortemente segnati o ricostruzioni di mancanze (Figura 2a). Un altro intervento più recente di cui non si conosce l'anno consiste: nel consolidamento strutturale eseguito con perni in ferro e cemento, nella risarcitura di una lesione strutturale, eseguita in malta cementizia sul prospetto di ponente e forse l'impermeabilizzazione dei balconi e il loro rifacimento con nuove lastre di Pietra Serena. Gli interventi di restauro più recenti sono riconducibili agli anni 2008-2011, durante i quali sono state eseguite operazioni generali di spolveratura e lavaggio del paramento, impacchi di carbonato di ammonio nelle zone dove lo sporco era più consistente, consolidamento superficiale, impernatura di frammenti a parti di bozza, stuccature e trattamenti protettivi (Figura 2b).



Figura 2. Interventi di restauro a) del 1966 e b) del 2008-2011.

Progetto di intervento

Lo studio dello stato di conservazione del manufatto in Pietraforte ha tenuto conto di una articolazione delle operazioni in tre diverse fasi:

controllo visivo a distanza: semplice e speditiva modalità di osservazione eseguita a distanza mediante ispezione sul posto con il supporto della documentazione fornita dall'Amministrazione. Per rendere il lavoro più facile ed efficiente sul piano operativo il Restauratore ha provveduto ad una suddivisione del prospetto in quadranti. Il controllo visivo a distanza consente di individuare i fenomeni di degrado e/o dissesto su scala macroscopica a cui segue un controllo ravvicinato sui singoli elementi lapidei di tipo empirico e strumentale;

controllo empirico: ispezione ravvicinata per una valutazione precisa dello stato di conservazione dei singoli elementi lapidei e/o della funzionalità di elementi ubicati in facciata come partiture metalliche, infissi interni ed esterni etc.;

controllo strumentale ispezione mediante rilievi organolettici, geometrici, sonici e ultrasonici di punti rappresentativi delle superfici lapidee, con eventuali prove sclerometriche.

Gli interventi previsti e richiesti per le operazioni di monitoraggio sono stati: la saggiatura manuale e/o con strumentazione idonea di tutta la superficie interessata; la contestuale mappatura dello stato di degrado con

accurata documentazione fotografica e localizzazione degli interventi di messa in sicurezza eseguiti nel corso della revisione; l'eventuale distacco dei pezzi pericolanti che presentano manifeste condizioni di vulnerabilità, al fine di evitarne la caduta; l'ordinata raccolta dei frammenti all'interno di apposito contenitore con individuazione della localizzazione nel rispettivo quadrante del prospetto generale in vista di un possibile ricollocamento.

La saggiatura manuale e con martellina ha permesso di classificare il suono della materia dei conci; un suono chiaro e acuto testimonia la compattezza della parte esaminata, segnalando quindi la sua buona resistenza; un suono sordo e cupo segnala la presenza di un rilassamento della materia con dilatazione e sub-rigonfiamenti interni con fenomeni micro e macro fratture, rivelandone quindi la sua scarsa resistenza. In taluni casi sono state eseguite alcuni test con il martello di Schmidt e con gli ultrasuoni per confermare lo stato di rilassamento rilevato e di situazioni di fessurazione mascherate dalle stuccature e patine superficiali degli interventi di restauro precedenti. In particolare, le analisi con lo sclerometro e con gli ultrasuoni sono state effettuate su quattro mensole campione della facciata di ponente e centrale e su un blocco di bugnato della facciata centrale.

Lo sclerometro fornisce l'indice di rimbalzo elastico della massa (R , -), funzione della quantità di energia elastica restituita dal materiale su cui viene effettuata la prova, da questa è possibile risalire alla resistenza a compressione del materiale (σ , MPa) stesso tramite apposite tabelle di conversione o equazioni di letteratura.

Il metodo ad ultrasuoni si basa sull'emissione, da parte di un trasduttore, di un impulso ad ultrasuoni all'interno del materiale, l'impulso si propaga attraverso il materiale da esaminare con velocità che dipende dalle sue caratteristiche fisiche e meccaniche ma anche dal loro decadimento e degrado dovuto agli agenti atmosferici e inquinanti. Il valore misurato in un test a ultrasuoni è il tempo di volo (t , μs), ovvero il tempo impiegato dal suono per attraversare il campione, a partire da questo e dello spessore del materiale (l , cm) può essere misurata la velocità dell'onda (v , m/s). L'efficacia del test migliora in base alla morfologia del pezzo da esaminare.

In tutte le zone dove le analisi hanno dato risultati bassi e dove l'applicazione di una pressione variabile di 45-50Kg con una spatola ad oliva ha aperto un varco con successiva lesione si è proceduto alla rimozione del frammento instabile, recuperandolo interamente o parzialmente ed eseguendo verifiche nelle zone perimetrali per accertarsi della presenza o meno di altre criticità: laddove queste sono state riscontrate, si è proceduto a bonificare l'area e a rimuovere tutti gli elementi incerti.

L'intervento è stato poi distinto sulla base delle dimensioni dei frammenti: quelli di dimensioni superiori a 4 cm sono stati conservati, recuperati e catalogati, mentre quelli di dimensioni inferiori ai 4 cm e non appartenenti a elementi decorativi sono stati portati al piano terreno e radunati tra i frammenti generali per la loro valutazione finale in peso.

Risultati

I risultati delle prove ultrasoniche e sclerometriche mostrano che in tutti i casi studiati valori ottenuti sono inferiori rispetto a quelli registrati solitamente sui blocchi di Pietraforte appena cavati (3000-4000 m/s)(Tabella 1).

Tabella 1. Risultati prove sclerometriche e ultrasoniche.

MENSOLA 12 - PROSPETTO PONENTE					MENSOLA 13 - PROSPETTO PONENTE				
R (-)	σ (MPa) Deere and Miller (1966)	d (cm)	t (μs)	v (m/s)	R (-)	σ (MPa) Deere and Miller (1966)	d (cm)	t (μs)	v (m/s)
41	83	20	218	920	41	83	20	154	1290
36	64	20	394	510	32	53	15	492	310
MENSOLA 4 - PROSPETTO CENTRALE					MENSOLA 14 - PROSPETTO CENTRALE				
42	90	25	124	2000	49	129	30	78.9	3800
BUGNATO - PROSPETTO CENTRALE									
42	89	50	368	1360					
42	89	50	370	1350					

Come già detto precedentemente l'efficacia del test è influenzata anche dalla morfologia del pezzo da esaminare, infatti, la presenza di superfici non piane (quali nel nostro caso le superfici scolpite) ostacolano in parte il passaggio degli ultrasuoni restituendo velocità generalmente inferiori e possono influenzare il rimbalzo dello sclerometro.

Confrontando i risultati ottenuti è possibile tuttavia giungere ad alcune considerazioni, la Mensola 12 presenta basse velocità ultrasoniche e nella parte bassa anche bassi valori di resistenza, questo è dovuto alla forte presenza del degrado di tipo esfoliativo della parte inferiore che determina un grosso rallentamento delle onde ultrasonore all'interno del materiale (Figura 3a). Sulla Mensola 13 la misura effettuata da una parte all'altra della fessura presenta, la velocità è molto bassa, circa 310 m/s; invece, la misura effettuata non intercettando la parte fessurata mostra una velocità ultrasonica più alta di circa 1290 m/s e resistenza di 82 MPa. La Mensola 4 che presenta numerosi piani di laminazione paralleli che si sviluppano partendo dalla parte inferiore, mostra valori di velocità medi di circa 2000 m/s e resistenza di 90 MPa. Infine la Mensola 14 mostra valori di 3800 m/s e valori di resistenza di 129 MPa indice che la Pietraforte si trova in buono stato di conservazione. Per quanto riguarda

L'analisi effettuata sul blocco di bugnato i valori di velocità ultrasonica sono di circa 1350 m/s, però le misure effettuate attraversando la grossa fessura che attraversa l'intero blocco (Figura 3b), non forniscono risultati in quanto il segnale emesso dall'antenna trasmittente non raggiunge quella ricevente.

Tutto il materiale precipitato sui balconi e nel cortile (Figura 3 c, d,e, f) è stato recuperato e raccolto in sacchi di plastica rigida trasparente. Già dalle prime operazioni di monitoraggio è emerso come il peggiore stato di conservazione corrisponda alla prima fascia verticale esterna del prospetto di ponente, da cui è stata recuperata un'ingente mole di frammenti di scarto distaccati: 142,2 kg nella terrazza del secondo piano, 40,5 kg nella terrazza del primo piano e 4,5 kg nel cortile. Al termine dell'intervento i frammenti di scarto recuperati da tutti i tre prospetti hanno raggiunto un peso complessivo di 918 kg.

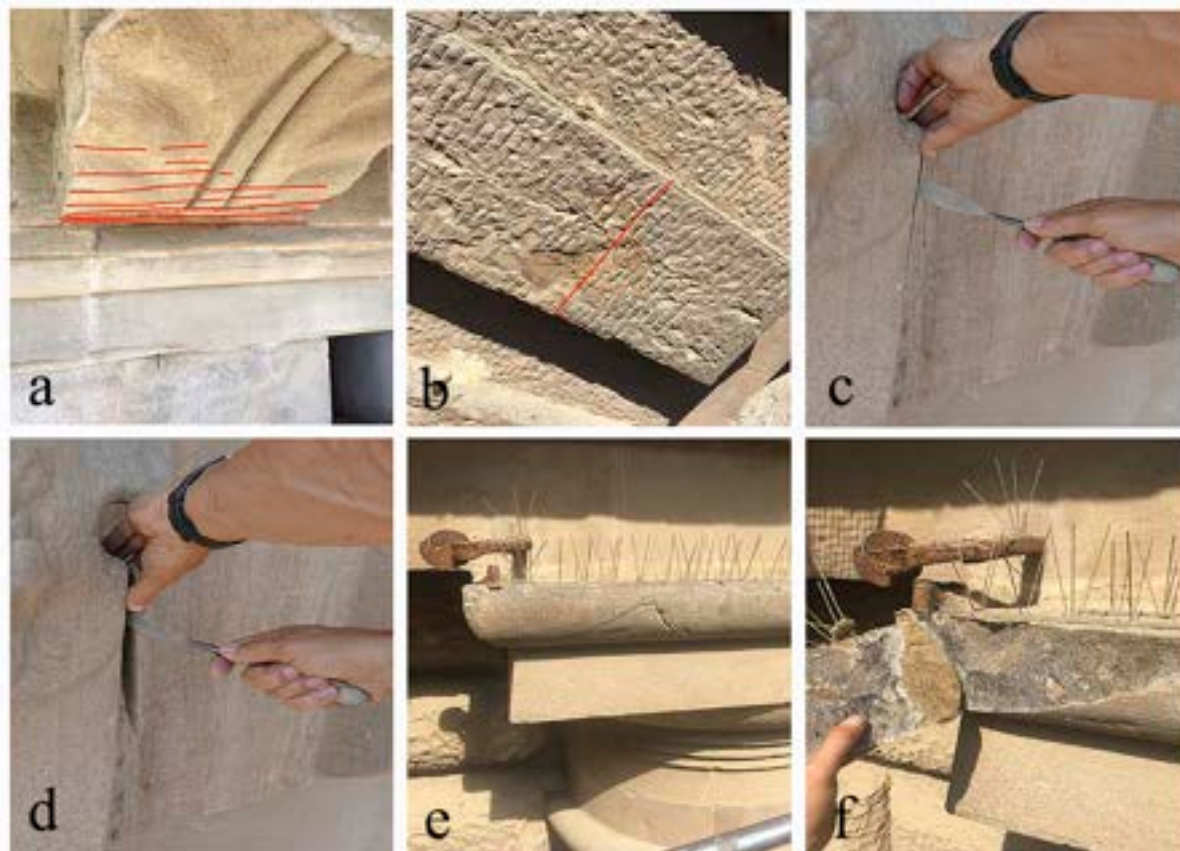


Figura 3. Esempio di problematiche riscontrate a) Mensola 12 prospetto di ponente, con laminazioni in rosso, b) bugna indagata con indagini ultrasoniche (in rosso frattura), c e d) esempio di distacco piccole porzioni lungo le laminazioni naturali della Pietraforte ed e, f) distacco lungo vena di calcite.

Infine, si è effettuata una mappatura delle vene di calcite in aggetto con micro e macro fratturesaldade di persistenza incerta, attribuendo a ciascuna una campitura specifica in base alla tipologia ed all'entità in modo tale da avere un quadro di lettura chiaro ed immediato.

I fogli di acetato utilizzati in cantiere sono stati digitalizzati tramite scansione e ricomposti sovrapponendoli alla facciata ad alta risoluzione con l'ausilio di un programma per la gestione di immagini raster. Per garantire il controllo dell'errore in questa fase ogni acetato è stata scansionato due volte: la prima con l'immagine di riferimento come sfondo, la seconda con uno sfondo bianco. Il layer contenente questa seconda immagine, privato del fondo, è poi stato sovrapposto ed ancorato a quello della prima scansione che ha fornito la guida necessaria per la ricomposizione dell'intero prospetto.

Successivamente si è provveduto a elaborare ulteriormente l'immagine a sfondo trasparente ottenuta dall'unione degli acetati assegnando a ciascun tematismo un proprio layer con l'ausilio delle funzioni di selezione discriminante per colore (Figura 4).

Il metodo utilizzato ha permesso di digitalizzare e archiviare con un minimo dispendio di energie la mole dei dati emersi in fase di monitoraggio, semplificando il loro utilizzo durante la fase di restauro e rendendo possibile la consultazione degli stessi anche in futuro. Sebbene questo approccio sia passibile di notevoli miglioramenti (aumento e diversificazione dei tematismi del rilievo, vettorializzazione dei dati ed eventuale localizzazione degli stessi tramite applicazioni di tipo GIS) quello realizzato è indubbiamente un approccio vincente nell'ambito di una gestione snella del dato di rilievo grazie al quale gli appunti di cantiere, graficizzati ancora

con metodi tradizionali, acquistano le caratteristiche di fruibilità, riproducibilità e trasmissibilità garantite dal formato digitale (Figura 4).

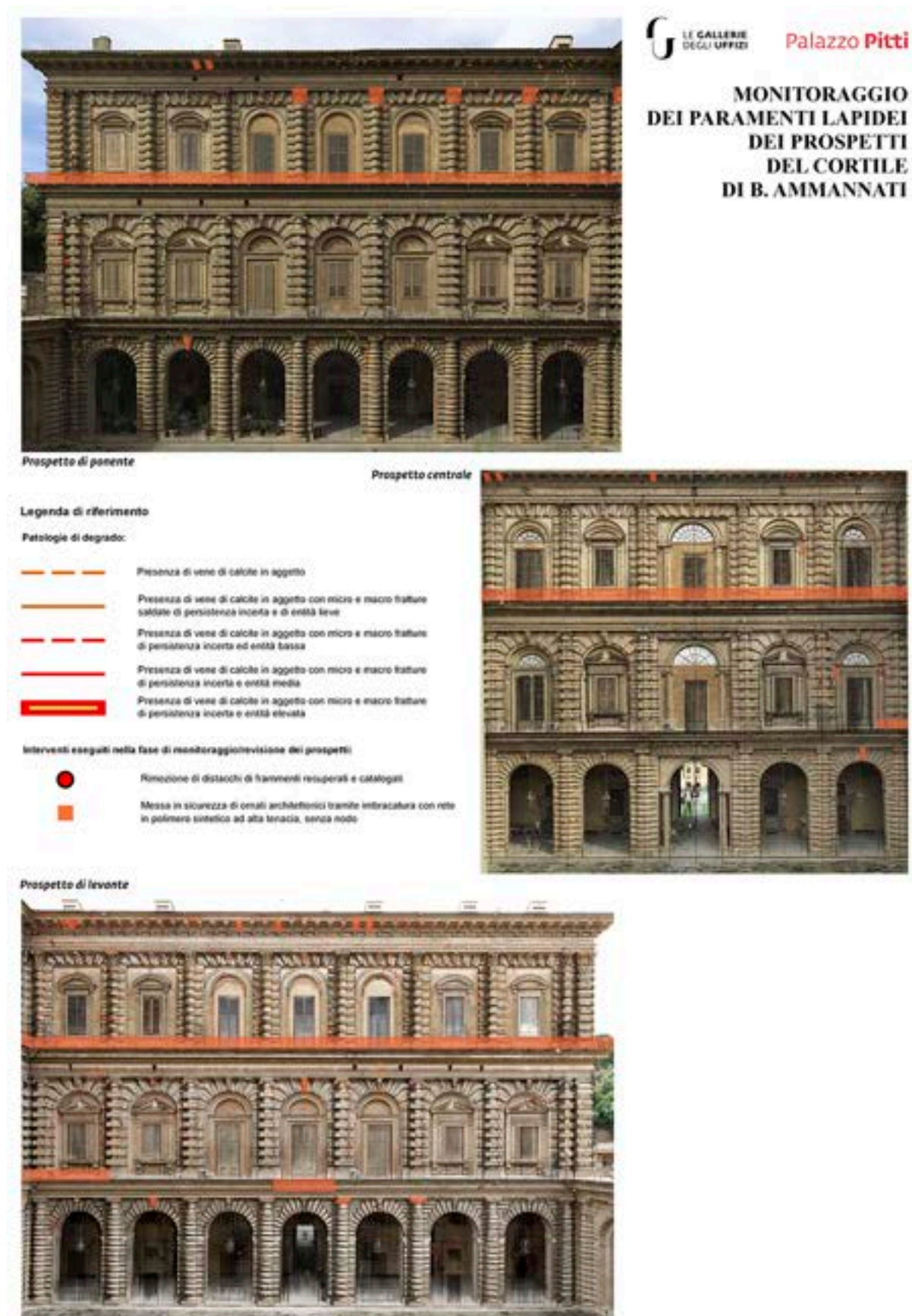


Figura 4. Tavole dei tre prospetti del cortile del B. Ammannati con stato di conservazione e interventi eseguiti

Discussioni

Se analizziamo i risultati delle analisi ultrasoniche e sclerometriche si vede come al crescere della velocità aumenta anche l'indice di rimbalzo misurato con il martello di Schmidt e quindi la resistenza del materiale, le misure infatti aiutano l'operatore a individuare lo stato di conservazione e viceversa lo stato di degrado in cui si trova la pietra esaminata.

