



MUSEI VATICANI

aplar *applicazioni laser nel restauro* **5**

CITTA' DEL VATICANO 18-20 settembre 2014
MUSEI VATICANI



LIBRO ABSTRACTS

aplar⁵

Comitato Scientifico

Lorenzo Appolonia, *Soprintendenza Beni Culturali Aosta, Pres. IGIIC*

Giorgio Bonsanti, *già Università degli Studi di Firenze*

Anna Brunetto, *Restauri Brunetto, Vicenza*

Giancarlo Lanterna, *Opificio delle Pietre Dure, Firenze*

Barbara Mazzei, *Musei e Archivi PCAS, Città del Vaticano*

Antonio Paolucci, *Musei Vaticani, Città del Vaticano*

Paolo Salonia, *ITABC - CNR, Roma*

Antonio Sansonetti, *ICVBC - CNR, Milano*

Ulderico Santamaria, *Musei Vaticani, Università degli Studi della Toscana*

Salvatore Siano, *IFAC - CNR, Firenze*

Fabrizio Vona, *Sopr. Speciale per il Psae e per il Polo Museale di Napoli*

Comitato tecnico

Anna Brunetto, *Restauri Brunetto, Vicenza*

Michela Gottardo, *Musei Vaticani, Città del Vaticano*

Barbara Mazzei, *Musei e Archivi PCAS, Città del Vaticano*

Ulderico Santamaria, *Musei Vaticani, Università degli Studi della Toscana*

Organizzazione

Ufficio Eventi, tel. +39 06 69883459 - eventi.musei@scv.va

Registrazione e iscrizione

Maria Belviglio, tel. +39 06 6988347 - aplar5.musei@scv.va

Informazioni www.aplar.eu

APLAR 5 è organizzato



Musei Vaticani

con la promozione dei



in collaborazione con

il patrocinio di



il contributo di



PROGRAMMA : Giovedì 18 settembre

8.30 / 9.00 ACCOGLIENZA E SEGRETERIA

9.00 / 9.30 SALUTI E INTRODUZIONE AL CONVEGNO APLAR 5

- Antonio Paolucci, Direttore dei Musei Vaticani
- Ulderico Santamaria, Dirigente dei laboratori Scientifici dei Musei Vaticani
- Anna Brunetto, Coordinatrice dei Convegni APLAR

9.30/11.00 SESSIONE A : LASER_MANUFATTI LAPIDEI Moderatore : Ulderico Santamaria

LA TECNOLOGIA LASER NELLA PULITURA DEI MANUFATTI LAPIDEI, CASI STUDIO A CONFRONTO

Rossella Licciardi, Marta Mascalchi, Salvatore Siano, Bartolomeo Megna

RIMOZIONE LASER DI BIODETERIOGENI DA MANUFATTI LAPIDEI: DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI IRRAGGIAMENTO E VALUTAZIONE ANALITICA

Marta Mascalchi, Iacopo Osticioli, Salvatore Siano

EFFETTI DELLA RADIAZIONE LASER SU TRANSENNE IN STUCCO GESSOSO E SELENITE DA SANTA SABINA IN ROMA

Fabio Aramini, Paola Biocca, Anna Brunetto, Lucia Conti, Carla Giovannone, Valeria Massa, Simona Pannuzi, Giancarlo Sidoti

RIMOZIONE DI SCRITTE VANDALICHE DA PIETRA DI VICENZA CON TECNOLOGIE LASER E PLASMA ATMOSFERICO

Monica Favaro, Irene Sacco, Laura Tresin, Anna Brunetto, Francesca Faleschini, Luca Nodari, Emanuele Verga Falzacappa, Alessandro Patelli, Stefano Voltolina

11.00 / 11.20 COFFEE BREAK

11.20 / 11.50 SESSIONE B : LASER_MANUFATTI LAPIDEI PRESENTAZIONE POSTER IN 3 MINUTI Moderatore : Antonio Sansonetti

L'INTERVENTO DI RESTAURO DEL GRUPPO DI *GANIMEDE CON L'AQUILA* GALLERIA DEGLI UFFIZI, FIRENZE

Daniela Manna, Stefano Landi

APPLICAZIONI DEL LASER NELLA PULITURA DI OPERE LAPIDEE: ESPERIENZE RECENTI AI MUSEI VATICANI

Elisabetta Bottacci, Valentina Felici, Valentina Lini, Giorgio Mori, Rocío Sánchez del Pozo, Stefano Spada

IL RESTAURO DI UNA URNA ROMANA MEDIANTE LASER ER:YAG

Adele De Cruz, Alessia Andreotti

RIMOZIONE DELLE SCRITTE A PENNARELLO: APPROCCIO CHIMICO-FISICO

Saumele Caciagli, Marcello del Colle, Valentina Trafeli, Barbara Salvadori, Emma Cantisani, Jana Striova

RIMOZIONE LASER DI RIDIPINTURE SU SCULTURA IN TERRACOTTA POLICROMA: IL CASO DELLA MADONNA DELLA SALUTE DI LOBIA DI PERSEGARÀ

Samanta Borella, Anna Brunetto, Paolo Bensi, Elena Monni

11.50 / 13.00

SESSIONE C : LASER_MANUFATTI LAPIDEI

Moderatore : Antonio Sansonetti

DUE CASI DI PULITURA LASER A 532 NM: SARCOFAGO E MATERIALI CARTACEI

Striber Joakim, Maja Franković, Milena Jovanović, Miloš Jelenić

IL CRISTO SVELATO : RIMOZIONE DI OSSALATI SU UN BASSORILIEVO MEDIEVALE DORATO E POLICROMO ESPOSTO ALL'ESTERNO

Kristian Schneider

COPERCHIO DI SARCOFAGO EGIZIO IN ARENARIA DIPINTA: CONSIDERAZIONI SUGLI ESITI E SULLA MESSA A CONFRONTO DI DIVERSE MODALITA' APPLICATIVE DELL'ABLAZIONE LASER UTILIZZATA PER LA PULITURA