L'intervento di monitoraggio, le indagini eseguite e il confronto multidisciplinare sui dati acquisiti hanno permesso di redigere un piano di emergenza dettagliato, correlato alla scala di gravità del quadro fessurativo, delle micro e macro fessure, delle mancanze e alterazioni delle materia costitutiva.

E' stato in primo luogo necessario studiare un sistema di pronto intervento atto a bloccare gli elementi più critici. Rispetto ai materiali da impiegare sono state prese in considerazione le scelte operate durante i lavori di messa in sicurezza in altri palazzi storici, come Palazzo Strozzi, la Loggia dei Lanzi, il portale d'ingresso della chiesa di San Marco. Sono state quindi avviate alcune prove sperimentali con l'impiego di vari materiali, ovvero: rete metallica verniciata 1,5x1,5 cm; rete d'acciaio 1,5x1,5 cm; rete in rame trattata 1,5x1,5 cm; rete di nylon utilizzata per l'allontanamento volatili 3x3 cm. Quest'ultima è stata scelta poiché ritenuta semplice da lavorare e con un buon effetto estetico, si è proceduto quindi alla imbracatura con la rete di nylon tagliata a misura e fissata per mezzo di funi in acciaio inox (4mm) assicurate ad anelli Fischer in acciaio inox a tassello di 6 e 8 mm, fatti aderire a pressione al paramento mediante la realizzazione di fori eseguiti a scomparsa sui giunti distanti fra loro 15- 20 cm, degli elementi architettonici più vulnerabili (Figura 5).

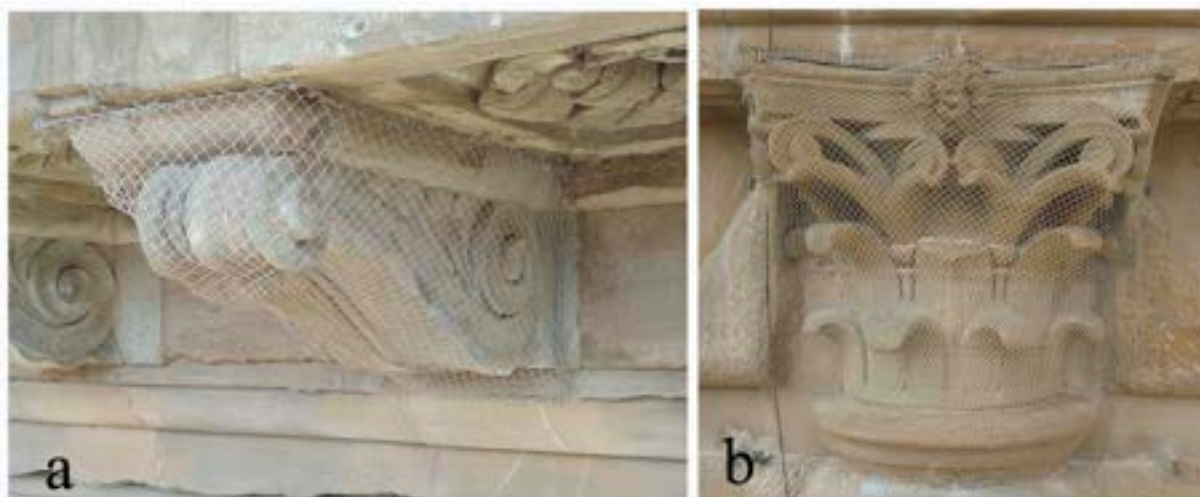


Figura 5. Esempi di messa in sicurezza di pronto intervento, a) mensola del prospetto di levante e b) capitello del prospetto di ponente.

Dalla campagna di monitoraggio e di indagine inoltre sono emerse alcune considerazioni generali. Tutti e tre i prospetti necessitano di un intervento di restauro specifico, studiato nella sua complessità, con lo scopo di rendere migliore la conservazione e la sicurezza del luogo. Dalle prime fasi di lavoro è emerso come il prospetto di ponente sia quello in peggiori condizioni e necessiti di un intervento di restauro in tempi brevi, soprattutto per gli elementi in aggetto come le mensole, i capitelli e le chiavi di volta. ^[56]

Tali osservazioni sono raccolte in maniera sintetica nella Figura 6 evidenziando con il colore rosso le aree che necessitano di un intervento di restauro in tempi brevi; con il colore arancione le aree che necessitano di un intervento specifico; con i colori giallo le aree sulle quali applicare uno stretto monitoraggio, da eseguirsi annualmente con un programma mirato come di seguito spiegato.

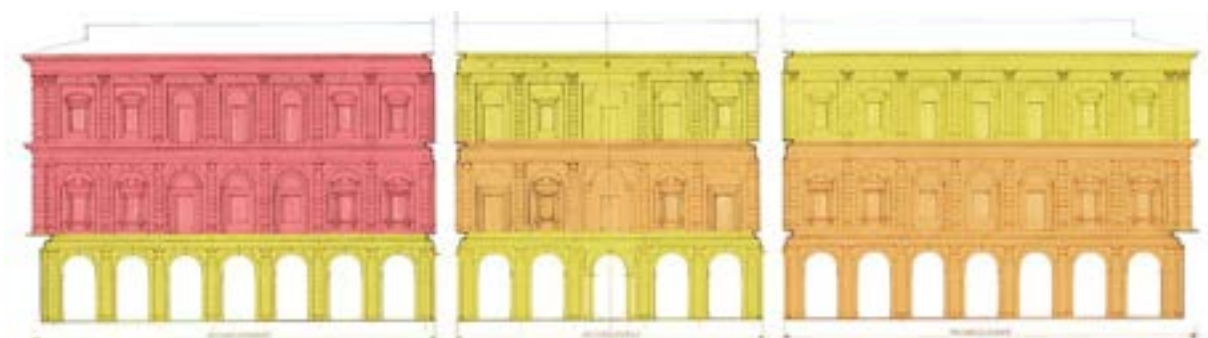


Figura 6. Interventi di restauro necessari (in rosso interventi indispensabili in tempi brevi, in arancione interventi specifici zone da monitorare).

Conclusioni

I rilievi grafici finali dello stato di conservazione e del quadro fessurativo del materiale lapideo che costituisce i tre prospetti del cortile dell'Ammannati di Palazzo Pitti, sono il risultato di un'approfondita raccolta di informazioni, acquisite durante lo studio ed i rilievi diretti; delle analisi delle caratteristiche intrinseche dei materiali lapidei arenacei, dei precedenti interventi di restauro e dell'intervento di monitoraggio preventivo effettuato.

Per ottenere suddetti rilievi grafici è stato necessario definire un adeguato protocollo operativo con relativa metodologia di intervento che permettesse la traduzione di tutte le informazioni raccolte in una legenda di riferimento, studiata *ad hoc*.

Tale protocollo operativo sarà infatti un importante supporto sia per le future indagini, con la definizione delle varie fasi diagnostiche e di utilizzo di strumentazioni, finalizzate alla verifica delle condizioni geomeccaniche, dei processi di fratturazione nel tempo, e delle geometrie relative alla potenziale caduta di elementi lapidei, sia per i futuri interventi di manutenzione o restauro dei tre prospetti (pur con la necessità di un monitoraggio nel tempo che verifichi il possibile quadro evolutivo delle lesioni).

Si precisa che l'intervento di monitoraggio preventivo e di messa in sicurezza non ha fermato il degrado a cui è sottoposto il materiale lapideo del cortile ma è servito principalmente per rimuovere gli elementi di pericolo i quali risultavano a rischio di caduta, rendendo sicure le aree sottostanti accessibili al pubblico e ai dipendenti del museo, ma lasciando la superficie lapidea esposta a ulteriori cause di degrado fisiche chimiche e meccaniche.

Inoltre, durante le fasi operative, è stato necessario trovare un delicato compromesso tra messa in sicurezza (eseguita secondo il principio del minimo intervento) e la salvaguardia degli elementi architettonici (con recupero dei frammenti e delle porzioni distaccate).

NOTE

[1]Ragno MT36 portata massima di 200 kg, altezza massima 36 ml, sbraccio 15 ml, rotazione idraulica continua della Ditta Bonaccorso Lavori Edili e Noleggi.

[2]Per l'utilizzo del mezzo è stato eseguito un preliminare studio analitico delle interferenze tra il cantiere e le normali attività del museo; tale studio è stato svolto dall'arch. Paolo Puccioni, coordinatore per la progettazione e l'esecuzione della sicurezza.

[3] Contributo del Dipartimento Fotografico Divisione Collezione e Servizi delle Gallerie degli Uffizi nella persona dell'A.T. Fotografo Roberto Palermo.

BIBLIOGRAFIA

1. Vasari Giorgio, *“Le Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori”* con nuove annotazioni e documenti di Milanese Gaetano, VII, Firenze 1551, pp. 521s., 624-626
2. Gabrielli Annamaria, *Su Bartolomeo Ammannati*, in *Critica d'Arte*, IX (1937), pp. 89-95;
3. Abbate Ernesto, Bruni Piero, *“Modino-Cervarola o Modino e Cervarola? Torbiditytologo- mioceniche ed evoluzione del margine nord-appenninico”*, Mem.Soc. Geol. It.
4. Pecchioni Elena, Cantisani Emma, Fratini Fabio, *“La città di Firenze: un museo di litologia all'aperto- The city of Florence: an open-air lithologymuseum”*, 2012, “Vol. IV *“Le Collezioni mineralogiche e litologiche – Il museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze”*”, a cura di Pratesi Giovanni, University Press Firenze (Italy), University Press Firenze, pp. 245-267.
5. Malesani Piergiorgio, Vannucchi Sergio, *“Ricerche sulla degradazione delle “Pietre”, III, Consolidamento delle “Pietre” Mediante Fluosilicati*, Atti Acc.Tosc. Sc. E Let. la Colombaria, 1974, Vol. XXXIX, nuova serie XXIV, pp. 262-267.
6. Capecchi Gabriella, Fara Amelio, HeikampDetlef, Saladino Vincenzo, *“La reggia rivelata”*, Giunti, Firenze, Palazzo Pitti, 2003, pp. 61- 69.
7. Pagliai Mauro, *“Ammannati e Vasari per la città dei Medici”*, Edizione Speciale per Cassa di Risparmio di Firenze, 2011 pp. 94 - 101, 243 - 248

**ETICA E SOSTENIBILITÀ NELLA CONSERVAZIONE DEL
PATRIMONIO CULTURALE**

PROGRAMMA DI SPERIMENTAZIONE PER UN RESTAURO BIOCOMPATIBILE

Stefania Pandozy*, Catherine Rivière, Ulderico Santamaria***, Fabio Morresi ****, Filippo Fratini*****, Stefania Bani*****, Francesca Romana Cibir*******

* Responsabile del Laboratorio Polimaterico, Musei Vaticani, stefania.pandozy@scv.va
** Restauratrice Laboratorio Polimaterico, Musei Vaticani, catherine.riviere@scv.va
*** Dirigente del Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, ulderico.santamaria@scv.va
**** Assistente del Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, fabio.morresi@scv.va
***** Già collaboratore del Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, filippofratini.f@libero.it
***** Laboratorio di Diagnostica, Musei Vaticani, stefania.bani@scv.va, francesca.cibir@scv.va

Abstract

Il Laboratorio di Restauro Polimaterico, impegnato nella conservazione ed il restauro delle Collezioni Etnologiche dei Musei Vaticani è, da anni, a stretto contatto con la grande ricchezza ed eterogeneità di tecniche e materiali costitutivi di opere provenienti da vari ambiti geoculturali. Oltre ad una indispensabile riflessione sulle metodologie e sull'etica della conservazione di opere extra-europee, la constatazione di effetti negativi causati dall'utilizzo di materiali di sintesi industriale, non compatibili con i materiali costitutivi e non ecocompatibili, ha generato un ulteriore argomento di riflessione da affrontare. Pertanto, il Laboratorio di Ricerche Scientifiche dei Musei Vaticani, ha deciso di avviare, in collaborazione con il Laboratorio di Restauro Polimaterico, un programma di ricerca e sperimentazione specifico, per l'utilizzo di prodotti compatibili, di origine naturale.

In seguito ad una preliminare ricerca d'archivio e alla selezione di prodotti pronti all'uso, è stato sviluppato un protocollo di sperimentazione. I prodotti testati, prevalentemente consolidanti, adesivi e polveri vegetali, sono stati sottoposti ad una serie di analisi di laboratorio, test e studi comparativi per valutarne l'efficacia e la durabilità.

Tra le prove effettuate possiamo citare la chiarificazione di un'alga rossa del mediterraneo, la *Sphaerococcus coronopifolius*, selezionata con l'assistenza di un biologo marino, con l'intento di proporre una alternativa al costoso JunFunori®, ottenuto dall'alga dell'oceano pacifico *Gloiopeltis furcata*, utilizzato nelle fasi di consolidamento e fissaggio.

L'estratto ottenuto è stato applicato a spruzzo e a varie diluizioni su dei campioni preparati con uno strato superficiale di pigmento sprovvisto di legante; il potere consolidante è stato valutato con peeling test e messo a confronto con consolidamenti realizzati con estratto di *G. furcata*, ottenuto con la stessa metodologia, e con JunFunori®. I primi risultati, molto incoraggianti, dovrebbero tuttavia essere seguiti da un ulteriore perfezionamento del metodo di chiarificazione per cercare di ovviare alla leggera colorazione del prodotto sino ad ora ottenuto.

Altri adesivi, prodotti in Italia, pronti all'uso e utilizzati nell'industria farmaceutico-alimentare sono stati selezionati; in particolare due gelatine purificate, ottenute dall'idrolisi parziale del collagene della pelle di pesce e della pelle bovina.

Per valutare al meglio le prestazioni di queste due gelatine sono stati selezionati undici adesivi di origine animale, comunemente utilizzati negli interventi di restauro, per mettere a confronto le rispettive caratteristiche e la resistenza al taglio e alla flessione. Al termine delle prove, le due gelatine hanno dimostrato ottime prestazioni di resistenza al taglio per trazione, con un carico medio a rottura paragonabile o superiore agli altri adesivi testati. Queste prestazioni sono state mantenute pressoché invariate dopo invecchiamento in camera climatica. Presentano inoltre una serie di caratteristiche compatibili con l'utilizzo nel settore della conservazione come un pH neutro, una resistenza più elevata agli attacchi microbiologici rispetto ad altre colle animali e una serie di certificazioni che garantiscono la costanza delle caratteristiche tecniche.