Michela Gottardo, Ulderico Santamaria, Fabio Morresi, Alessia Amenta

13.00 / 14.30

LUNCH - VISITA AGLI SPAZI ESPOSITIVI E ALLA SESSIONE POSTER

14.30 / 15.10

SESSIONE D : LASER_PITTURE MURALI

Moderatore : Salvatore Siano

LA RIMOZIONE DI RIDIPINTURE A BIANCA ALTERATE SUGLI AFFRESCHI DELLA CAPPELLA DI SAN LORENZO ALLA SCALA SANTA

Maria Ludmila Pustka, Paolo Violini, Francesca Cencia, Alessandra Ferlito, Patrizia Giacomazzi, Corinne Heiniger, Filippo Leopardi, Chiara Munzi, Giorgia Pinto, Serena Sechi, Laura Ugolini

IL DIPINTO MURALE DEL MAESTRO DI FIGLINE "L'ASSUNZIONE DELLA VERGINE" NELLA BASILICA DI SANTA CROCE A FIRENZE: PULITURA CON STRUMENTAZIONE LASER DELLA CAMPITURA AZZURRA DEL FONDO

Fabrizio Bandini, Ilaria Barbetti, Ottaviano Caruso, Alberto Felici, Cecilia Frosinini, Giancarlo Lanterna, Marta Mascalchi, Andrea Scala, Salvatore Siano

15.10 / 15.40

SESSIONE E : LASER_PITTURE MURALI
PRESENTAZIONE POSTER IN 3 MINUTI

Moderatore : Salvatore Siano

NECROPOLI DELLA *VIA TRIUMPHALIS* IN VATICANO. APPLICABILITÀ DELLA TECNOLOGIA LASER INTEGRATA CON METODOLOGIE TRADIZIONALI E BIOPULITURA

Rossana Giardina, Barbara Bucciarelli, Valentina Felici, Alessio Tagnani

IL RECUPERO DELLA DECORAZIONE DEL CUBICOLO DI LAZZARO NELLE CATACOMBE DI PRISCILLA: L'INASPETTATO CICLO DI AFFRESCHI DEL IV SECOLO

Maria Gigliola Patrizi, Stefano Ridolfi, Ilaria Carocci

TRATTAMENTO DI RIMOZIONE LASER DALLE PITTURE MURALI DI DUE ARCOSOLI NELLA CATACOMBA DI DOMITILLA

Barbara Mazzei, Stefano Ridolfi, Ilaria Carocci, Anna Brunetto

I CUBICOLA DELLA VILLA DI LIVIA A PRIMA PORTA CONSIDERAZIONI SULLA PULITURA LASER

Anna Borzomati, Giancarlo Di Gaetano, Claudia Fiorani, Mauro Stallone

15.40 / 16.50

SESSIONE F : MICROSCOPIA 3D e LIBS/LIPS

Moderatore : Salvatore Siano

CLASSIFICAZIONE DI CERAMICHE ARCHEOLOGICHE UTILIZZANDO ALGORITMI NEURALI APPLICATI A SPETTRI DI PLASMI INDOTTI DA LASER

Stefano Pagnotta, Claudio Arias, Marco Lezzerini, Emanuela Grifoni, Stefano Legnaioli, Giulia Lorenzetti, Vincenzo Palleschi

L'UTILIZZO DELLA MICROSCOPIA DIGITALE 3D NEL CONTROLLO DEGLI INTERVENTI DI PULITURA LASER

Gian Franco Priori, Daniela Gennari, Valeria Massa

LA VALUTAZIONE DEI METODI DI PULITURA PER LEGNI MONOCROMI, CONFRONTO TRA TRE SISTEMI DI ANALISI DEI PROFILI SUPERFICIALI

Giuseppe Serra, Alberto Bortone, Lorenzo Appolonia

16.50/17.00

**SESSIONE G : MICROSCOPIA 3D e LIBS/LIPS
PRESENTAZIONE POSTER IN 3 MINUTI**

Moderatore : Salvatore Siano

ANALISI LIBS DI MATERIALI ARCHEOLOGICI PROVENIENTI DAL SITO MEDIOEVALE DI CASTEL MANFRINO (TERAMO)

Simone Prosperi, Marco Lezzerini, Emanuela Grifoni, Stefano Legnaioli, Giulia Lorenzetti, Stefano Pagnotta, Vincenzo Palleschi, Monica Baldassarri

ESEMPI APPLICATIVI DELLA MICROSCOPIA DIGITALE 3D NELL'ESAME DI ASPETTI ESECUTIVI E NELLA CARATTERIZZAZIONE DI TRATTAMENTI LASER

Ilaria Cacciari, Andrea Azelio Mencaglia, Salvatore Siano

17.00 / 18.00

SESSIONE H : PROPOSTE E INIZIATIVE APLAR E DISCUSSIONE Moderatore : **Giorgio Bonsanti**

STRUMENTI LESSICALI, NORMATIVI E OPERATIVI

Antonio Sansonetti

PROPOSTA DI UNA TABELLA PER LA RACCOLTA DEI PARAMETRI APPLICATIVI LASER

Michela Gottardo, Stefano Spada, Anna Brunetto

OSSERVATORIO PERMANENTE SULL'UTILIZZO DELLE APPLICAZIONI LASER

Giancarlo Lanterna

PROGRAMMA: Venerdì 19 settembre

9.00/10.30

SESSIONE I : 3D SCANNER

Moderatori : Paolo Salonia

LASER SCANNER 3D ASSOCIATO A FOTOGRAMMETRIA PER LA DOCUMENTAZIONE DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA FONTANA DELLO ZODIACO A TERNI