Ambedue gli adesivi sono stati utilizzati durante interventi di restauro nel Laboratorio Polimaterico su manufatti in legno e legno laccato del Museo Etnologico, sia per incollaggi strutturali sia per operazioni di riadesione di piccoli elementi in legno e in lacca.

Questo programma di sperimentazione, condotto in sinergia dal Laboratorio di Ricerche Scientifiche e dal Laboratorio Polimaterico dei Musei Vaticani, ha permesso di ampliare i nostri orizzonti, per una scelta di materiali più consapevole e responsabile, ci auguriamo di potere proseguire la ricerca iniziata.

Introduzione

Il Laboratorio di Restauro Polimaterico è impegnato da circa venti anni nella conservazione ed il restauro delle Collezioni Etnologiche del Museo *Anima Mundi* dei Musei Vaticani, rappresentative delle popolazioni indigene di ambiti geo-culturali estremamente diversificati. L'estensione e l'eterogeneità della raccolta, che abbraccia tutti i continenti, comporta, dal punto di vista della conservazione e del restauro, particolari problematiche che non possono essere affrontate senza una profonda riflessione sull'etica e sulle scelte metodologiche. Difatti, gli oggetti indigeni sono legati ad una storia di utilizzo relativa alla comunità di origine, prima del loro arrivo in Museo. Sono, inoltre, spesso costituiti da una grande varietà di materiali organici e/o inorganici, il più delle volte compresenti, che risultano, in molti casi, reperibili esclusivamente nel territorio di origine. Parallelamente alla definizione di linee guida d'intervento, rispettose della storia dell'oggetto e della comunità di origine, la constatazione di effetti negativi, causati dall'utilizzo di materiali di sintesi industriale non compatibili con i materiali costitutivi e non ecocompatibili, ha generato un ulteriore argomento di riflessione da affrontare e la necessità di trovare delle alternative al sempre più crescente impiego di prodotti industriali.

Da queste considerazioni preliminari, svolte in sinergia dal Laboratorio di Ricerche Scientifiche (LDCR) e dal Laboratorio di Restauro Polimaterico, è stato avviato nel 2013, su iniziativa del Laboratorio Scientifico, un progetto di ricerca e sperimentazione per l'utilizzo di prodotti biocompatibili, al fine di favorire l'utilizzo di prodotti naturali e non tossici, per un restauro sostenibile. A tale progetto hanno partecipato attivamente scientifici e restauratori (Catherine Rivière, Laboratorio di Restauro Polimaterico).

I prodotti testati, consolidanti, adesivi e polveri vegetali, sono stati sottoposti ad una serie di test, studi comparativi ed analisi di laboratorio per valutarne le prestazioni e le possibili alterazioni nel tempo.

Gli estratti vegetali

Una parte cospicua del programma di ricerca è stata dedicata all'ottenimento di estratti vegetali, in un primo tempo attraverso il processo di chiarificazione di una alga rossa del Mediterraneo, con l'intento di trovare un'alternativa all'utilizzo del costoso JunFunori® [1], particolarmente indicato per il consolidamento e il fissaggio degli strati pittorici con pigmenti decoesi e per il restauro della carta e delle fibre vegetali.

L'utilizzo del JunFunori® presenta diversi vantaggi: il suo potere adesivo, sebbene debole, risulta perfettamente adatto agli strati pittorici con scarsa presenza di legante, spesso presenti in determinati manufatti etnologici [2]; si utilizza diluito in acqua a bassa concentrazione (dallo 0,1 all'1%); è compatibile con l'alcool etilico (che può essere aggiunto alla soluzione fino al 35% per una concentrazione all'1% e fino al 50% per concentrazioni più basse); le caratteristiche ottiche delle superfici trattate rimangono invariate o subiscono lievissime variazioni; ha un debole potere tensioattivo; un pH neutro e può essere utilizzato a basse temperature.

Una importante parte preliminare della sperimentazione è stata dedicata a valutare i diversi metodi di estrazione dei funorani presenti nell'alga rossa *Gloiopeltis furcata* [3], standardizzando una metodologia che permette l'ottenimento di funorani a peso molecolare medio-alto, con l'estrazione a caldo e la successiva separazione con alcool etilico assoluto. Per ovviare ai costi elevati del prodotto, legati all'impiego dell'alcool etilico assoluto puro per analisi, è stato individuato un bioalcool assoluto commerciale (Locatelli), a basso costo.

Per ampliare la ricerca, il Laboratorio di Ricerche Scientifiche ha deciso di avvalersi dell'aiuto di un biologo marino, in un primo tempo nell'ambito di una tesi di laurea [4] e successivamente con una collaborazione, per valutare se le alghe rosse presenti nel mediterraneo potessero fornire funorani utili per la conservazione ed il restauro. Sono state pertanto selezionate tre alghe rosse: *Asparagopsis armata*, *Pterocladia capillacea* e *Sphaerococcus coronopifolius*, molto comuni sulla costa mediterranea. Tuttavia, solo l'ultima, la *S. coronopifolius*, ha dato esiti positivi, permettendoci di ottenere un film adatto a condurre ulteriori test di laboratorio. Si tratta di un'alga dell'ordine delle Gigartinales, presente nelle coste rocciose del Lazio, nel piano intertidale e pre-coralligeno.

Estrazione e chiarificazione: sia l'estrazione che la chiarificazione sono state eseguite prendendo a modello un primo metodo di estrazione a caldo dell'alga rossa *G. furcata*, senza uso di alcool etilico per la separazione.

Numerose prove sono state condotte, con l'introduzione di variazioni nella metodologia di estrazione iniziale per adeguare il processo di estrazione alle peculiarità della *S. coronopifolius* e alle caratteristiche del prodotto secco ottenuto al termine del procedimento. Per mantenere dei dati di riferimento e di confronto la *G. furcata* essicata è stata sottoposta alle stesse variazioni di procedura durante le fasi della sperimentazione con esito migliore [5].

Peeling test: con il prodotto ottenuto sono state condotte delle verifiche del potere consolidante di uno strato pittorico decoeso, tramite peeling test. Le prestazioni dell'estratto di *S. coronopifolius* sono state messe a confronto con l'estratto di *G. furcata*, preparato dal Laboratorio di Ricerche Scientifiche, e con JunFunori®. Diversi campioni di pigmento ocra gialla privo di legante sono stati preparati. Il colore, diluito in acqua, è stato applicato a pennello su dei cartoncini acid-free di colore neutro, di 30x20 mm. Sono state preparate tre soluzioni diverse di *S. coronopifolius*: al 2%, 1% e 0,5%, e rispettivamente quattro soluzioni di Funori LDCR e di JunFunori®: all'1%, 0,5%, 0,2% e 0,1%. Ognuna delle undici soluzioni è stata applicata a spruzzo su tre

campioni di oca gialla e su tre campioni di cartoncino non trattato per effettuare delle misurazioni colorimetriche. Per l'applicazione è stato utilizzato un piccolo aerografo; la durata dell'irrorazione è stata di 2:30 secondi e la distanza tra l'ugello e il campione, posizionato in verticale, di 35 cm (Fig.2).

Al termine dell'applicazione i campioni sono stati collocati in un ambiente dal microclima controllato (T 21°C; UR 52-53%) per una settimana.



Figura 1. Fase di chiarificazione



Figura 2. Applicazione del consolidante



Figura 3. Dispositivo per il peeling test

Per il peeling test, i singoli campioni sono stati fissati su un foglio di carta; sulla fascia centrale di ognuno di essi è stato applicato un ritaglio di nastro adesivo riposizionabile, “Scotch Removable” della 3M n.811, di 1,9x7,5 cm. Per ottenere un livello di adesione omogeneo e riproducibile è stato utilizzato un manubrio di 5kg, fatto “rullare” sul nastro adesivo in movimenti avanti-indietro per 4 volte e destra-sinistra per 4 volte per una durata complessiva di 12 secondi, senza esercitare ulteriore pressione oltre quella esercitata dal peso stesso del manubrio. Considerate le caratteristiche dei provini, non adatte all'utilizzo del dinamometro, è stato realizzato, dal Laboratorio di Ricerche Scientifiche, un piccolo prototipo per lo strappo del nastro adesivo [6] (Fig.3).

Al termine del peeling test i singoli nastri adesivi, numerati, sono stati fotografati. Le immagini ad alta definizione ottenute sono state trattate con il software Photoshop per aumentarne il contrasto e ritagliare i margini, mentre con il software JMicroVision v 1.27 è stata effettuata una mappatura del background, che corrisponde all'assenza di pigmento sulla superficie del nastro, da identificare come area di pigmento consolidato. I dati percentuali ottenuti ci hanno permesso di effettuare una media delle prestazioni sui tre campioni per ogni concentrazione dei tre consolidanti e stabilire un confronto con i valori ottenuti; il JunFunori® è stato considerato come consolidante di riferimento.

Un altro dato di riferimento è il valore ottenuto dal peeling test effettuato su tre provini non consolidati (A, B, C).

I risultati delle prove effettuate, con le concentrazioni più alte dei tre prodotti, sono riportati in tabella (Fig. 4).

Prime valutazioni: al termine di questi primi test le prestazioni dell'estratto di *S. coronopifolius* sono risultate particolarmente soddisfacenti; i valori medi di background (aree consolidate) variano dal 52,73 % al 78,90 % a seconda della concentrazione del prodotto. Sono perfettamente paragonabili se non addirittura superiori ai risultati ottenuti con gli altri due consolidanti. Se confrontiamo le prestazioni più basse dei tre prodotti (campioni n.13, n. 60 e n. 67) nelle concentrazioni più alte (il 2% per la *S. coronopifolius* e l'1% per gli altri due) l'estratto di *S. coronopifolius* rimane il più performante con una percentuale di background dello 72,89% contro il 56,05% per il Funori LDCR e il 56,81% per il JunFunori®.

Mentre i due funori possono essere utilizzati a spruzzo ad una concentrazione massima dell'1%, l'estratto di *S. coronopifolius*, meno viscoso, è stato utilizzato a concentrazioni più alte.

Per ovviare ai problemi di colorazione dell'estratto ottenuto è stata introdotta una fase preliminare al lavaggio che consiste in una immersione di 1:30 min in acqua ossigenata 130 vol al 12% [7].

Tuttavia i risultati sino ad ora ottenuti non hanno permesso di risolvere il problema.

Ulteriori peeling test sono stati condotti su provini di nero fumo; le prestazioni dell'estratto di *S. coronopifolius* sono state confermate, con dei valori di background leggermente superiori a quelli del JunFunori®.

Sono stati condotti test qualitativi sulla sensibilità all'attacco biologico dei tre estratti citati e del Tri-funori mediante contaminazione con il ceppo *Penicillium spp.* [8]. Al termine del periodo di incubazione sono stati

osservati i provini con lo stereomicroscopio (Leica M205A). I risultati hanno dato esito negativo per il funori LDCR, il Tri-funori e l'estratto di *S. coronopifolius* ed è stata rilevata una scarsa crescita sul provino di JunFunori®.

Le analisi chimiche in spettrometria infrarossa (IR) [9] effettuate sull'estratto di *S. coronopifolius* mostrano una banda intensa a 1366 cm⁻¹, tipica dell'estere solfato, comune ad agar e carragenani. L'intensità relativa fra gli assorbimenti nei range 1210-1260 e 1000-1100 cm⁻¹ (estere solfato e bande scheletrali rispettivamente) è coerente con i carragenani piuttosto che con l'agar.

n. campione	adesivo	diluizione in acqua deionizzata (%)	background %	media background %
A	-	-	32,60	34,24 (± 3,29)
B	-	-	35,89	
C	-	-	34,24	
13	Estratto di <i>S. coronopifolius</i>	2	72,89	78,90 (± 14,85)
14	“	“	87,74	
15	“	“	76,09	
60	Funori LDCR	1	56,05	57,98 (± 5,27)
61	“	“	61,33	
62	“	“	56,56	
66	JunFunori® Lascaux	1	62,56	59,89 (± 5,75)
67	“	“	56,81	
68	“	“	60,31	

Figura 4. Tabella riassuntiva dei risultati ottenuti con il peeling test con le concentrazioni più alte e campioni di riferimento.

Altri estratti vegetali: nella fase iniziale della sperimentazione altri estratti vegetali hanno attirato la nostra attenzione; l'utilizzo dell'*Opuntia ficus-indica* (fico d'India) o nopal è documentato in epoca pre e post-colombiana nelle zone del Centro e Sud America (Perù e Messico) dove veniva utilizzato come additivo per malte ed intonaci, per migliorarne le caratteristiche meccaniche e per consolidare gli strati pittorici [10].

Nella stessa area, sempre in epoca pre e post-colombiana, è documentato l'utilizzo dell'estratto dello pseudo bulbo della *Cattleya citrina* o *Encyclia citrina* (orchidea epifita con petali di colore giallo dorato) che veniva utilizzato come adesivo per mosaici di piume grazie alle sue caratteristiche di elasticità e assenza di colore.

La presenza di estratto di orchidea, usato come legante della pellicola pittorica, è stata anche rilevata su alcuni manufatti delle collezioni etnologiche provenienti dall'Oceania.

La diffusione dell'utilizzo dell'estratto di orchidea nelle zone di crescita spontanea della specie rende particolarmente interessante la sperimentazione di questo prodotto che potrebbe diventare un'ottima alternativa nel campo della conservazione, per il consolidamento dei pigmenti su supporti non rigidi, in particolare nel restauro dei tessuti, del cuoio, della tapa e di un'ampia tipologia di materiali presenti nei manufatti delle collezioni etnologiche. Ad oggi, sono state condotte unicamente delle prove di estrazione per questi due prodotti; la fase di verifica delle caratteristiche non è stata ancora effettuata.

Adesivi di origine animale

Il problema insito nell'utilizzo nell'impiego degli adesivi animali è quello della variabilità nella composizione e nelle caratteristiche, in funzione delle materie prime utilizzate, della metodologia di preparazione, etc. Per questo motivo ci si è rivolti al mercato dei prodotti di uso farmaceutico-alimentare, individuando due gelatine purificate, di alta qualità, ottenute dall'idrolisi parziale del collagene della pelle di pesce e della pelle bovina, prodotte dalla Lapi Gelatine S.p.A. di Empoli [11].

Si presentano ambedue sotto forma di granuli, bianchi per la prima, giallo chiaro per la seconda, e sono pressoché inodori. Presentano una serie di vantaggi per l'utilizzo nel settore della conservazione: ad una diluizione compresa tra 10 e 30% hanno un pH 7, sono utilizzabili a temperatura ambiente, i test microbiologici effettuati [12] hanno evidenziato una resistenza più elevata agli attacchi microbiologici rispetto ad altre colle animali e il prodotto secco conserva intatte le sue proprietà per cinque anni. Inoltre, sono provviste di certificazioni (Pharmagrade, European Pharmacopoeia 8.3.) che garantiscono la costanza delle caratteristiche tecniche nonché alti standard di qualità.

Per valutare al meglio le prestazioni di queste due gelatine sono stati selezionati undici adesivi di origine animale (Fig.7), comunemente utilizzati negli interventi di restauro, per mettere a confronto le rispettive caratteristiche e la resistenza al taglio e alla flessione.

Preparazione dei campioni: più di settantotto provini sono stati realizzati con dei listelli di abete di 10x2x0,9 cm. Gli incollaggi sono stati effettuati per sovrapposizione di due listelli (*“single lap”*) (Fig.5) su una area di incollaggio di 5x2 cm per tutti i provini. Sono stati realizzati sei provini per ogni adesivo: tre per la prova di resistenza del giunto a distanza di trenta giorni dall'adesione e tre per la prova di resistenza del giunto dopo avere sottoposto i provini a variazioni igrometriche. L'adesivo, diluito in acqua deionizzata 1/10 peso/volume, è stato applicato a caldo e a pennello su una delle due superficie da incollare, mantenute a contatto con un morsetto (wolfcraft®) durante il tempo di presa dell'adesivo. I provini sono stati conservati in un ambiente dal microclima controllato (T: 20-21°C; UR: 50-55%) fino alla prova di resistenza.

Cicli di umidificazione/deumidificazione: l'igroscopicità delle colle animali ha reso indispensabile una ulteriore fase di valutazione del comportamento dei giunti: per ogni adesivo tre provini sono stati sottoposti a quattro cicli di umidificazione/deumidificazione per una durata complessiva di un mese. Il range di UR% è stato stabilito tra 35 e 80%. Per lo svolgimento della prova i campioni sono stati ulteriormente stressati con l'inserimento di un peso di 100 gr, sono stati fissati in trazione verticale su una base, mediante filo di nylon e collocati in una teca provvista di fori per l'inserimento dei tubi flessibili dello strumento di umidificazione/deumidificazione e l'inserimento della sonda dello strumento di rilevamento dei valori microlimatici (Fig.6).