Elena Biondi, [Alessandro Bovero](#), Marco Demmelbauer

THREE-DIMENSIONAL MODEL AND DIGITAL RESTORATION OF A MEDIEVAL GRAVESTONE

Dante Abate, Stefania Bruni, Vitina Greco, [Giuseppe Maino](#)

RILIEVO 3D IN AMBIENTE IPOGEO CON TECNICHE DI IMAGE-BASED MODELLING E SOFTWARE OPEN-SOURCE

Cristina Giancristofaro, Luciano Marras, Marco Lezzerini, Emanuela Grifoni, Stefano Legnaioli, Giulia Lorenzetti, Stefano Pagnotta, [Vincenzo Palleschi](#)

LA CONOSCENZA DI UN BENE NEL TEMPO: IL PRONAO DELLA BASILICA DI SANT'ANDREA APOSTOLO A MANTOVA

Silvia Chiarini, [Stefano Cremonesi](#), Luigi Fregonese, Laura Taffurelli, Daniela Lattanzi, Elena Romoli

10.30/11.00

SESSIONE L : 3D SCANNER

Moderatore : Paolo Salonia

PRESENTAZIONE POSTER IN 3 MINUTI

DIGITAL TECHNOLOGIES FOR RECOMPOSITION AND VIRTUAL RESTORATION. A CASE STUDY

Francesco Di Paola, Lorella Pellegrino, [Giuseppe Milazzo](#)

RILIEVO TRIDIMENSIONALE (LASER SCANNER) DEI DIPINTI MURALI DEL DUOMO DELLA CITTÀ DI AMFISSA (GRECIA)

[Alessio Bortot](#), Nicola Sartorato, Andrea Marcolongo, Maria Fotini Papanstandinou, Jorgos Tavlaridis

MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI DEL SUPPORTO CON TECNOLOGIE LASER E ANALISI DELLA SUPERFICIE PITTORICA CON SISTEMI GIS

[Laura Baratin](#), Sara Bertozzi, Elvio Morretti, Roberto Saccuman

MUPRIS: MUSEUM OF SARCOPHAGI AT THE CATACOMBS OF PRISCILLA IN ROME, ITALY

Laura Pecchioli, [Giorgio Verdiani](#), Mirco Pucci

11.00 / 11.30

COFFEE BREAK

11.30 / 13.00

SESSIONE M : LASER MANUFATTI IN METALLO, DORATURE E VETRO

Moderatore : Giancarlo Lanterna

NEW ADVANCES IN LASER CLEANING RESEARCH ON ARCHAEOLOGICAL COPPER BASED ALLOYS: METHODOLOGY FOR EVALUATION OF LASER TREATMENT

[Inmaculada Donate](#), Joaquín Barrio Martín, María Cruz Medina, Ana Isabel Pardo

PULITURA LASER DELLA STATUA IN BRONZO DI NAPOLEONE COME MARTE PACIFICATORE DI ANTONIO CANOVA

Antonio Sansonetti, Barbara Salvadori, Paola Letardi, [Mario Colella](#), Daniele Pescarmona, Francesca Arosio, Jana Striova

INTERVENTO DI RIMOZIONE LASER SUL MANTO DORATO A RILIEVO DI UN DIPINTO DI CARLO CRIVELLI DELLA ACCADEMIA CARRARA

[Delfina Fagnani](#), Anna Brunetto, Fabio Frezzato, [Giovanni Valagussa](#)

LASER CLEANING OF ARCHAEOLOGICAL ROMAN GLASS

[María Cruz Medina](#), Joaquín Barrio, Ana Isabel Pardo, Inmaculada Donate

13.00 / 14.30

LUNCH - VISITA AGLI SPAZI ESPOSITIVI E ALLA SESSIONE POSTER

14.30/15.20 SESSIONE N : LASER_TIPOLOGIE VARIE DI MATERIALE Moderatore : Lorenzo Appolonia
PRESENTAZIONE POSTER IN 3 MINUTI

TAGLI E TOPPE: L'AUSILIO DEL LASER PER IL RISANAMENTO DI UN SUPPORTO TESSILE

Ilaria Negri, Francesca Zenucchini, Tiziana Cavaleri, Anna Piccirillo

**L'IMPIEGO DELLA TECNOLOGIA LASER PER LA PULITURA DEI SUPPORTI LIGNEI NEL LABORATORIO RESTAURO
DIPINTI E MANUFATTI LIGNEI DEI MUSEI VATICANI**

Maria Ludmila Pustka, Massimo Alesi

**IL RESTAURO DEL CROCIFISSO LIGNEO DI S. MARIA DELL'ANIMA E LA RISCOPERTA DELLA POLICROMIA
ORIGINALE**

Daniela Storti, Valeria Merlini, Mariarosaria Di Napoli

**IL RESTAURO DELLA BRIGANTINA DI MONDRAGONE (CE). LA PULITURA DI UN REPERTO POLIMATERICO CON
AUSILIO DEL LASER**

Marianna Musella

RIMOZIONE SELETTIVA DI RESINE NATURALI DA DUE DIPINTI SU TELA DI LORENZO LOTTO

Rossana Giardina, Ulderico Santamaria, Fabio Morresi, Francesca Persegati

**LA PULITURA LASER DI VERNICI SINTETICHE SU UNA TAVOLOZZA ACRILICO-VINILICA: RIMOZIONE/RESISTENZA
E ALTERAZIONI**

Grazia De Cesare, Paola Iazurlo, Paola Biocca

**RIMOZIONE CONTROLLATA DI RIDIPINTURE A OLIO DA DIPINTI SU TELA DEL XX SECOLO MEDIANTE ABLAZIONE
CON LASER Nd:YAG (1064 nm) LQS**