Figura 5. Provino *“single lap”*

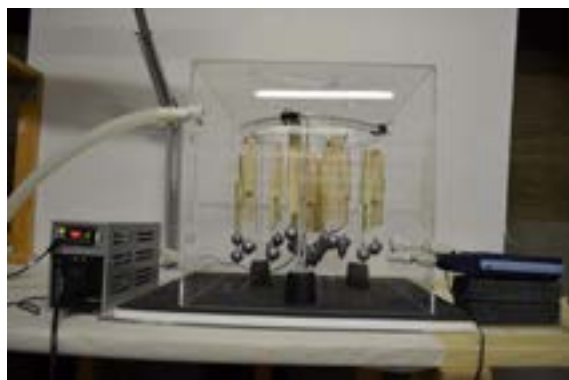


Figura 6. Provini durante i cicli di umidificazione/deumidificazione

Prove di esistenza al taglio per trazione: i test sono stati eseguiti con dinamometro Zwick Roell 2006 con cella da carico da 10 KN. La velocità di prova è stata per tutti i provini di 50 mm/min. Le prove sono state eseguite ad una temperatura di 20,8 °C e 51% UR.

Valutazione dei risultati: a distanza di un mese dall'adesione, gli adesivi che hanno dimostrato di produrre giunti con la maggior resistenza al taglio per trazione (Fig.7) sono la gelatina di pesce della Lapi Gelatine, la colla di coniglio della Zecchi, la gelatina di bue della Lapi Gelatine e la Gelatina Purissima detta *“Colla di Pesce”* della Zecchi, con una forza media necessaria per la rottura dei giunti compresa tra 14,64 Kg/cm² e 12,26 Kg/cm².

A seguire, con una forza media necessaria per la rottura dei giunti compresa tra 10,4 Kg/cm² e 7,91 Kg/cm² troviamo: la colla lapin della Bresciani, la colla di storione del CTS e la colla di vescica natatoria della Zecchi.

Una forza media compresa tra 6,48 Kg/cm² e 4,78 Kg/cm² è stata necessaria per la rottura dei giunti incollati con: la colla di storione della Bresciani, la colla di Bue della Zecchi, la colla di storione della Kremer, la colla forte *“Perla di Zurigo”* della Bresciani e la colla Cervione della Kremer.

Infine, la colla Polypep Low Viscosity della Sigma-Aldrich, usata prevalentemente come consolidante, conferma il suo debole potere adesivo con un risultato pari a 2,68 Kg/cm².

Al termine dei cicli di umidificazione/deumidificazione (Fig.7) i valori corrispondenti al primo gruppo di colle, con il maggiore potere adesivo, hanno subito poche variazioni. La differenza tra i valori ottenuti a seguito della prima fase dei test e quelli ottenuti dopo la seconda fase è compresa tra 0 e 0,43 Kg/cm².

Per il secondo gruppo di adesivi la differenza di valori, prima e dopo i cicli di variazioni igrometriche, è compresa tra 0 e 3,34 Kg/cm². Quest'ultimo valore, ottenuto con la colla di storione della Bresciani, è da valutare considerando i Δ tra i provini, sia prima che dopo i cicli di variazioni, compresi tra 4,07 Kg/cm² e 3,4 Kg/cm².

Da includere in questa seconda fascia la colla di bue della Zecchi che ha dimostrato di essere la più resistente del

secondo gruppo con un carico medio a rottura di 10,50 Kg/cm², mentre durante la prima fase dei test il valore medio è stato di soli 6,14 Kg/cm², probabilmente influenzato da una notevole differenza di prestazione tra i provini (Δ : 7,3 Kg/cm²).

Adesivo Ditta	carico medio a rottura (Kg/cm ²) a 1 mese dall'adesione	carico medio a rottura (Kg/cm ²) dopo cicli di variazioni igrometriche	differenza tra carico a rottura medio prima e dopo i cicli di variazioni igrometriche (Kg/cm ²)
colla di pesce, Zecchi	12,26 ± 2,1	12,47 ± 5,1	+ 0,21
colla di bue, Zecchi	6,14 ± 7,3	10,50 ± 2,03	+ 4,36
gelatina di bue, Lapi	13,82 ± 3,26	13,06 ± 6,7	0
gelatina di pesce, Lapi	14,64 ± 10	14,88 ± 2,45	+ 0,24
colla di vescica natatoria, Zecchi	7,91 ± 5,4	8,52 ± 9	+ 0,61
colla lapin, Bresciani	10,4 ± 2,4	10 ± 1,02	0
colla di Coniglio, Zecchi	14,57 ± 2,5	15 ± 4	+ 0,43
colla di storione, Bresciani	6,48 ± 3,4	9,82 ± 4,07	+ 3,34
polyep low viscosity Sigma-Aldrich	2,68 ± 2,8	2,19 ± 1,12	0
“Perla di Zurigo”, Bresciani	5,20 ± 3,4	3,82 ± 4	-1,38
colla storione, Kremer	5,84 ± 0,5	6,42 ± 0,2	+ 0,58
colla cervione, Kremer	4,78 ± 2,6	7,37 ± 3,1	+ 2,59
colla di storione, CTS	8,08 ± 3,4	7,23 ± 8,2	0

Figura 7. Tabella di confronto dei valori medi di carico a rottura prima e dopo i cicli di variazioni igrometriche.

Adesivo Ditta	allungamento medio a rottura (%) a 1 mese dall'adesione	allungamento medio a rottura (%) dopo cicli di variazioni igrometriche	differenza tra allungamento a rottura medio prima e dopo i cicli di variazioni igrometriche
colla di pesce, Zecchi	3,73 ± 0,8	3,66 ± 1,3	0
colla di bue, Zecchi	2,18 ± 1,5	3,17 ± 0,14	+ 0,99
gelatina di bue, Lapi	3,4 ± 0,3	3,4 ± 1,45	0
gelatina di pesce, Lapi	4,03 ± 3	4,17 ± 0,82	+ 0,14
colla di vescica natatoria, Zecchi	2,91 ± 1	3,21 ± 1,68	+ 0,3
colla lapin, Bresciani	3,19 ± 1,2	3,21 ± 0,3	+ 0,02
colla di Coniglio, Zecchi	4,26 ± 1	4,12 ± 0,69	0
colla di storione, Bresciani	2,18 ± 3,4	3,38 ± 0,81	+ 1,2
polyep low viscosity Sigma-Aldrich	1,25 ± 1	1,77 ± 0,16	+ 0,52
“Perla di Zurigo”, Bresciani	1,25 ± 1,1	2,38 ± 0,76	+ 1,13
colla storione, Kremer	2,16 ± 0,4	2,92 ± 0,16	+ 0,76
colla cervione, Kremer	1,99 ± 0,8	2,93 ± 0,49	+ 0,94
colla di storione, CTS	2,18 ± 0,8	2,94 ± 2,15	+ 0,76

Figura 8. Tabella di confronto dei valori medi di allungamento a rottura prima e dopo i cicli di variazioni igrometriche.

Il terzo gruppo di colle comprende: la colla cervione della Kremer, la colla di storione del CTS e la colla di storione della Kremer, con valori compresi tra 6,42 e 7,23 Kg/cm². Per la colla di storione del CTS, la differenza del valore di carico medio a rottura tra il provino più resistente il provino meno resistente è di 8,2 Kg/cm² e i tre provini hanno dimostrato resistenze molto diverse tra di loro (M1: 3,36 Kg/cm²; M2: 6,83 Kg/cm², M3: 11,51 Kg/cm²) che rendono il risultato poco rappresentativo.

Un quarto gruppo è costituito, come nella prova precedente, dalla colla Polypep Low Viscosity della Sigma-Aldrich alla quale si aggiunge la colla forte “Perla di Zurigo” della Bresciani che riporta una diminuzione della resistenza del giunto di 1,38 Kg/cm² a seguito dei cicli di umidificazione/deumidificazione.

Gli adesivi che hanno dimostrato un valore maggiore di allungamento a rottura (Fig.8) corrispondono al primo gruppo individuato durante il rilevamento della resistenza al taglio, al quale si può aggiungere la colla lapin della Bresciani, con un allungamento medio a rottura simile a quello della gelatina di bue della Lapi Gelatine e la colla di vescica natatoria della Zecchi. Le differenze di allungamento prima e dopo i cicli di umidificazione/deumidificazione sono poco rilevanti (comprese tra 0 e 0,3 punti percentuali).

A seguire, con un allungamento medio a rottura compreso tra 2,18 e 1,99% troviamo: la colla di bue della Zecchi e la colla di storione della Bresciani, la colla di storione e la colla cervione della Kremer, con differenze di allungamento prima e dopo i cicli di umidificazione/deumidificazione vicini ad 1 punto percentuale. Infine la colla Polypep Low Viscosity della Sigma-Aldrich e la colla forte “Perla di Zurigo” della Bresciani hanno un allungamento medio a rottura di 1,25%.

Considerazioni finali: Al termine delle prove, le due gelatine hanno dimostrato ottime prestazioni di resistenza al taglio per trazione, con un carico medio a rottura paragonabile o superiore agli altri adesivi testati. Queste prestazioni sono state mantenute pressoché invariate dopo invecchiamento in camera climatica. Risultati paragonabili sono stati ottenuti con la colla di coniglio e la Gelatina Purissima detta Colla di Pesce della Zecchi, che risultano tuttavia, dai test effettuati, più sensibili delle gelatine agli attacchi microbiologici.

Applicazioni: le due gelatine della Lapi Gelatine sono state utilizzate durante interventi di restauro nel Laboratorio di Restauro Polimaterico su manufatti in legno e legno laccato del Museo Etnologico, a varie concentrazioni, sia per incollaggi strutturali sia per operazioni di riadesione di piccoli elementi in legno e in lacca.

Conclusione:

I manufatti etnologici costituiscono una fonte straordinaria di ispirazione che ci porta a riconsiderare costantemente l'immensa ricchezza delle materie prime della natura, che possono essere utilizzate con un'opportuna ricerca scientifica. Dal 2013, l'impegno del Laboratorio Polimaterico ad utilizzare nel restauro materiali compatibili ed ecosostenibili ha portato alla ricerca, in sinergia con il Laboratorio di Ricerche Scientifiche, di alternative biocompatibili per un restauro sostenibile e ciò ha permesso di utilizzare nuovi prodotti come le Lapi Gelatine. Siamo sempre più convinti che questa scelta porterà alla sperimentazione di nuove metodologie e di nuovi materiali. Questo percorso, profondamente legato ad un approccio interdisciplinare alla conservazione, è divenuto una costante delle dinamiche operative dei nostri laboratori, offrendoci soluzioni efficaci per la tutela del patrimonio culturale, materiale ed immateriale.

NOTE

[1] Il processo di purificazione dell'alga rossa del Pacifico, *Gloiopeltis furcata*, è stato sviluppato dalla ditta Lascaux, in collaborazione con l'Università di scienze applicate di Zurigo (ZHAW).

[2] Alcuni manufatti etnologici vengono realizzati per specifici scopi rituali o cerimoniali; la loro permanenza temporale non costituisce un criterio determinante, la loro durata di vita può essere strettamente connessa al naturale deperimento dei materiali costitutivi.

[3] Le prove di estrazione sono state effettuate con la *G. Furcata* acquistata dalla Kremer Pigments GmbH & Co. KG, in forma grezza ed essiccata.

[4] Filippo Fratini, tesi di Laurea in Scienze del Mare, Università La Sapienza di Roma, “*Sphaerococcus coronopifolius (Rhodophyta Gigartinales) prima alga mediterranea fonte di polisaccaridi utilizzabili nel campo delle opere d'arte*”, 2014.

[5] Descrizione del processo: per l'essiccazione, l'alga raccolta, sottoposta ad un primo risciacquo ed esposta al sole per due giorni, è stata tenuta in stufa a 60°C per ulteriori due giorni, onde garantire una completa eliminazione dell'acqua. E' stata sottoposta ad una seconda fase di lavaggi, con acqua deionizzata, per eliminare il contenuto di sali. Due metodi sono stati testati: l'immersione e l'irrorazione. La durata dei singoli lavaggi, il volume di acqua impiegato, la conducibilità e il peso del residuo secco delle singole acque di lavaggio sono stati misurati e messi in relazione con alcune caratteristiche (peso, colorazione e pH) del prodotto secco finale ottenuto. Il metodo per immersione, con tre lavaggi successivi di 10 minuti, è stato giudicato più idoneo. Per l'estrazione, l'alga è stata sottoposta a decozione con immersione di 10gr di alga in 500 ml di acqua deionizzata

a 60°C, con agitatore, per 2: 30 ore. L'estratto è stato separato dalla parte fibrosa con un setaccio a maglia fine e ulteriori verifiche sono state effettuate per monitorare i valori di conducibilità e di pH. Anche in questa fase alcune modifiche rispetto al modello iniziale sono state testate ed inserite. Al termine delle prove la chiarificazione della soluzione è stata eseguita con carta da filtro Whatman ad alta velocità (n.41, 22,5µm) e successivamente con uno strato di carta da filtro ai carboni attivi unito ad uno strato di carta da filtro Whatman a bassa velocità (n.42, 2,5 µm). La soluzione ottenuta è stata essiccata in stufa a 60°C per due giorni al fine di ottenere una pellicola, successivamente ridotta in polvere con azoto liquido.

[6] Il dispositivo consiste in una tavola di legno alla quale sono state fissate due carrucole che permettono lo scorrimento di un filo di nylon con, ad una sua estremità, due pesi di 250 gr e, all'altra, un morsetto di metallo. Per lo svolgimento della prova la tavola è stata bloccata su un piano orizzontale e il provino fissato vicino al bordo superiore della tavola. L'estremità superiore del nastro adesivo, che fuoriesce dal margine del provino, è stato inserito nel morsetto; i due pesi, lasciati cadere, trascinano il filo sulle carrucole e la corsa del nastro strappato si ferma contro una staffa a L, fissata davanti alle carrucole, vicino al bordo inferiore della tavola.

[7] La *G. furcata* stessa è commercializzata dopo un trattamento con ossidante.

[8] I test biologici sono stati condotti da Stefania Bani, dell'LCDR. Sono stati preparati dei provini in triplice copia attraverso spennellatura dell'estratto su lastre di vetro e asciugatura all'aria, sotto cappa per evitare ulteriori contaminazioni che potessero alterare il risultato. La successiva contaminazione è stata fatta con il ceppo *Penicillium spp.* cresciuto su piastre di Potato Dextrose Agar a 28 °C per 48-72 ore. Successivamente i provini sono stati incubati in una camera climatica per 15 gg. alle seguenti condizioni di crescita: Temperatura 27°C; U.R. 75%.

[9] L'analisi comparativa dei due estratti ottenuti ha evidenziato analogia strutturale tra *S. coronopifolius* e da *G. furcata*.

[10] La fase iniziale di questa ricerca è stata condotta con la collaborazione di una restauratrice esterna, Maria Fernanda Falcon Martinez, nel 2013.

[11] La Lapi Gelatine S.p.A. nasce come produttore di gelatina da pelle bovina per uso alimentare ed è rimasta, oggi, una dei pochi in Europa ad utilizzare questa materia prima. Produce gelatina di pesce bio e gelatina idrolizzata sia di pesce che bovina (peptide). L'azienda ha un ciclo di approvvigionamento della materia prima a filiera corta.

[12] Quattro tipologie di colle sono state sottoposte ai test qualitativi sulla sensibilità ad attacco biologico: le due Lapi Gelatine e le colle di coniglio e di pesce della Zecchi. I provini, preparati in triplice copia su lastre di vetro, sono stati asciugati sotto cappa, contaminati con *Penicillium spp.* e messi in incubazione con piastra di controllo per 15 gg. in camera climatica alle condizioni di temperatura di 27 °C e U.R. del 75%. A seguire i provini sono stati osservati allo stereomicroscopio per la valutazione delle crescite, già ben visibili anche ad occhio nudo. Mentre le colle della Zecchi hanno dimostrato un abbondante crescita, sui provini delle Lapi Gelatine è stata rilevata una crescita ridotta.