Daniele Ciofini, Iacopo Osticioli, Alessandro Pavia, Salvatore Siano

**PROPOSTA DI UN SISTEMA INFORMATIZZATO DI ACQUISIZIONE E RAFFRONTO DELLE ESPERIENZE RIGUARDO
ALL'IMPIEGO DEL LASER SU MANUFATTI ARTISTICI**

Maria Carolina Gaetani, Paolo Scarpitti

15.20/16.00 SESSIONE O : LASER_TIPOLOGIE VARIE DI MATERIALE Moderatore : Lorenzo Appolonia

APPLICAZIONI LASER SU SPUGNA MARINA: LE *SCULPTURES-ÉPONGE* DI YVES KLEIN

Romina Rezza, Anna Brunetto, Paola Buscaglia, Oscar Chiantore, Tommaso Poli, Antonio Rava,
Maria Teresa Roberto, Francesca Zenucchini

**SPERIMENTAZIONE SULL'USO DEL LASER PER LA PULITURA DELLE PIUME PRESENTI NELLA COLLEZIONE
ETNOLOGICA DEI MUSEI VATICANI**

Stefania Pandozy, Catherine Rivière, Martina Brunori, Federica Nepote, Alice Rivalta, Ulderico Santamaria, Fabio
Morresi, Fulvio Fraticelli, Anna Brunetto

16.00 / 17.00 SESSIONE P : DIBATTITO E CONCLUSIONE LAVORI Introduzione e moderazione di Giorgio Bonsanti

17.00 / 17.30 SESSIONE Q : INTRODUZIONE ALLE VISITE GUIDATE Presentazione di Antonio Paolucci

CAPPELLA PAOLINA del Palazzo Apostolico Vaticano
Introduzione di Antonio Paolucci, Direttore dei Musei Vaticani

17.30 VISITA GUIDATA SU PRENOTAZIONE ALLA CAPPELLA PAOLINA

PROGRAMMA: Sabato 20 settembre

9.00

PROGETTO DI RECUPERO DELLA NECROPOLI DI SANTA ROSA IN VATICANO

Introduzione di **Giandomenico Spinola**, Responsabile Reparto Antichità greche e romane

VISITA GUIDATA SU PRENOTAZIONE ALLA NECROPOLI DI SANTA ROSA IN VATICANO

ABSTRACTS

LA TECNOLOGIA LASER NELLA PULITURA DEI MANUFATTI LAPIDEI, CASI STUDIO A CONFRONTO

Rossella Licciardi¹, Marta Mascalchi², Salvatore Siano², Bartolomeo Megna³

¹Restauratrice, Palermo, 3205706347, rossella.licciardi@gmail.com

²Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Sesto Fiorentino, Firenze, 0555225340 m.mascalchi@ifac.cnr.it, 0555225310, s.siano@ifac.cnr.it

³Ricercatore, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale e dei Materiali, Università degli Studi di Palermo, 3336243062, bartolomeo.megna@unipa.it

Abstract

In questo lavoro viene presentata la sperimentazione condotta, nell'ambito di una tesi di Laurea Magistrale a Ciclo Unico in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, presso l'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Firenze, per valutare le potenzialità di diversi regimi laser Nd:YAG a 1064 nm: *Short Free Running* (30 - 110 μ s) e *Long Q-Switch* a singolo, doppio e triplo impulso (120 ns distanziati tra loro da 40 μ s).

A tale scopo sono stati selezionati alcuni frammenti di manufatti lapidei, databili tra il XVII secolo a.C. e il XX secolo, che offrivano problematiche conservative di particolare interesse.

La conoscenza di questi manufatti e delle fenomenologie di degrado presenti è stata approfondita attraverso l'impiego sinergico di diverse tecniche di indagine, a partire da quelle non distruttive, quali la Microscopia Raman, Riflettenza Vis-NIR e Misure Colorimetriche. Successivamente, sono stati condotti il prelievo e l'analisi di micro-campioni, studiati con l'ausilio della Microscopia Ottica, in luce visibile e fluorescenza, Microscopia Elettronica a Scansione (SEM) e Microanalisi chimica elementare EDS (Spettrometria RX a dispersione di energia).

Sui manufatti selezionati sono state condotte delle prove di ablazione laser, utilizzando diverse modalità operative, al fine di individuare le soglie di danno e gli intervalli operativi di fluensa idonei e ponendo particolare attenzione alla valutazione dell'efficienza del processo di pulitura.

Gli effetti dell'irraggiamento e i diversi livelli di pulitura ottenibili sono stati valutati approfonditamente anche grazie all'ausilio di confronti colorimetrici e la realizzazione di *cross section*, osservate e analizzate tramite Microscopia Ottica ed Elettronica.

Variando opportunamente le condizioni operative è stato possibile ottenere dei livelli di pulitura ottimali, nel rispetto delle complessità delle differenti superfici trattate, e vagliare tutte le possibili implicazioni dell'uso di un regime o di un altro, al fine di attuare un corretto, puntuale e selettivo intervento conservativo, specifico per i casi studio esaminati.

I risultati ottenuti confermano le innumerevoli potenzialità di questa tecnica, il cui impiego è ormai consolidato nel settore del restauro, ma soprattutto evidenziano l'estrema importanza di disporre di diversi regimi di funzionamento, vista la grande variabilità delle condizioni operative ottimali in funzione della tipologia di degrado e dei manufatti trattati.

**RIMOZIONE LASER DI BIODETERIOGENI DA MANUFATTI LAPIDEI:
DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI IRRAGGIAMENTO E VALUTAZIONE
ANALITICA**

Marta Mascalchi¹, Iacopo Osticioli¹, Salvatore Siano¹

¹*Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Sesto Fiorentino, Firenze;
0555225340 m.mascalchi@ifac.it, 0555225329 i.osticioli@ifac.cnr.it, 0555225310, s.siano@ifac.it*

Abstract

Come è noto, le crescite biologiche costituiscono un serio motivo di deterioramento del patrimonio culturale lapideo conservato all'aperto.