BIBLIOGRAFIA

1. Thomas Geiger, Françoise Michel, "Studies on the polysaccharide *junfunori* used to consolidate matt paint" in "Studies in Conservation", Vol. 50, No 3, 2005, IIC, pp193–204.
2. Noriko Hayakawa et al., "Characterisation of *funori* as a conservation material: Influence of seaweed species and extraction temperature", in "Studies in Conservation", Vol. 59, sup 1, 2014.
3. Kunihiko Izumi, "Chemical heterogeneity of anhydrogalactose containing polysaccharides from *Gloiopeltis furcata*", in "Agricultural and Biological Chemistry", Vol. 35, 1971, pp. 633–657.
4. Jillian Harrold, Zofia Wyszomirska-Noga, "Funori: The use of a traditional Japanese adhesive in the preservation and conservation treatment of Western objects", in "East Asian Materials and Techniques in Western Conservation. Proceedings from the International Conference of the Icon Book & Paper Group", London 8-10 April 2015, pp.69-79.
5. Françoise Michel, "Funori and JunFunori: Two Related Consolidants With Surprising Properties", in "Proceedings of Symposium 2011: Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications" October 17-21, 2011, pp.1-14.
6. Stefania Pandozy, "Etica e pratica della conservazione, manuale per la conservazione dei beni etnografici e polimerici", Edizioni Musei Vaticani, 2017.
7. R. Joseph Swider, Martha Smith, "Funori: Overview of a 300-year-old consolidant", in "Journal of the American Institute for Conservation", JAIC, Vol. 44, No. 2, Article 5, 2005, pp.117-126.
8. Gonzalo J. Fructuoso Hernández, "Aplicación del licor de nopal como aditivo para la cal" in "Conservación de bienes culturales", Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2009, pp 233-239.
9. Vangelis Smyrniotopoulos, Constantinos Vagias and Vassilios Roussis, "Sphaeroane and Neodolabellane Diterpenes from the Red Alga *Sphaerococcus coronopifolius*", in "Marine Drugs", 2009, No.7, pp.184-195.

APPROCCIO AL RESTAURO DI UN’OPERA IN “FÒRMICA”: INDAGINI SCIENTIFICHE APPLICATE ALLO STUDIO DI UN MATERIALE INDUSTRIALE

Elena Zaccagnini *, Grazia De Cesare, Natalia Macro***, Marcella Ioele****, Francesca Valentini*******

*Restauratore di Beni Culturali, Via Primo Carnera 37, 00142, Roma, elena.zaccagnini@gmail.com

**Restauratore Laboratorio di restauro dei materiali dell’arte contemporanea, ISCR – Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Via di S. Michele 25, 00153, Roma, grazia.decesare@beniculturali.it

***Chimico, Università degli Studi dell’Aquila, Dip. Scienze Fisiche e Chimiche, natalia.macro89@gmail.com

****Chimico, ISCR – Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Via di S. Michele 25, 00153, Roma, 06 67236312, marcella.ioele@beniculturali.it

*****Storico dell’arte, ISCR – Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Via di S. Michele 25, 00153, Roma, francesca.valentini-01@beniculturali.it

Abstract

Il restauro del *Supercomponibile* 1967 di Sergio Lombardo, artista e psicologo ancora oggi attivo a Roma, ha rappresentato un’importante occasione di studio dei laminati decorativi ad alta pressione, principale materiale costitutivo dell’opera. Il *Supercomponibile* è un’installazione di proprietà della Galleria Nazionale di Arte Moderna di Roma, costituita da otto pannelli di grandi dimensioni in legno e laminati decorativi. Questo materiale industriale, diffusamente utilizzato nel campo del design, è più comunemente conosciuto come “Fòrmica”, dal nome dell’azienda che per prima lo ha messo in commercio nel 1913. Scelti dall’artista per le loro caratteristiche di uniformità, lucentezza e monocromaticità, i laminati del *Supercomponibile* risultavano compromessi esteticamente da un pessimo stato di conservazione. Il materiale, essendo stato scarsamente indagato sia dal punto di vista della composizione e della tecnologia produttiva, sia sotto il profilo delle specifiche esigenze conservative, ha fornito numerosi spunti di ricerca e di studio.

Fin dalle prime fasi di intervento è emersa con chiarezza la necessità di conoscere le specificità della tecnologia produttiva dei laminati decorativi e di comprenderne le forme di degrado, sia singolarmente che nella stratigrafia dell’opera, al fine di progettare nel dettaglio il restauro del manufatto e fornire all’ente di tutela indicazioni precise circa le condizioni più idonee per la conservazione del bene.

I polimeri sintetici sono spesso soggetti a fenomeni di degrado rapidi, che possono verificarsi anche se essi vengono conservati in condizioni ambientali controllate come quelle museali. I laminati decorativi ad alta pressione, costituiti da numerosi strati di carta impregnati con resine termoindurenti del tipo fenolo-formaldeide e melammina-formaldeide, se da un lato risultano particolarmente resistenti all’azione dei solventi, dall’altro appaiono soggetti a un accentuato degrado meccanico, che ne comporta alterazioni estetiche e talvolta anche strutturali.

Allo scopo di studiare i materiali impiegati dall’artista e il loro degrado sono state svolte una serie di indagini a cura dei Laboratori di Chimica e di Biologia dell’ISCR. Per la caratterizzazione dei laminati decorativi e degli adesivi utilizzati dall’artista sono state impiegate sia tecniche di indagine non invasive, sia tecniche micro-distruttive. Attraverso tali indagini è stato possibile verificare se la tecnologia di produzione dei laminati decorativi ad alta pressione avesse subito variazioni significative nel corso del tempo e se i laminati del *Supercomponibile* presentassero alterazioni chimico-fisiche riconducibili al suo attuale stato di conservazione.

Introduzione

Il *Supercomponibile* 1967 è un’installazione progettata e realizzata nel 1967 dall’artista e psicologo romano Sergio Lombardo, facente parte dell’omonimo ciclo dei *Supercomponibili*, concepito tra il 1965 e il 1968. L’opera è costituita da otto pannelli lignei rivestiti da laminati decorativi ad alta pressione (HPL, *High Pressure Laminate*), materiale industriale più comunemente conosciuto con il termine “Fòrmica”, dal nome dell’azienda americana che per prima lo ha messo in commercio, nel 1913.

Il restauro dell’opera [1] ha rappresentato un’importante occasione di studio dei laminati decorativi ad alta pressione, materiale scarsamente indagato in ambito conservativo, sebbene quasi onnipresente nel design italiano e internazionale fin dalla fine degli anni Settanta. Pochi, infatti, sono ad oggi gli studi disponibili circa le principali forme di degrado della “Fòrmica” e circa le tecniche di intervento e le condizioni ambientali più idonee alla sua conservazione [2].

Se dalla consultazione delle fonti bibliografiche, dal costante dialogo con le aziende produttrici e dalle analisi svolte su campioni di materiale originale è stato possibile, non senza difficoltà, ricavare informazioni generali circa la composizione, la tecnologia e le tecniche di fabbricazione dei laminati, non sono risultati altrettanto

reperibili dati analitici circa la resistenza del materiale nei confronti di agenti di degrado di varia natura né, a maggior ragione, circa la sua risposta nei confronti di specifici trattamenti conservativi.

Se da un lato i laminati decorativi si configurano come un materiale estremamente resistente all'azione dei solventi – come dimostrato dai test di sensibilità svolti sia su campioni nuovi, sia sul materiale originale del *Supercomponibile* – dall'altro appaiono soggetti a un accentuato degrado meccanico, che ne comporta alterazioni di tipo estetico e di tipo strutturale.

Nell'approcciarsi al restauro del *Supercomponibile 1967* essenziali sono risultate le indagini scientifiche condotte sul materiale originale e su campioni di laminati di nuova produzione, oltre che lo studio delle vicende conservative occorse all'opera tra il 1968, anno dell'ultima esposizione, e il momento del restauro in ISCR (2017-2018).

Sergio Lombardo e il *Supercomponibile 1967*

Sergio Lombardo nasce a Roma sul finire del 1939 e inizia fin da giovanissimo le proprie ricerche in campo artistico: risale infatti al 1956 la prima serie di opere realizzata, della quale non si conserva oggi alcuna testimonianza materiale [3].

La produzione artistica di Lombardo fu caratterizzata, fin dai suoi primi stadi, da cicli tra loro ben distinti e indipendenti, ognuno fortemente caratterizzato e con tratti peculiari specifici. Le serie in cui si suddivide la sua carriera sono infatti il risultato di altrettante ricerche, che nel tempo divennero sempre più rigorose, delineando la sua figura come quella di un "artista-scienziato". Definendo il suo lavoro, egli stesso parla di una "programmatica discontinuità" [4] sottolineandone l'impostazione scientifica e dichiarando l'autonomia teorica di ogni ricerca nei confronti delle altre. Ciò detto, nelle varie serie restano sempre riconoscibili alcuni punti chiave, prima tra tutti l'attenzione nei confronti del pubblico, della sua psiche e delle sue reazioni.

Dal suo esordio a oggi si contano almeno nove distinte serie: *Monocromi* (1958-1961), *Gesti Tipici* (1961-1963), *Uomini Politici Colorati* (1963-1964), *Supercomponibili* (1965-1968), *Situazioni d'emergenza* (1968-1970), *Concerti Aleatori* (1971-1975), *Specchio Tachistoscopico con stimolazione a sognare* (1979), *Pittura Stocastica* ("Metodo TAN" 1980-1995; "Metodo SAT" 1994-2014; "Tilings" 2012-2017; "Quilting" 2017-oggi) e *Mappe Minimali* (1995-2003) [5].

Le sue ricerche passano attraverso varie forme espressive: oltre alla pittura, infatti, egli realizza installazioni e performance, il cui intento principale è la stimolazione delle reazioni più inconscie e profonde del pubblico. Tali reazioni vengono definite "eventi" e sono il fulcro della produzione artistica di Lombardo e della teoria cui essa è strettamente legata, l'Eventualismo (formulata a partire dagli anni Settanta). Nell'ottica eventualista, l'opera d'arte deve rappresentare uno stimolo per lo spettatore, che risponde alla sollecitazione in modo soggettivo, intimo e personale, generando ogni volta un "evento" unico e irripetibile [6].

Al fine di suscitare una reazione del pubblico (ossia un "evento"), l'artista praticava la cosiddetta "astinenza espressiva", concetto alla base del ciclo dei *Supercomponibili*, una serie di progetti per ambienti variamente allestibili, e variamente interpretabili, nei quali l'espressività dell'artista doveva passare in secondo piano, lasciando spazio all'espressione libera e spontanea dello spettatore. Nei progetti Lombardo non indicava mai come i singoli moduli delle opere dovessero essere collegati e disposti nello spazio, lasciando al curatore o all'allestitore il compito di sceglierne arbitrariamente la posizione, secondo la propria personale interpretazione.

Le forme proposte nel ciclo rispondevano unicamente a logiche minimali, trattandosi di geometrie semplici come cerchi, cubi, linee, archi e angoli elementari; lo stesso valeva per le cromie, scelte tra i colori primari proposti dalle aziende produttrici di laminati plastici, scartando tutti i laminati del campionario che presentassero texture e motivi figurativi. I laminati decorativi vengono scelti come principale materiale costitutivo del ciclo appositamente perché considerati anti-artistici, anonimi e freddi, e dunque ideali per costruire strutture industriali, non poetiche ed esenti da lirismo, perfette e inattaccabili [7].

Il *Supercomponibile* oggetto di intervento fu interamente finanziato dal gallerista Gian Tomaso Liverani che, dopo averne consultato il progetto presso lo studio di Lombardo, investì personalmente nella sua realizzazione [8]. L'opera è costituita da otto pannelli a forma di "L", identici per dimensioni, colori, materiali e tecnica esecutiva. Ciascun modulo presenta un supporto interno in legno tamburato, non a vista, al quale su ogni lato sono vincolate per mezzo di un adesivo delle porzioni di laminato decorativo di due diversi colori, rosso e giallo. Per il montaggio dell'opera, il sistema di assemblaggio è costituito da una serie di tubolari metallici cavi, a sezione quadrata, variamente utilizzabili per articolare l'opera in modi ogni volta differenti, disponendo e orientando i pannelli secondo molteplici direttrici. L'adesione dei laminati al supporto è garantita per mezzo di due diversi adesivi sintetici, uno di natura neoprenica (poli-cloroprene) e l'altro di natura vinilica, come accertato per mezzo di analisi XRF, FT-IR e SEM-EDS di seguito esposte.

Vicende conservative del *Supercomponibile* 1967 e morfologia del degrado

Il *Supercomponibile* 1967 venne esposto per la prima volta nel 1968 in una personale di Lombardo, tenutasi alla Galleria *La Salita* di Gian Tomaso Liverani. Al termine di tale esposizione, l'opera entrò immediatamente a far parte della Collezione di Liverani e per cinquanta anni non fu mai più messa in mostra: il presente restauro, oltre a permetterne lo studio approfondito e il recupero dei valori estetici originali, ha dunque contribuito a restituire il *Supercomponibile* alla pubblica fruizione, proponendo due nuovi allestimenti (**Figura 1**), rispettivamente presso l'ex Carcere maschile del Complesso romano del San Michele e presso la Sala Dante dell'Istituto Centrale per la Grafica – Palazzo Poli [9].



Figura 1. A destra: allestimento dell'opera nelle sale dell'ex Carcere Maschile del Complesso del San Michele, foto: Angelo Raffaele Rubino (Roma, ISCR – Novembre 2018); a sinistra: allestimento del *Supercomponibile* 1967 e di alcuni *Punti Extra* di Lombardo presso la Sala Dante dell'ICG, foto: Antonio Iorio (Roma, Istituto Centrale per la Grafica – Aprile 2019), per gentile concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali

Una volta acquisita nella Collezione Liverani, l'opera fu conservata per un lungo periodo nei depositi della ditta di trasporti "Spedart", rimanendovi fino al momento della presa in consegna da parte della Galleria Nazionale di Arte Moderna di Roma, avvenuta nel 1996 a seguito di una donazione del collezionista faentino. Al momento del recupero dai depositi di "Spedart" le condizioni ambientali di conservazione apparvero da subito non idonee, essendo questi collocati al di sotto del livello del Tevere e pertanto spesso soggetti a inondazioni, tali da esporre l'opera a elevati valori di umidità relativa e, in alcuni casi, al contatto diretto con l'acqua [10].

All'arrivo nel Laboratorio di restauro dell'ISCR, dunque, l'opera presentava forme di alterazione direttamente riconducibili alle condizioni termo-igrometriche dell'ambiente conservativo, fenomeni che interessavano sia gli elementi lignei e i tubolari metallici della struttura di sostegno, sia i laminati decorativi di rivestimento.

A carico della struttura lignea tamburata erano riscontrabili fenomeni di imbarcamento e deformazione, oltre ad accentuate alterazioni biologiche, ascrivibili all'azione sinergica di funghi cellulosolitici e insetti xilofagi. I tubolari metallici presentavano una marcata ossidazione, immediatamente riconducibile agli elevati livelli di umidità relativa attestati nei depositi della ditta "Spedart".

Dall'analisi dello stato di conservazione dei laminati decorativi è apparso evidente quanto anche un materiale industriale commercializzato decantandone l'estrema resistenza, vada incontro a fenomeni di degrado più o meno accentuati qualora venga conservato in condizioni ambientali per esso non idonee. A questa considerazione si è giunti dopo aver riscontrato a carico dei laminati numerosi fenomeni di imbarcamento, deformazioni a bolla e delaminazioni angolari, del tutto assenti su opere realizzate da Lombardo nello stesso periodo e con gli stessi materiali, ma conservate in un ambiente con valori micro-climatici controllati.

Oltre alle forme di degrado meccanico, inoltre, i laminati decorativi di rivestimento presentavano consistenti alterazioni estetiche quali cretti, abrasioni e graffi – fenomeni notevolmente deturpanti, perlopiù legati a errati sistemi di stoccaggio e di manipolazione dell'opera – e depositi superficiali coerenti e incoerenti, alcuni dei quali all'apparenza riconducibili a un deterioramento di tipo biologico.