Il presente lavoro è stato finalizzato alla valutazione delle potenzialità dei trattamenti laser di manufatti lapidei affetti da biodegrado. Ad oggi, questa problematica non è stata affrontata in maniera esaustiva e le sporadiche prove preliminari riportate in letteratura non state ancora seguite da estese applicazioni pratiche su casi reali.

La sperimentazione è stata condotta su opere lapidee del Cimitero degli Inglesi di Firenze, nel quale sono sepolti illustri personaggi britannici che, nel diciannovesimo secolo, formarono a Firenze la più grande comunità inglese in Italia.

I biodeteriogeni presenti sulle superfici lapidee selezionate sono stati caratterizzati ed è stata valutata la loro vitalità mediante osservazione microscopica dell'epifluorescenza. Inoltre, sono state eseguite misure di fluorescenza della clorofilla (CF) con impulsi di luce ad ampiezza modulata (PAM) prima e dopo l'irraggiamento delle superfici lapidee. La tecnica CF-PAM è stata utilizzata al fine di monitorare in tempo reale ed in maniera non distruttiva l'efficacia dell'azione biocida del trattamento laser. A questo proposito, grande attenzione è stata rivolta sia all'ottimizzazione che alla verifica dell'attendibilità e riproducibilità di tale procedura, attraverso uno studio preliminare dei cambiamenti del valore di massima resa quantica dei processi fotochimici (QY_{max}) in funzione delle condizioni di misura. Per esaminare la morfologia del substrato lapideo e la struttura della crescita biologica prima e dopo l'irraggiamento laser, campioni appositamente prelevati sono stati analizzati al microscopio ottico ed elettronico. A tale scopo sono state realizzate sezioni sottili, cross section e campioni trattati con una soluzione a base di O_5O_4 . Inoltre, sono state effettuate analisi spettroscopiche (IR e Vis-NIR) al fine di ottenere informazioni sulla struttura delle specie nonché sul loro assorbimento in funzione della lunghezza d'onda.

Le prove di irraggiamento sono state condotte utilizzando regimi laser caratterizzati da lunghezza d'onda (532, 1064, 2940 nm) e durate di impulso (decine di ns – centinaia di μ s) diverse.

I risultati ottenuti hanno dimostrato le potenzialità della tecnica CF-PAM nel monitoraggio e nell'ottimizzazione della rimozione laser di biodeteriogeni in maniera non invasiva, ed hanno provato l'efficacia della seconda armonica del laser Nd:YAG QS ($\lambda=532$ nm) nel trattamento di materiale lapideo affetto da biodegrado. In particolare, la prima applicazione estesa di tale metodologia ha rivelato una reale prospettiva di uso pratico nella pratica del restauro.

EFFETTI DELLA RADIAZIONE LASER SU TRANSENNE IN STUCCO GESSOSO E SELENITE DA SANTA SABINA IN ROMA

Fabio Aramini¹, Paola Biocca², Anna Brunetto³, Lucia Conti⁴, Carla Giovannone⁵, Valeria Massa⁶,
Simona Pannuzi⁷, Giancarlo Sidoti⁸

¹Conservatore, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR), Via di San Michele 23, 00153, Roma, +39 0667236384, fabio.aramini@beniculturali.it

²Chimico consulente, ISCR, Via di San Michele 23, 00153, Roma, +39 0667236355, paola.biocca@gmail.com

³Restauratore, Restauri Brunetto di Brunetto Anna, strada del Tormeno 63, 36100 Vicenza, +39 3482627212, annalaser@aplar.eu

⁴Geologo, ISCR, Via di San Michele 23, 00153, Roma, +39 +39 0667236355, lucia.conti@beniculturali.it

⁵Restauratore, ISCR, Via di San Michele 23, 00153 Roma, +3906672363433, carla.giovannone@beniculturali.it

⁶Restauratore, ISCR, Via di San Michele 23, 00153, Roma, +39 06672363437, valeria.massa@beniculturali.it

⁷Archeologo, ISCR, Via di San Michele 23, 00153, Roma, +39 0667236426, simona.pannuzi@beniculturali.it

⁸Chimico, ISCR, Via di San Michele 23, 00153, Roma, +39 0667236616, giancarlo.sidoti@beniculturali.it

Abstract

In occasione del restauro di alcuni elementi di transenne di finestra, provenienti dalla basilica paleocristiana di Santa Sabina in Roma, realizzate in stucco gessoso e selenite cristallina, sono state effettuate delle prove di pulitura laser.

I manufatti sono riferibili presumibilmente, in base alle notizie storiche, ad un intervento di risistemazione dell'edificio di fine VIII-inizi IX secolo; le transenne furono rinvenute durante i restauri operati nel secondo decennio del Novecento da Antonio Muñoz, che le fece sistemare su supporti lignei, e sono a tutt'oggi conservate nei depositi del convento domenicano annesso alla basilica.

I materiali costitutivi e di alterazione sono stati caratterizzati tramite video microscopia digitale e microscopia ottica, microscopia elettronica con microsonda per l'analisi dei raggi X (SEM-EDS), microscopia infrarossa con trasformata di Fourier (micro- FTIR), analisi termo gravimetrica (TGA) e fotoluminescenza indotta (VIL).

Sono state effettuate prove di pulitura a confronto con laser di tipo Nd:YAG, lunghezza d'onda di 1064 nm in modalità d'impulso LQS (100 ns) e SFR (30-110 µs) e con laser Nd:YAG lunghezza d'onda di 1064 nm e 532 nm in modalità d'impulso QS (8 ns).

Le prove di rimozione dei depositi superficiali compatti sono state effettuate sia inumidendo la superficie che a secco.

Il controllo e l'efficacia della rimozione laser sono stati valutati mediante l'analisi delle superfici e la misurazione degli effetti termici macroscopici indotti su differenti materiali originari e non: alcune lastrine di selenite non pertinenti alle transenne ed in buono stato di conservazione, altre originarie alterate ancora in opera, nonché sulla struttura in stucco gessoso.

RIMOZIONE DI SCRITTE VANDALICHE DA PIETRA DI VICENZA CON TECNOLOGIE LASER E PLASMA ATMOSFERICO

Monica Favaro¹, Irene Sacco², Laura Tresin², Anna Brunetto³, Francesca Faleschini⁴, Luca Nodari¹,
Alessandro Patelli⁵, Stefano Voltolina⁵

¹Ricercatore, Istituto per l'Energetica e le Interfasi, Consiglio Nazionale delle Ricerche, C.so Stati Uniti 4,
35127 Padova, monica.favaro@cnr.it; luca.nodari@cnr.it 049 8295907, 049-8295919,

² Studentessa, Scuola in Conservazione e Produzione dei Beni Culturali, Università Ca' Foscari, 30172, Mestre
Venezia, 3495213221 irene.sacco.9@gmail.com, lauratresin@gmail.com

³ Restauratrice, Restauri Brunetto, Strada del Tormeno 63, 36100 Vicenza, annalaser@alice.it

⁴ Restauratrice, Conservazione e restauro di opere d'arte, via Palestro 1/A, 35138 Padova,
francesca.faleschini@gmail.com

⁵ Ricercatore, Veneto Nanotech scpa, Via delle Industrie 5 30175 Venezia, stefano.voltolina@venetonanotech.it;
alessandro.patelli@venetonanotech.it, 041 5093923

Abstract

Negli ultimi decenni il problema del danneggiamento vandalico con scritte a vernice spray sulle superfici monumentali è diventato sempre più rilevante. Tali scritte, note anche come graffiti, vengono eseguite con una grande varietà di vernici spray e/o pennarelli colorati. La necessità di rimuoverli è un tema di grande attualità, legato da un lato all'opportuno ripristino del decoro architettonico, dall'altro ai costi da sostenere in ripetuti interventi di rimozione dovuti alla diffusa e frequente attività vandalica.

Finora l'approccio nella rimozione delle scritte è stato di tipo prettamente chimico, tramite l'impiego di solventi organici, sebbene sia nota la loro scarsa compatibilità ambientale e il rischio per la salute degli operatori.

Nell'ambito del progetto Europeo PANNA (Plasma and nano for new age "soft" conservation) è stato progettato e sviluppato un nuovo dispositivo di torcia al plasma atmosferico dedicato all'impiego nel settore dei Beni Culturali. Al fine di verificarne le potenzialità nella rimozione di stati di degrado, *i.e.* polimeri degradati e scritte con vernici spray, il nuovo dispositivo è stato confrontato con differenti tipi di torcia al plasma commerciali e con dispositivi laser già utilizzati per la conservazione dei beni culturali.

Questo lavoro descrive i risultati ottenuti da una sperimentazione dedicata alla valutazione delle tecnologie al plasma atmosferico e laser nella rimozione di graffiti moderni dalla superficie della pietra. Nella presente sperimentazione, particolare attenzione è stata rivolta alla Pietra di Vicenza (calcarenite dei Colli Berici), la cui porosità rende difficile la rimozione del graffito. Sono stati testati diversi dispositivi laser (tipo Nd:YAG, lunghezza d'onda 1064 nm nelle modalità d'impulso in Q-Switched, Long Q-Switched e Short Free Running rispettivamente QS 8ns, LQS 100ns e SFR 60-120µs; tipo Nd:YAG, lunghezza d'onda 532 nm in modalità QS 8ns) e un dispositivo di torcia al plasma atmosferico (250 W, aria compressa 2400 l/h) per la rimozione di diversi tipi di scritte con vernici spray (acriliche e nitro-cellulosiche formulate in solvente e in emulsione acquosa). I dispositivi sono stati testati singolarmente ed in combinazione con solventi chimici (acetone, metiletilchetone, diluente nitro, alcol isopropilico, sverniciatore universale), per valutare l'eventuale miglioramento nella rimozione delle vernici. I test di rimozione sono stati monitorati, prima e dopo l'intervento, con differenti tecniche analitiche: misure di colore e di assorbimento d'acqua, indagini micro FT-IR e FT-IR in riflessione totale ed osservazioni FEG-SEM-EDS.

I risultati ottenuti dimostrano che l'efficacia nella rimozione dipende dalla natura chimica della vernice e dalla struttura chimica e fisica del materiale lapideo. Inoltre si osserva che l'uso combinato delle tecniche laser e/o plasma con acetone e alcol isopropilico migliora la resa, sia rispetto all'uso dei singoli dispositivi, sia rispetto all'impiego esclusivo dei solventi.

L'INTERVENTO DI RESTAURO DEL GRUPPO DI *GANIMEDE CON L'AQUILA* GALLERIA DEGLI UFFIZI, FIRENZE

Daniela Manna¹, Stefano Landi²

¹Daniela Manna, Restauratrice, Via Jacopo Nardi 71, 50132 Firenze, 339-4318142, manna.daniela@yahoo.it

²Stefano Landi, Restauratore, Via Polveriera 16, 50014, Fiesole, 339-8920992, rest_landi@yahoo.it