I laminati decorativi ad alta pressione (HPL)

La nascita dei laminati decorativi si inserisce in un periodo di fermento generale, caratterizzato da sperimentazioni e ricerche volte alla scoperta di nuovi materiali. Fu in questo clima che l'ingegnere americano Daniel O'Connor, studiando i possibili impieghi della cosiddetta Bakelite® – una resina fenolo-formaldeide brevettata nel 1909 dal chimico belga Leo Baekeland – mise a punto nel 1913 i primi laminati della storia [11]. Utilizzando la fenolo-formaldeide come resina di impregnazione di fogli carta e sottoponendo il sistema a pressioni e temperature elevate, infatti, egli produsse un materiale che presentava spiccate proprietà isolanti. Proprio in funzione di questa loro caratteristica, i laminati sostituirono ben presto la più costosa mica come isolante elettrico: tale circostanza contribuì anche alla creazione del brand "FORMICA", il cui nome nacque proprio dalla crasi delle parole inglesi "for" e "mica", ossia *sostituto della mica*.

Nei primi anni di produzione, dunque, i laminati ebbero unicamente una funzione pratica quali isolanti elettrici, a causa delle scarse caratteristiche estetiche della resina fenolo-formaldeide, che non consentiva il loro impiego in ambito decorativo, poiché permetteva di ottenere soltanto colori scuri, che nel tempo tendevano ad incupirsi ulteriormente e a ingiallire. La “svolta decorativa” si registrò invece a partire dalla seconda metà degli anni Trenta, quando fu brevettata una resina ottenuta per reazione della melammina con un'aldeide [12]. La nuova resina si dimostrò più dura e stabile della Bakelite® per resistenza al calore, alle abrasioni e agli agenti chimici, oltre che esente dai problemi di imbrunimento della fenolo-formaldeide. Già nel 1937, la melammina-formaldeide venne introdotta come agente di saturazione delle carte decorative: da questo momento in poi vennero prodotti laminati chiari, dai colori brillanti e luminosi.

Da un punto di vista tecnologico e compositivo, i laminati decorativi sono un materiale composito termoindurente, eterogeneo e anisotropo, caratterizzato da una struttura a strati, tra loro chimicamente legati in modo irreversibile. Si tratta di materiali costituiti da fibre cellulosiche (60-70% in peso) – in questo caso fogli di carta Kraft o di carta di α -cellulosa – che svolgono il ruolo di materiale rinforzante, e resine termoindurenti (30-40% in peso). La carta, principale materiale costitutivo dei laminati, ne influenza sensibilmente le caratteristiche chimiche, meccaniche ed estetiche.

In linea generale, la stratigrafia del laminato HPL (Figura 2) presenta un primo livello costituito da più strati di carta Kraft impregnati con una resina fenolo-formaldeide (*core layer*), cui si sovrappone un livello a base di carta decorativa di α -cellulosa e resina melammina-formaldeide. Alcuni laminati presentano inoltre uno strato protettivo esterno, sovrapposto a quello decorativo, detto *overlay*, consistente in un sottile foglio di carta di α -cellulosa impregnata anch'essa di resina melamminica. La carta decorativa melamminica è l'unica responsabile del colore del laminato, dal momento che l'*overlay* risulta completamente trasparente al termine del processo produttivo.

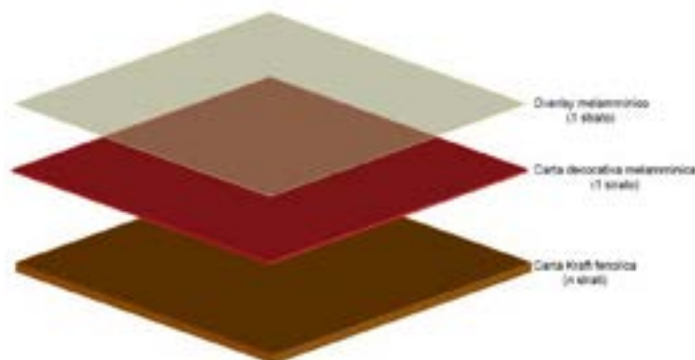


Figura 2. Stratigrafia del laminato, dall'alto verso il basso: overlay melamminico, carta decorativa melamminica e carta Kraft fenolica

I fogli di laminato vengono prodotti sottoponendo il sistema carta fenolica-carta melamminica a temperature comprese tra 70°C e 150°C e pressioni tra 5 MPa e 10 MPa, in speciali presse idrauliche multivano; in questa fase, le superfici esterne di ogni foglio sono poste a contatto con lamiere metalliche che distribuiscono omogeneamente calore e pressione. L'applicazione simultanea di calore e pressione comporta la fluidificazione delle resine fenoliche e melamminiche e la loro reticolazione, con la formazione di un reticolo tridimensionale a livello della struttura polimerica, che rende i due polimeri insolubili e infusibili e garantisce le caratteristiche prestazionali tipiche dei laminati decorativi. Più a lungo i laminati sono sottoposti a calore e pressione, maggiore sarà il livello di reticolazione delle resine termoindurenti e minore sarà la flessibilità del prodotto finito.

La finitura superficiale del laminato varia a seconda del tipo di lamiera utilizzata in fase di pressatura: impiegando una lamiera liscia e regolare si possono infatti produrre laminati con finitura lucida a specchio, mentre a lamiere con micro-disomogeneità o texture superficiali sono associati laminati opachi o texturizzati.

I laminati decorativi utilizzati da Lombardo sono monocromi, senza decorazioni o texture e con finitura liscia e lucida. Secondo quanto riportato dall'artista nel corso della già citata intervista svoltasi in occasione del restauro, i laminati del *Supercomponibile 1967* sarebbero stati prodotti dall'azienda PIRIV di Torino, oggi non più in attività, dato confermato anche dalla presenza sulla loro superficie di alcuni marchi della casa produttrice.

Dall'osservazione al video-microscopio dei laminati originali risulta evidente una differenza tecnologica tra il laminato giallo e quello rosso: il primo è costituito da tre distinti strati, uno a base di carta Kraft marrone, seguito da uno di carta di α -cellulosa bianca e infine da uno di carta decorativa gialla; il laminato rosso, invece, presenta soltanto uno strato di base di carta Kraft marrone sul quale è disposto un foglio di carta decorativa rossa. Questa particolarità è direttamente dipendente dalla loro colorazione: l'interposizione di un foglio di carta bianca tra gli strati di carta Kraft e il decorativo consente infatti di mantenere inalterato il tono della carta decorativa; ciò è particolarmente importante per la fabbricazione dei laminati chiari, nei quali il colore scuro del *core layer* tenderebbe a incupire e a rendere meno brillante il decorativo sovrastante.

Indagini diagnostiche applicate allo studio e al restauro del *Supercomponibile 1967*

I materiali polimerici sintetici mostrano spesso gli effetti di fenomeni degradativi estremamente rapidi, anche in tempi relativamente brevi e in condizioni di conservazione non estreme [13]. Nell'ambito di un restauro, lo studio e la caratterizzazione di tali materiali e delle loro componenti accessorie – quali additivi e pigmenti – risulta spesso essere fondamentale per una più profonda comprensione delle opere e per la corretta pianificazione dell'intervento. In quest'ottica, in occasione del restauro del *Supercomponibile 1967*, il Laboratorio di Chimica dell'ISCR ha svolto una serie di indagini volte a indagare i materiali costitutivi dell'opera e a studiarne eventuali prodotti di degrado.

L'approccio diagnostico si è basato sull'impiego di strumentazione non invasiva, quale microscopia portatile, colorimetria, pHmetria di superficie e spettroscopia di fluorescenza dei raggi X (XRF), e sul prelievo di piccoli campioni al fine di caratterizzare la natura chimica dei materiali costitutivi mediante spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) e microscopia elettronica a scansione con micro-sonda ai raggi-X (SEM-EDS). Le indagini diagnostiche hanno interessato sia i laminati decorativi di rivestimento, sia gli adesivi impiegati per vincolare questi ultimi al supporto ligneo.



Figura 3. Campioni di materiale originale analizzati. **Da sinistra:** campione di laminato rosso; retro del campione rosso a due differenti ingrandimenti, in cui sono visibili due diversi adesivi; campione di laminato giallo

Su alcune porzioni di laminato giallo originale, l'osservazione preliminare mediante microscopia portatile e mediante glossmetro ha messo in evidenza la presenza di zone con caratteristiche di lucentezza e idrorepellenza differenti rispetto a quelle riscontrabili sui laminati rossi. L'analisi XRF sui punti corrispondenti a ciascuna zona ha mostrato come, sebbene in entrambi i casi l'elemento maggiormente rappresentato fosse il titanio [14], su tali porzioni di laminato giallo fossero rilevabili anche zolfo e zinco, riconducibili alla presenza di piccole quantità di litopone (ossia di una miscela di solfuro di zinco e solfato di bario). Sui laminati rossi erano invece apprezzabili minori quantitativi di titanio, ma risultavano presenti anche piccoli quantitativi di zolfo e calcio, riconducibili a riempitivi minerali a base di solfato di calcio e/o carbonato di calcio. Il ferro era riscontrabile in quantitativi modesti, non sufficienti a giustificare la colorazione rossa intensa del laminato, ottenuta dunque plausibilmente attraverso un colorante organico.

Sul retro di una porzione di laminato rosso si sono riscontrati alti conteggi relativi al cloro, dato importante da incrociare con le informazioni ottenute mediante spettroscopia infrarossa, di seguito esposte. Come visibile in **Figura 3** sul retro del campione erano visibili due diverse tipologie di adesivo: una caratterizzata da una stesura uniforme e da una consistenza più elastica; l'altra, semi-trasparente, concentrata soltanto in alcune zone. Nello spettro FTIR riportato in **Figura 4a**, corrispondente all'adesivo steso omogeneamente, sono riconoscibili segnali relativi al policloroprene, polimero sintetico ampiamente impiegato come elastomero e adesivo. Particolarmente significativi sono gli assorbimenti a 3024 e 1660 cm^{-1} , dovuti a insaturazioni nella catena polimerica, e quelli a 1429 e 828 cm^{-1} dovuti a modi di stiramento di gruppi CH_2 [15]. L'importante assorbimento a 1018 cm^{-1} è legato invece alla presenza di silicati idrati di magnesio (talco), additivi usualmente aggiunti come riempitivo nei polimeri sintetici [16]. Lo spettro riportato in **Figura 4b** è invece relativo a un adesivo a base di polivinilacetato, come desumibile dagli assorbimenti a 1734 cm^{-1} (carbonile estereo) e 1238 e 1018 cm^{-1} (*stretching* C-O-C dell'acetato).

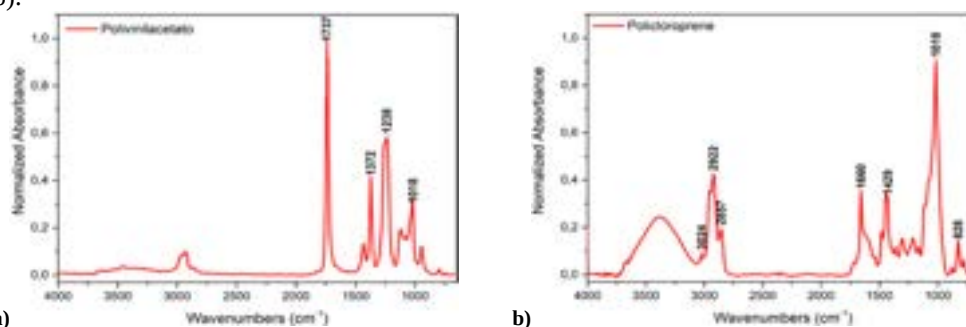


Figura 4. Spettri FTIR dei due adesivi: **a)** Spettro dell'adesivo steso più uniformemente; **b)** Spettro dell'adesivo concentrato in alcune zone

L'analisi FTIR dei laminati rossi e gialli ha consentito di riconoscere per entrambi i colori la presenza della resina termoindurente melammina-formaldeide, in particolare per gli assorbimenti a $3350\text{--}90\text{ cm}^{-1}$ (*stretching* N-H), 1555 cm^{-1} (*stretching* C=N), e l'assorbimento a 812 cm^{-1} tipico di movimenti scheletrici dell'anello di triazina [17]. Negli spettri in **Figura 5** sono apprezzabili i segnali dovuti alla presenza di cellulosa, riconducibile ai fogli di carta da impregnazione che costituiscono lo "scheletro" dei laminati.

L'osservazione mediante microscopio portatile ha evidenziato la presenza sulla superficie dei laminati di una serie di depositi superficiali di forma circolare, contraddistinti da una caratteristica struttura ramificata, visibile in **Figura 6**. Una piccola quantità di tale deposito è stata prelevata per essere analizzata: l'analisi FTIR ha evidenziato assorbimenti coerenti con la presenza di chitina [18], prodotto metabolico di organismi biofilmogeni. Tale deposito potrebbe quindi testimoniare la presenza di un attacco biologico, plausibilmente non a carico del polimero ma dello strato di deposito superficiale.

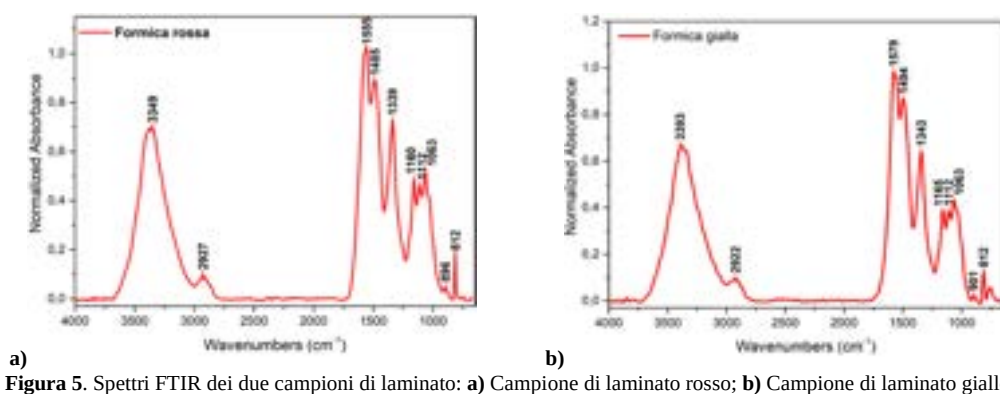


Figura 5. Spettri FTIR dei due campioni di laminato: **a)** Campione di laminato rosso; **b)** Campione di laminato giallo



Figura 6. Da sinistra: immagini in microscopia portatile a 50X dei depositi superficiali sui laminati; spettro FTIR del deposito superficiale

L'indagine SEM-EDS, svolta in pressione variabile senza metallizzare i campioni, ha consentito di studiarne la morfologia e gli elementi inorganici costituenti. Come già rilevato attraverso l'indagine XRF, l'analisi SEM-EDS ha evidenziato la presenza di titanio nello strato colorato rosso (**Figura 7**); tale elemento risulta invece assente in superficie e nello strato a base di carta Kraft (*core layer*). Dai risultati ottenuti si deduce che il campione di laminato rosso contiene un sottile strato superficiale di sola resina, al di sotto del quale si attesta un foglio di carta decorativa melamminica contenente bianco di titanio, un colorante rosso di natura organica e piccole quantità di additivi minerali a base gessosa e allumino-silicatica. Il bianco di titanio è presente principalmente in corrispondenza dello strato decorativo, mentre la sua concentrazione decresce nello strato a base di carta Kraft.

L'analisi SEM-EDS di un campione di laminato giallo (**Figura 8**), combinata alle altre analisi, indica che la colorazione gialla è stata ottenuta mediante un colorante di natura organica addizionato a bianco di titanio, gesso, alluminati e silicati, tra cui il talco. In questo caso, le fibre di carta appaiono più corte e spezzate rispetto a quelle del laminato rosso, oltre che maggiormente impregnate di resina.