Abstract

L'intervento presenta i risultati del restauro della scultura di *Ganimede con l'aquila*, databile fra il 27 a.C. e il 98 d.C. e acquistata nel 1584 dal cardinale Francesco de' Medici entrando così a far parte delle collezioni medicee. Si tratta di un gruppo statuario in marmo bianco venato, costituito dalla figura del giovinetto che con la mano destra tiene una folgore e con la sinistra abbraccia l'aquila, e caratterizzato da consistenti ricostruzioni e tasselli frutto di numerosi interventi nel corso dei secoli. L'intera superficie marmorea si presentava particolarmente scura, offuscata da depositi polverulenti di natura coerente e incoerente, maggiormente concentrati sui piani orizzontali e nei sottosquadri, e da una spessa patina giallastra, probabile alterazione di trattamenti applicati per uniformare l'aspetto cromatico delle integrazioni con le parti originali. Dopo un'accurata spolveratura sono stati eseguiti saggi preliminari al fine di individuare la metodologia più efficace nel realizzare una pulitura graduale e adeguata alle caratteristiche delle diverse porzioni. E' stata quindi avviata una pulitura leggera con tamponi di cotone idrofilo imbevuti in acqua demineralizzata, seguita dall'applicazione localizzata e in tempi variabili di compresse con solventi per la rimozione dei depositi più coerenti. Poiché su alcune aree tale operazione non si è rivelata efficace, quali alcuni tasselli integrativi e porzioni particolarmente delicate come la mano sinistra di Ganimede, si è ritenuto di effettuare prove di pulitura mediante strumentazione Laser Nd:YAG EOS 1000, fornito dalla ditta El.En.. Essendosi tali prove rivelate efficaci è stato quindi avviato l'intervento vero e proprio, che ha permesso di calibrare selettivamente i parametri di emissione a seconda delle diverse aree. L'intervento ha così permesso di alleggerire le superfici con ablazione delle concrezioni e delle alterazioni senza compromettere le patine originali, offrendo un'organicità fra i tasselli integrativi e le porzioni originarie.

L'intervento è stato realizzato sotto la supervisione della Dott.ssa Antonella Romualdi e del Dott. Fabrizio Paolucci.

La documentazione fotografica è stata effettuata da Maria Brunori.

**APPLICAZIONI DEL LASER NELLA PULITURA DI OPERE LAPIDEE:
ESPERIENZE RECENTI AI MUSEI VATICANI**

Elisabetta Bottacci¹, Valentina Felici², Valentina Lini³, Giorgio Mori⁴, Rocío Sánchez del Pozo⁵, Stefano Spada⁶

¹*Aiuto restauratore, Giorgio Mori conservazione e restauro Beni culturali Roma, elisabettabottacci@gmail.com*

²*Restauratrice, Laboratorio Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani, lrm.musei@scv.va*

³*Restauratrice, Roma, valentinalini@tiscali.it*

⁴*Restauratore, Giorgio Mori Conservazione e Restauro Beni Culturali, Roma, gmori@tiscali.it*

⁵*Restauratrice, libera professionista, rocioeo@hotmail.com*

⁶*Restauratore, Laboratorio Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani, lrm.musei@scv.va*

Abstract

Negli ultimi tempi l'uso del laser presso il Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi dei Musei Vaticani è stato sempre più frequente, in genere quale sistema di pulitura da utilizzarsi ad integrazione di altre metodologie chimiche e meccaniche all'interno dello stesso impianto metodologico.

Nella varietà dei casi affrontati, la pulitura laser talvolta si è dimostrata ottimale e risolutiva. In altri casi, ha avuto un raggio d'azione limitato o ha addirittura presentato delle criticità.

Nel presente contributo si illustrano i dati relativi ad alcune esperienze condotte sui manufatti lapidei, raggruppate per specifiche problematiche, ovvero: incrostazioni, apparati radicali, materiale organico o strati da eliminare, assottigliare o rispettare (decolorando); tracce di colore da pulire, tracce di scritte da eliminare o viceversa mantenere, trattamento di patinature su marmo e gesso, variazioni cromatiche del substrato dovute all'azione del laser. La lunghezza d'onda utilizzata è stata quella di 1064 nm, con sorgente Nd:YAG, in modalità, a seconda dei casi, SFR, QS e LQS, o una loro combinazione in sequenza.

Una tavola sinottica dei dati raccolti dai vari restauratori si è dimostrata assai utile per la condivisione, lo studio e il confronto delle diverse esperienze, mai perfettamente uguali tra loro, considerata la complessità specifica del singolo caso, ma sicuramente interessanti per l'individuazione di parametri applicativi simili e tali da configurarsi quasi come proposte codificate di metodologiche operative.

IL RESTAURO DI UNA URNA ROMANA MEDIANTE LASER ER:YAG

Adele DeCruz¹, Alessia Andreotti²

¹*Professore a contratto, Dept. of Chemistry - Duke University, 130 Science Drive, Durham, NC27708 (USA), 919-6135024, adecruz@duke.edu*

²*Tecnico laureato, Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale – Università di Pisa, Via Risorgimento 35, 56126, Pisa, 0502219252, alessia.andreotti@unipi.it*

Abstract

Una urna funeraria Romana (67-100CE), acquistata nel 1922 dal St. Louis Art Museum ma mai esposta a causa delle incrostazioni che alteravano l'estetica della superficie marmorea decorata a bassorilievo, fu inviata al laboratorio di conservazione della Duke University per la pulitura con il laser Er:YAG operante a 2.94 microns. Indagini analitiche sono state condotte per investigare la composizione della spessa patina superficiale, che si è dimostrata essere costituita da uno strato di ossalato di calcio e una combinazione di materiali organici che, nel corso dei millenni, si sono parzialmente trasformati in ossalati. Le tecniche analitiche impiegate sia per l'identificazione dei materiali degradati che per la caratterizzazione della struttura del marmo sono state: Spettroscopia Raman, Microscopia a Scansione Elettronica (SEM), e Gas Cromatografia/Spettrometria di Massa (GC/MS).

Una ricerca bibliografica riguardante i costumi funerari Romani ha dato un'indicazione sull'origine dei composti ritrovati sulla superficie del marmo. Durante i riti funerari per la ricorrenza dell'anniversario della morte della persona le cui ceneri erano poste all'interno dell'urna, sulla superficie dell'urna venivano applicate diverse sostanze organiche. L'intento di questi rituali era di assicurare al defunto abbondanza nell'aldilà.