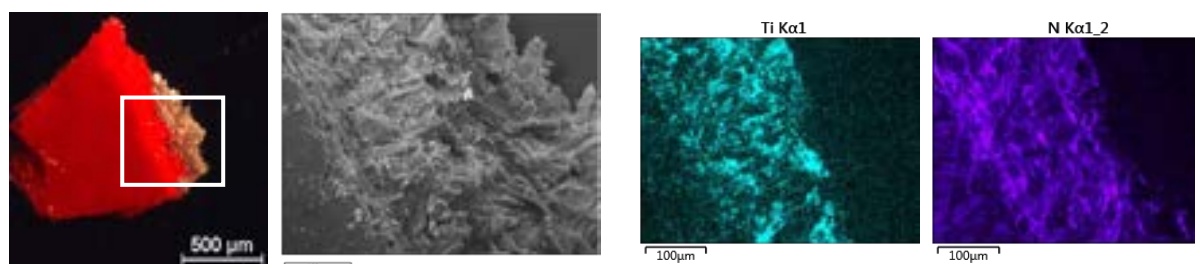


Figura 7. Analisi SEM-EDS del campione di laminato rosso (il rettangolo bianco segnala le zone di analisi)

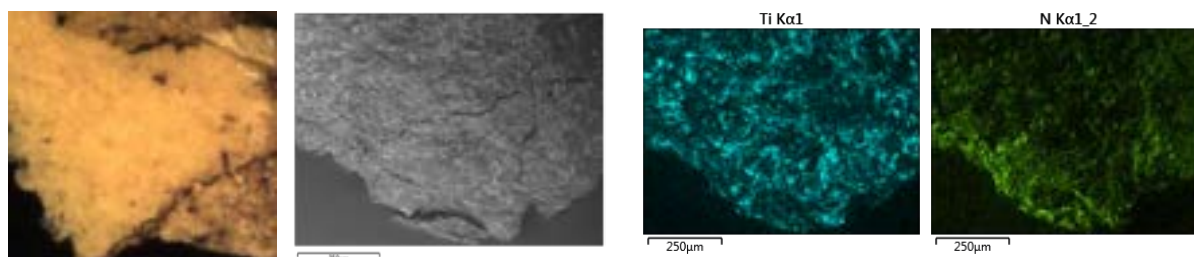


Figura 8. Analisi SEM-EDS del campione di laminato giallo

Conclusioni

Approcciandosi al restauro di un'opera di arte contemporanea la necessità di svolgere campagne diagnostiche accurate e approfondite appare ancor più stringente che nel restauro dell'arte, per così dire, "tradizionale". A proposito di quest'ultima, infatti, risulta ormai vastissima la letteratura di settore, inerente sia ai materiali costitutivi, sia alle loro forme di degrado e all'approccio più corretto per farvi fronte. Nel caso in esame, così come in molti altri in cui gli artisti abbiano voluto sperimentare i materiali industriali più eterogenei, una corretta campagna diagnostica aveva dunque lo scopo di conoscere a fondo il materiale da un punto di vista della tecnologia e della composizione, fornendo importanti strumenti per la progettazione dell'intervento.

Dal confronto dei dati analitici con quelli reperibili attraverso il costante dialogo con le case produttrici, i singoli brevetti e la letteratura industriale, è stato possibile indagare le principali caratteristiche dei laminati e individuarne i punti di debolezza, attuando scelte conservative consapevoli e prive di rischio per il manufatto: in tal senso, le indagini più significative sono state micro FTIR e SEM-EDS. Attraverso osservazioni al microscopio digitale, analisi spettro-colorimetriche e misure del gloss, inoltre, è stato poi possibile individuare i materiali più idonei per l'intervento e, in particolar modo, quelli per la reintegrazione delle lacune di laminato, che sono stati scelti valutando oggettivamente i parametri di colore, lucentezza e micro-disomogeneità superficiale sia dei laminati originali, sia di quelli di intervento.

NOTE

[1] L'opera è stata restaurata nell'ambito della tesi di laurea abilitante alla professione di Restauratore dei Beni Culturali conseguita nel novembre 2018 dall'autrice Elena Zaccagnini presso l'ISCR, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro di Roma, avente per titolo "Il *Supercomponibile* 1967 di Sergio Lombardo. Laminati plastici decorativi ad alta pressione a base di fenolo e melammina-formaldeide: storia, morfologie del degrado e restauro". Si ringraziano i relatori per il contributo dato al lavoro: il relatore coordinatore Grazia De Cesare e i relatori aggiunti Marco Bartolini, Alberto Cravero, Marcella Ioele, Angelo Raffaele Rubino, Paolo Scarpitti, Mauro Torre e Francesca Valentini.

[2] Abram 2014; Abram 2015.

[3] Calvesi 1995.

[4] Si vedano a tal proposito le linee biografiche pubblicate da Lombardo sul suo sito web personale: www.sergiolombardo.it/biografia/ (ultimo accesso: 17/07/2019).

[5] Tugnoli 2009.

[6] L'interesse di Lombardo per la psicologia è centrale per la sua produzione artistica e a esso si lega la pubblicazione, fin dal 1979, della *Rivista di Psicologia dell'Arte*. È proprio sulla *Rivista* che è stata pubblicata, in occasione del presente restauro, l'intervista all'artista a proposito del *Supercomponibile* 1967 realizzata da Elena Zaccagnini e Francesca Valentini nel Luglio 2017 (Zaccagnini 2017).

[7] Zaccagnini 2017.

[8] Zaccagnini 2017.

[9] Il *Supercomponibile* 1967 è stato esposto nelle sale dell'ex Carcere maschile del San Michele in occasione della sessione autunnale di discussione delle tesi di laurea della Scuola di Alta Formazione e Studio dell'ISCR, tenutasi nel Novembre 2018. L'opera è stata successivamente protagonista di un secondo ri-allestimento presso la Sala Dante di Palazzo Poli, in occasione dell'evento "*Conversazione/Conservazione: Sergio Lombardo*", tenutosi nel mese di Aprile 2019 (a tal proposito si veda il comunicato dell'evento: www.grafica.beniculturali.it/tutti-gli-archivi/eventi/conversazione-conservazione-sergio-lombardo-9652.html, ultimo accesso: 17/07/2019). In entrambi i casi l'allestimento dell'installazione è stato progettato da Elena Zaccagnini, sotto la supervisione del funzionario storico dell'arte Francesca Valentini.

[10] Tali informazioni sono state riportate agli autori dal funzionario della GNAM Barbara Tomassi, in occasione di un incontro-tavola rotonda tenutosi in ISCR, a restauro avviato, alla presenza dell'artista. La Dott.ssa Tomassi, incaricata del recupero delle opere donate da Liverani nel 1996, constatò personalmente le condizioni microclimatiche dei depositi "Spedart", giudicandole inadatte alla corretta conservazione delle opere.

[11] O'Connor sottopose il materiale a brevetto nel 1913, ma l'approvazione arrivò solo nel '18 (O'Connor, 1918).

- [12] La resina melammina-formaldeide venne brevettata quasi contemporaneamente dall'ingegnere inglese Tennant e dal chimico americano Talbot (Tennant 1935; Talbot 1936).
- [13] Wypych 2018; Lazzari et al. 2011.
- [14] La presenza di titanio è ascrivibile all'impiego del biossido di titanio, un pigmento industriale bianco utilizzato nel campo dei laminati nella forma cristallina rutilo per dare alle carte decorative a base di α -cellulosa opacità e lucentezza elevate (Bajpai 2015).
- [15] Arjunan et al. 2003.
- [16] Ferrage et al. 2003; Murphy 2001.
- [17] Merline et al. 2013.
- [18] Cardenas et al. 2004.

BIBLIOGRAFIA

1. Abram Sara (a cura di), *"Il restauro del Design. Riflessioni ed esperienze dal progetto di studio e conservazione sulla Collezione storica del Premio Compasso d'Oro"*, Allemandi, Torino, 2014
2. Abram Sara, *"Conservazione del Design e recupero della memoria. La Cucina SAFFA al Centro Conservazione e Restauro "La Venaria Reale"*, in Cassese Giovanna, *"Il futuro del Contemporaneo. Conservazione e restauro del Design"*, Gangemi Editore, Roma, 2015, pagine 154-159
3. Adamson Mark, Lange Alexandra (a cura di), *"Formica Forever"*, Metropolis Book New York, 2013
4. Archivio Bio-Iconografico GNAM, *"Sergio Lombardo"* part Monografica, sez. Biografica, Cass. 17-3
5. Archivio Bio-Iconografico GNAM, *"Sergio Lombardo"*, part. Monografica, sez. Iconografica, Faldone 161bis
6. Archivio Storico GNAM, Pos. 2F, *"Proposte doni"*, Busta 13, Fascicolo 9
7. Arjunan V., Subramanian S., Mohan S., *"Vibrational Spectroscopic Studies on Trans-1,4-plychloroprene"*, in *"Turkish Journal on Chemistry"*, vol. 27, n. 4, Istanbul, 2003, pagine 423-432
8. Bajpai Pratima, *"Pulp and Paper Industry. Chemicals"*, Elsevier, Waltham, 2015
9. Calvesi Maurizio, Mirolla Miriam, *"Sergio Lombardo – Museo Laboratorio di Arte Contemporanea-Università degli Studi di Roma "La Sapienza", 5 Aprile-6 Maggio 1995"*, MLAC, Roma, 1995
10. Cárdenas Galo, Cabrera Gustavo, Taboada Edelio, Miranda Patricia, *"Chitin characterization by SEM, FTIR, XRD, and 13C cross polarization/mass angle spinning NMR"*, in *"Journal of Applied Polymer Science"*, vol. 93, n. 4, Wiley, Hoboken, 2004, pagine 1876-1885
11. Daniel Duffin, *"Laminated Plastics"*, Reinhold, New York, 1966
12. Ferrage Eric, Martin François, Petit Sabine, Pejo-Soucaille Sandrine, Micoud Pierre, Fourty G., Ferret Jocelyne, Salvi Stefano, De Perseval Philippe, Fortune Jean-Pol, *"Evaluation of talc morphology using FTIR and H/D substitution"*, in *"Clay Minerals"*, vol. 38, n. 2, The Mineralogical Society, Londra, 2003, pagine 141-150
13. Homberg Anna, *"I 'Componibili' 1965-'68 di Sergio Lombardo"*, in *"Rivista di Psicologia dell'Arte"*, n. 1, Jartrakor, Roma 1990, pagine 23-31
14. John Brydson, *"Plastic Materials"*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999
15. Lazzari Massimo, Ledo-Suárez Ana, López Thais, Scalzone Dominique, López-Quintela Arturo, *"Plastic matters: an analytical procedure to evaluate the degradability of contemporary works of art"*, in *"Analytical and Bioanalytical Chemistry"*, vol. 399, n. 9, Springer, Berlino, 2011, pagine 2939-2948
16. Lewin Susan (a cura di), *"Formica & Design, From the Counter Top to High Art"*, Rizzoli, New York, 1991
17. Lobo Hubert, Bonilla Jose V., *"Handbook of Plastics Analysis"*, Marcel Dekker, New York, 2003
18. Merline Dyana, Vukusic Sulafudin, Abdala Ahmed, *"Melamine formaldehyde: curing studies and reaction mechanism"*, in *"Polymer journal"*, vol. 45, n. 4, Springer Nature, Basingstoke, 2013, pagine 413-419
19. Murphy John, *"Additives for plastics handbook"*, Elsevier, Oxford, 2001
20. O'Connor Daniel, *"Process of Making Composite Material"*, US 1284432, Pittsburgh, 1918
21. Pilato Louis, *"Phenolic Resins: A Century of Progress"*, Springer, Berlino, 2010
22. Talbot William, *"Manufacture of Melamine-Aldehyde Condensation Products"*, US2260239, Dover, 1936
23. Tennant William, *"Improvements in or relating to the Manufacture of Condensation Products"*, GB455008, Londra, 1935
24. Tugnoli Andrea, *"Sergio Lombardo"*, Maretti Editore, Roma, 2009
25. Wypych George, *"Handbook of Material Weathering"*, ChemTec Publishing, Toronto, 2018
26. Zaccagnini Elena, Valentini Francesca, *"Intervista a Sergio Lombardo in occasione del restauro del Supercomponibile 1967"*, in *"Rivista di Psicologia dell'Arte"* n. 28, Jartrakor, Roma, 2017, pagine 73-79

Indice

PROGRAMMA

Chiese rupestri e ipogei	1
LA MANUTENZIONE DEL RESTAURATO IN AMBIENTI IPOGEI	3
Giovanna Martellotti	
LA CRIPTA RITROVATA - DOMENICO GIUDOBONO E GLI AFFRESCHI NASCOSTI DELL'ABBAZIA DI CASANOVA	11
Pier Franco Nicola	
MESSA IN SICUREZZA FINALIZZATA ALLA QUALITÀ DELLA FRUIZIONE DELL'OPERA – EDIFICIO IPOGEO CONTEMPORANEO SEC.XX	21
Donatella Lami, Giovanni Bassoli, Mariavittoria Antonioli Piovano	
RESTAURO DELLE SUPERFICI E CONDIZIONI AMBIENTALI: L'INTERVENTO DELL'ISCR NEL SACELLO DI S. ASPRENO A NAPOLI	29
Francesca Romana Liserre, Carlo Cacace, Barbara Provinciali, Bruno Mazzone	
NUOVI APPROCCI ECOCOMPATIBILI PER LA CONSERVAZIONE E PROTEZIONE DEGLI IPOGEI DIPINTI DI TARQUINIA (VT)	39
Maria Cataldi, Adele Cecchini, Chiara Scioscia Santoro, Daniele Spizzichino, Gabriele Leoni, Paolo Maria Guarino	
IL DESTINO DI UNO STACCO ECCEZIONALE: IL CASO DELLA CHIESA RUPESTRE DI SAN VITO VECCHIO DI GRAVINA IN PUGLIA	47
Maria Carolina Gaetani, Filippo Edoardo Capasso, Manuel Giandomenico	
I COMPLESSI RUPESTRI DEL PARCO DELLA MURGIA MATERANA. PROPOSTA METODOLOGICA DI SCHEDATURA CONSERVATIVA	55
Francesca Castiello, Erika Maddalena, Cesare Crova	
UN'ESPERIENZA DI RILIEVO SPEDITIVO DEI FENOMENI DI DEGRADO PRESENTI IN ALCUNI AMBIENTI RUPESTRI DI MATERA	63
Silvia Seller, Annamaria Giovagnoli, Eleonora Panella	
PROTOCOLLI DI VALORIZZAZIONE E CONSERVAZIONE. DELLE AREE ARCHEOLOGICHE IPOGEE IN VATICANO	71
Francesca Persegati, Rossana Giardina, Giandomenico Spinola, Ulderico Santamaria, Vittoria Cimino, Fabio Morresi, Leonardo Di Blasi, Stefania Bani	
Problematiche di progettazione e intervento	85
DAL TEATRO DI GOLDONI AL RESTAURO DEL SIPARIO STORICO DI SCENA DI TRANQUILLO ORSI A FELTRE	87
Rossella Bernasconi, Simonetta Pagani, Stefano Russo, Camilla Mazzola	
IL RESTAURO E LA RICOMPOSIZIONE DI DUE ALBUM DI DISEGNI DI ANTONIO BASOLI	99
Giada Scarabelli, Andrea Del Bianco, Camilla Roversi Monaco, Carlotta Letizia Zanasi	
“VORTICE E FIGURA” DI PAOLA LEVI MONTALCINI: INTERVENTO SU UN'OPERA POLIMATERICA CON SUPPORTI FOTOGRAFICI AFFETTI DA SINDROME ACETICA	111
Micaela Storari, Fabiana Di Lorenzo, Barbara Cattaneo, Matteo Collina, Grazia De Cesare, Marcella Ioele, Natalia Macro, Angelo Raffaele Rubino, Mauro Torre	

RESTAURO DE “IL SOGNO”, OPERA IN CERA NON VERNICIATA DI GIORGIO GIORDANI: INDAGINI SULLA TECNICA, RICERCHE E STUDI APPLICATI SULLA PULITURA E L’INCOLLAGGIO A FREDDO Elettra Ferrari Mazzanti, Davide Riggiardi, Lucia Vanghi	121
IL RESTAURO DI SEI CERE DERMATOLOGICHE DELL’OSPEDALE MAGGIORE DI MILANO. PROBLEMATICHE CONSERVATIVE E SCELTE OPERATIVE Elisa Bartolini, Laura Speranza	131
RESTAURO DEI REPERTI LIGNEI POLICROMI DEL CONTROSOFFITTO ROMANO RINVENUTO A ERCOLANO Elisabetta Canna, Maria Labriola, Annunziata Laino, Stefania Siano	143
I SANDALI PONTIFICALI DORATI DI CASTEL SANT’ELIA: LE INDAGINI SCIENTIFICHE PRELIMINARI. RIFLESSIONI IN MERITO A MATERIALI COSTITUTIVI E PROCEDIMENTI PER IL RESTAURO Anna Valeria Jervis, Marcella Ioele, Giulia Galotta, Maria Rita Giuliani, Claudio Falcucci, Natalia Macro	153
IL RESTAURO DI CINQUE PANNELLI CERIMONIALI IN LEGNO SCOLPITO E DIPINTO PER “LA CASA DEGLI UOMINI”, TAMBARAN, DELLA COLLEZIONE DEI MUSEI VATICANI S. Pandozy, B. Cavallucci, S. Cici, F. Nepote, A. Rocco, C. Rivière, U. Santamaria, F. Morresi, Claudia Aguzzi, F. Castro, F.R. Cibir, A. Pernella, M. Delle Rose, F. Fratini	163
IL DIORAMA RAFFIGURANTE IL GIARDINO RINASCIMENTALE CONSERVATO ALLA VILLA MEDICEA DELLA PETRAIA. RESTAURO E RIFLESSIONI CRITICHE SULLA CONSERVAZIONE DI UN APPARATO EFFIMERO DEL 1931 Marco Mozzo, Francesca Coccolo, Valentina Tasso, Paolo Luciani, Stefania De Blasi, Rosanna Piervittori	171
IL RECUPERO DI UN DIPINTO MURALE ATTRIBUITO A GIUNTA PISANO Sara Penoni, Camilla Roversi Monaco, Cristiana Todaro	185
IL RESTAURO DEL MURALE DI KEITH HARING AD AMSTERDAM Antonio Rava, Will Shank, Maria Perla Colombini, Caterina Soliani	197
PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA SEMI AUTOMATICA BASATA SULL’ANALISI DELL’IMMAGINE DIGITALE FINALIZZATA ALLA CREAZIONE E LA GESTIONE DELLA DOCUMENTAZIONE GRAFICA NEI RESTAURI Annamaria Amura, Laura Baratin	215
Etica e sostenibilità nella conservazione del patrimonio culturale	223
SOSTENIBILITÀ E RESTAURO: ANALISI SPERIMENTALI SULLA MUCILLAGINE DI <i>OPUNTIA FICUS-INDICA</i> PER IL CONSOLIDAMENTO DEI DIPINTI Stefania D’Ottavio, Franca Persia, Daniele Mirabile Gattia, Barbara Lavorini, Maurizio Coladonato, Giovanna Cassese, Paola Carnazza	225
IL RESTAURO DEI CALCHI DELLA COLONNA TRAIANA, UN RESTAURO ECOSOSTENIBILE: LE SOLUZIONI ADOTTATE Maria Rita Ciardi, Guy Devreux, Ulderico Santamaria, Claudia Valeri, Carlotta Banchelli, Fabiano Ferrucci	233

UN RACCONTO INTERROTTO. PROPOSTA DI INTEGRAZIONE VIRTUALE DEL GRUPPO SCULTOREO DELLA MADONNA ODIGITRIA DI ISNELLO (PA) E FRUIZIONE IN REALTÀ AUMENTATA	243
Angela Sottile, Milena Monti, Salvatore Sorce, Michele Sottile	
Diagnostica, ricerche e studi applicati	251
LA RIMOZIONE DEI DEPOSITI SUPERFICIALI DEL GESSO MEDIANTE IDROGEL VISCOELASTICI DI ALCOL POLIVINILICO E BORACE	253
Augusto Giuffredi, Andrea Del Bianco, Michele Di Foggia	
AVORIO ARCHEOLOGICO: STUDIO PER IL CONSOLIDAMENTO CHIMICO E MECCANICO DI UNA PISSIDE DEI MUSEI VATICANI, MEDIANTE L'USO DEL DIAMMONIO FOSFATO	263
M. Sannibale, U. Santamaria, Flavia Callori di Vignale, F. Morresi, F. Cibi, S. Bani, F. Francescangeli, C. M. Omodei Zorini, F. Frattini	
LA FACCIA DELLA BASILICA DI SANTA PUDENZIANA: SPERIMENTAZIONE DI CONSOLIDANTI E PROTETTIVI NANOSTRUTTURATI SU MATERIALI LAPIDEI NATURALI ED ARTIFICIALI NELL'AMBITO DEL PROGETTO EUROPEO NANOCATHEDRAL	273
Michela Bassi, Laura Mangiapelo, Michela Botticelli, Lucia Conti, Luciana Festa, Carla Giovannone	
CONSERVAZIONE E ARTE CINEVISUALE: IL RESTAURO DI UN'OPERA FATTA DI LUCE E RITMO	281
Maria Cristina Lanza, Maria Elisabetta Prunas, Paola Iazurlo	
DUE ESEMPI DI USO DEL RILIEVO 3D PER STUDIARE LA COLLOCAZIONE PIÙ CORRETTA DI OPERE	291
Maria Grazia Chilosì, Pietro Gasparri	
METODI INNOVATIVI PER IL TRATTAMENTO SUPERFICIALE DI LEGHE E METALLI	299
Sylvie Cheney, Marilena Anzani, Lorenzo Appolonia, Sara Goidanich, Alfiero Rabbolini	
SVILUPPO DI PROTOCOLLI MICRO-INVASIVI PER L'IDENTIFICAZIONE DEI LEGANTI PITTORICI MEDIANTE TECNICHE AVANZATE DI SPETTROMETRIA DI MASSA	307
Cosima D. Calvano, Elena C.L. Rigante, Rosaria A. Picca, Tommaso R.I. Cataldi, Luigia Sabbatini	
DANNI DA INCENDIO SU SUPERFICI DECORATE IN STUCCO: IL CASO DELLA SALA BIANCA DEL MUSEO NAZIONALE D'ARTE ORIENTALE "GIUSEPPE TUCCI" A PALAZZO BRANCACCIO. ANALISI DEI FENOMENI DI DEGRADO E SPERIMENTAZIONE DI TRATTAMENTI CONSOLIDANTI	315
Crina Cerasella Lisacoschi, Carla Giovannone, Lucia Conti	
IL RESTAURO DEI DIPINTI MURALI DELL'ORATORIO MARIANO DI SANTA PUDENZIANA (RM): PROPOSTA INNOVATIVA PER LA RIMOZIONE DEI SALI SOLUBILI	323
Cecilia Angelini, Roberta Boscherini, Carla Giovannone	
UTILIZZO DI BIOTECNOLOGIE PER LA CONSERVAZIONE DI DIPINTI MURALI E STUCCHI. IL BIOCONSOLIDAMENTO DELLE SUPERFICI DECORATE DELLA CAPPELLA DI S. PIETRO IN S. PUDENZIANA A ROMA	331
Marco Bartolini, Carla Giovannone, Eleonora Panella	

Conservazione preventiva	339
LA CONSERVAZIONE DI SUPPORTI NON CONVENZIONALI: I NASTRI MAGNETICI E I DISCHI OTTICI. LA QUESTIONE DEGLI AUDIOVISIVI COME BENI STORICI E CULTURALI	341
Isabella Otto	
IL RESTAURO CONSERVATIVO DEI MANUFATTI IN PIUMA DELL'AMAZZONIA DEL MUSEO CIVICO ARCHEOLOGICO ETNOLOGICO DI MODENA	349
Nausicaa Sangiorgi	
POSTER	357
Chiese rupestri e ipogei	359
CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE CAVITÀ SOTTERRANEE NELLE MARCHE	361
Enrica Petrucci, Diana Lapucci, Noemi Lapucci	
RECUPERO E CONSERVAZIONE DEI TRAPPETI IPOGEI DEL SALENTO	369
Antonio Monte	
Problematiche di progettazione e intervento	377
RESTAURO DI MANUFATTI ETNOGRAFICI: L'ESPERIENZA DI UN CANTIERE DIDATTICO. RIFLESSIONI SU PROBLEMATICHE ETNOLOGICHE E CONSERVATIVE	379
Anna Valeria Jervis, Roberta Bollati, Gaia Delpino, Antonella Di Giovanni, Giulia Galotta, Lucia Giorgi, Elisabeth Huber, Marcella Ioele	
IL PROGETTO E IL RESTAURO DELLE TAVOLETTE DA SOFFITTO DEL MUSEO BERNAREGGI DI BERGAMO: DAL RICONOSCIMENTO STORICO CRITICO ALLA VERIFICA DEI MATERIALI INNOVATIVI PER L'INTERVENTO	389
Laura Paola Gnaccolini, Valentina Parodi, Elena Radavelli, Marco Nicola	
MEMORIE DELLA GRANDE GUERRA: IL RESTAURO DEL MONUMENTO IN MURATURA E CEMENTO DEDICATO AI CADUTI DELLA BRIGATA EMILIA. EX CIMITERO MILITARE DI KAMNO, TOLMINO, SLOVENIA.	397
Elisa Melchiorri, Alice Musarò, Laura Lenzi, Michele Di Foggia, Giacomo Bollini	
SULLA DORATURA DI ALCUNI BRONZETTI NEL MUSEO GREGORIANO EGIZIO	405
Alessia Amenta, Alice Baltera, Flavia Callori, Fabio Morresi, Ulderico Santamaria	
LEGA DI RAME: UN NUOVO SUPPORTO PER IL BUSTO DEL SETTIMIO SEVERO DEI MUSEI VATICANI; SPUNTI DI RIFLESSIONE OFFERTI DALL'OSSERVAZIONE DELLE SUPERFICI INTERNE	415
Flavia Callori, U. Santamaria, G. Cornini, M. Serlupi Crescenzi, C. Lega, F. Morresi, F. Castro, F. Francescangeli, C. M. Omodei Zorini, C. Serino	
STORIA DI UNA SCULTURA ROMANA: IL RITRATTO DI POETA GRECO DEI MUSEI VATICANI	427
Carolina Vatteroni, Guy Devreux, Claudia Valeri	
MUSEO ARCHEOLOGICO REGIONALE DI LIPARI LUIGI BERNABO' BREA I RESTAURI DEL CRATERE DI IPPOLITO E L'EVOLUZIONE DELLE METODOLOGIE D'INTERVENTO	435
Serena Bavastrelli, Rosalba Gambino, Fabrizia Capostagno, Maria Clara Martinelli, Rosario Vilardo	
UNA "BOITE A MUSIQUE" FIRMATA EUGENE BORNAND	443
Giovanni Fasoli	

PARCO ARCHEOLOGICO DI MONTE JATO – SAN GIUSEPPE JATO (PA) STACCO, RESTAURO E MUSEALIZZAZIONE DI UNA PITTURA PARIETALE DI PRIMO STILE POMPEIANO Serena Bavastrelli, Rosalba Gambino, Martin Mohr	451
I PALIOTTI IN SCAGLIOLA DEL CANTON TICINO. PROBLEMATICHE CONSERVATIVE E TECNICHE D’INTERVENTO Greta Acquistapace, Alberto Felici, Giacinta Jean	459
IL RESTAURO DEI MANUFATTI TESSILI DEL MUSEO DIOCESANO DI TARANTO Patrizia Labianca, Francesco Simone	467
IL RESTAURO DELLA NATIVITA’ DI LORENZO LOTTO DELLA PINACOTECA NAZIONALE DI SIENA Cristina Gnoni Mavarelli, Mario Amedeo Lazzari, Curzio Merlo, Elena Pinzauti	475
PALAZZO MALVINNI-MALVEZZI A MATERA: CONSOLIDAMENTO DEI DIPINTI SU CARTA E TELA CON FUNORI Ignazio Oliveri, Maria Luisa De Toma	483
IL RESTAURO DEI 'PAPIRI' TERREMOTATI: DALLE MACERIE ALLA RINASCITA (IN ATTESA DELLA RIMUSEALIZZAZIONE) Paola Boffula Alimeni	489
IL RESTAURO DEI MOSAICI DEL SITO ARCHEOLOGICO DI S. ALOE (VV) Fabrizio Sudano, Marianna Musella, Maria D’Andrea, Donatella Barca	499
IL MOSAICO BLU DI MAIS DI GENCAI KASAPCI Grazia De Cesare, Marcella Ioele, Francesca Valentini, Antonella Altieri, Marco Bartolini	509
RIMOZIONE DI NASTRI AUTOADESIVI: DALLA CARATTERIZZAZIONE ALL’INTERVENTO DI RESTAURO Giulia Germinario, Antonio Mirabile, David Chelazzi, Luigia Sabbatini	517
IL RESTAURO DI UNA TESTA COLOSSALE DEI MUSEI CAPITOLINI. STUDIO E VALORIZZAZIONE DI UN INUSUALE INTERVENTO PRECEDENTE: LO ZOLFO COME MATERIALE DI ALLETTAMENTO DEI PERNI Antonella Basile, Valeria Bruschi, Chiara Di Marco	525
Diagnostica, ricerche e studi applicati	535
CONDIZIONI MICROCLIMATICHE, DEGRADO E IPOTESI DI INTERVENTO: IL CASO DELLA CHIESA DELLA NATIVITA’ DI MARIA A POLPENAZZE (BS) Rosita Zanchi	537
DIFETTI DI ADESIONE DELLA PELLICOLA PITTORICA NEI DIPINTI MURALI A SECCO: PROBLEMATICHE D’INTERVENTO, ANALISI DI MATERIALI E SPERIMENTAZIONE SU DUE CASI STUDIO Francesca Azolini, Cristiano Riminesi, Sara Penoni	545
STUDI DIAGNOSTICI SUL CONTROSOFFITTO LIGNEO POLICROMO DEL SALONE DEI MARMI DELLA CASA DI TELEFO (ERCOLANO) Domenico Camardo, Maria Perla Colombini, Ascanio D’Andrea, Alessandra De Vita, Gianna Giachi, Nicola Macchioni, Benedetto Pizzo, Elisa Pecoraro	553
LA CROCE DI CHIARAVALLE: DIAGNOSTICA E STUDIO MULTIDISCIPLINARE Daniela Di Martino, Franco Blumer, Maya Musa, Fabio D’Amico, Lisa Greggio, Elisabetta Galletti, Maria Pia Riccardi	563

LA REINTEGRAZIONE PLASTICA TRAMITE MODELLAZIONE E STAMPA 3D. IL CASO DEL RESTAURO DEL CRISTO CROCIFISSO LIGNEO PROVENIENTE DA AGUZZO, STRONCONE (TR) Claudia Ranieri	571
SULL'UTILIZZO DELLE ANALISI DIAGNOSTICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE DI UN ANTICO LACERTO MUSIVO Miranda Mostacci, Stefano Landi	579
MONITORAGGIO, MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE DEGLI APPARATI DECORATIVI DEL SEPOLCRETO DELLA VIA OSTIENSE A ROMA. NOTE TECNICHE PRELIMINARI C. Giovannone, M. Marcelli, A.M. Marinelli, S.Pannuzi	587
INDAGINI DIAGNOSTICHE PROPEDEUTICHE AL RESTAURO DELLA SALA DEI VENTI DI PALAZZO DEI NORMANNI A PALERMO Maria Francesca Alberghina, Bartolomeo Megna, Salvatore Schiavone, Pasquale Riggio	595
DOCUMENTARE GLI OGGETTI DI UNA MOSTRA: SCATTI FOTOGRAFICI E MODELLO 3D Manuela Scavone	605
Conservazione preventiva	619
CONOSCERE PER CONSERVARE: GLI OGGETTI NEI MUSEI ARCHEOLOGICI DI METAPONTO E DI POLICORO Astrid D'Eredità, Alex Serra, Alessandra Zampa	621
ANCORA SUL TRASPORTO DELLE OPERE: ESPERIENZE, RIFLESSIONI, RACCOMANDAZIONI Giuseppina Fazio, Elisabetta Giani, Fabrizio Gattuso, Michele Martinelli	631
SCHEDARE IL MUSEO: IL PROTOCOLLO INFORMATIZZATO DI RACCOLTA PER INDIVIDUARE PRIORITÀ E ORIENTARE LE SCELTE Francesca Mariani, Livia Gordini, Elisa Todisco	639
MONITORAGGIO DEI PARAMENTI LAPIDEI DEI PROSPETTI DEL CORTILE DI PALAZZO PITTI DI BARTOLOMEO AMMANNATI Stefano Landi, Teresa Salvatici, Carlo Alberto Garzonio, Paola Ruggieri, Angela Pintore	649
Etica e sostenibilità nella conservazione del patrimonio culturale	657
PROGRAMMA DI SPERIMENTAZIONE PER UN RESTAURO BIOCOMPATIBILE Stefania Pandozy, Catherine Rivière, Ulderico Santamaria, Fabio Morresi, Filippo Fratini, Stefania Bani, Francesca Romana Cibir	659
APPROCCIO AL RESTAURO DI UN'OPERA IN "FÒRMICA": INDAGINI SCIENTIFICHE APPLICATE ALLO STUDIO DI UN MATERIALE INDUSTRIALE Elena Zaccagnini, Grazia De Cesare, Natalia Macro, Marcella Ioele, Francesca Valentini	667

Finito di stampare
Nel mese di ottobre 2019
Presso GRAPHOT, Torino