La presenza di carbonato di calcio e di ossalati ha reso queste incrostazioni difficilmente rimovibili e nessun metodo di pulitura tradizionale era finora risultato efficace nella rimozione. In un certo numero di aree localizzate sopra la superficie dell'urna, inoltre, specie fungine nere di forma rotondeggiante o ovale erano nidificate nel marmo. L'ablazione laser è stata capace di rimuovere anche queste specie fungine all'interno delle porosità del marmo. Durante il processo di ablazione, in seguito all'interazione della radiazione laser con la parete cellulare dei funghi, è stata osservata l'emissione di un flash di luce bianca brillante, che è stata poi oggetto di studio.

RIMOZIONE DELLE SCRITTE A PENNARELLO:APPROCCIO CHIMICO-FISICO

Samuele Caciagli¹, Marcello del Colle², Valentina Trafeli³, Barbara Salvadori⁴, Emma Cantisani⁴, Jana Striova⁵

¹*Architetto, Università di Firenze, samuele.caciagli@unifi.it*

²*Coordinatore Restauratori e Scalpellini, Opera di Santa Maria del Fiore, Firenze, m.delcolle@operaduomo.firenze.it*

³*Studentessa, Università di Firenze, valentina.trafeli@stud.unifi.it*

⁴*Ricercatore, ICVBC CNR, Via Madonna del Piano, Sesto Fiorentino, salvatori@icvbc.cnr.it*

⁴*Ricercatore, ICVBC CNR, Via Madonna del Piano, Sesto Fiorentino, cantisani@icvbc.cnr.it*

⁵*Ricercatore, INO CNR, Firenze, jana.striova@ino.it*

Abstract

Nel presente lavoro proponiamo i risultati preliminari della valutazione sistematica della rimozione dei segni a pennarello dai substrati di marmo con sistemi laser e metodi chimici. Sono stati scelti i tre colori dei pennarelli (rosso, blu e nero delle marche Uniposca e Marker) in corrispondenza con la casistica più diffusa del vandalismo riscontrato sui i marmi del Duomo di Firenze. Per la rimozione con il principio fisico abbiamo testato i due laser a Nd:YAG (1) Combo (long Q-switched and short free running @1064 nm) e (2) ThunderArt Q-switched (1064 e 532 nm). In base a queste prove, variando la durata d'impulso e la lunghezza d'onda, abbiamo scelto la seconda armonica del laser a Nd:YAG (532 nm, TunderArt) per un'ottimizzazione dei parametri quali l'energia/impulso e la frequenza di ripetizione. Per quanto riguarda l'approccio chimico sono stati sperimentati i due prodotti Tergent (Geal) e Art-Shield (CTS). La pulitura, effettuata (1) con il laser (2) con i metodi chimici e (3) con il laser seguito da un mezzo chimico, è stata valutata mediante misure colorimetriche, spettroscopia infrarossa e microscopia ottica.

RIMOZIONE LASER DI RIDIPINTURE SU SCULTURA IN TERRACOTTA POLICROMA : IL CASO DELLA MADONNA DELLA SALUTE DI LOBIA DI PERSEGARA

Samanta Borella¹, Anna Brunetto², Paolo Bensi³

¹*Restauro e conservazione, via Sarson 127 - 31030 Bassano del Grappa (VI) samanta.borella@gmail.com*

²*Restauri Brunetto di Brunetto Anna, strada del Tormeno 63 - 36100 Vicenza, annalaser@alice.it*

³*Docente, Dipartimento di Scienze per l'Architettura, Università degli Studi di Genova, consulente CSG Palladio, Vicenza, paolo.bensi@arch.unige.it*

Abstract

Il presente lavoro riguarda la tecnica di rimozione laser applicata sul manto della *Madonna della salute* in terracotta policroma, modellata a tutto tondo, a grandezza naturale e raffigurante la Madonna in trono col Bambino reggente il globo, recentemente conservata nel tabernacolo sito in via Persegara di Lobia in San Giorgio in Bosco in provincia di Padova. L'epoca e l'autore rimangono per ora ignoti, anche se i caratteri stilistici rimandano all'attività di scultori che hanno operato tra Padova e Vicenza nel XVI secolo.

La statua originariamente ricoperta da una leggera patinatura chiara, applicata per imitare l'aspetto dei materiali lapidei, viene successivamente dipinta per essere adattata ad altri contesti. Qualunque sia stata la sua collocazione originaria fu oggetto di un restauro antecedente al 1884, data di costruzione del tabernacolo, che la vide completamente ridipinta; successivamente la policromia venne periodicamente rinnovata, stravolgendo l'originaria connotazione.

La pittura, a causa dell'umidità atmosferica, si presentava in molte zone compromessa con sollevamenti dal substrato in terracotta ed esfoliazioni della stessa pellicola pittorica.

La campagna diagnostica effettuata mediante ESEM/EDS e micro-FTIR ha portato all'identificazione di una successione di almeno diciassette strati.

La scelta di riportare l'opera ai cromatismi di fine Ottocento, restituendogli una chiara leggibilità eliminando le ridipinture del Novecento, e il degrado presente sulle campiture del manto della scultura, hanno reso di difficile risoluzione qualsiasi tipo di prova chimica e meccanica.

Sono stati testati laser di tipo Nd:YAG a lunghezza d'onda di 1064 nm in modalità SFR (60-120 μ s) e LQS (120 ns) per ottenere la rimozione fino allo strato azzurro costituito da una finitura pittorica a base di carbonato di calcio, bianco di zinco, barite e Blu di Prussia ed un legante di natura oleosa.

Il dispositivo laser adottato per rimuovere gli strati sovrapposti sulla campitura azzurra del manto della Madonna è stato l'LQS (120 ns) utilizzato a singolo e doppio impulso (E=130 e 250 mJ) con filtri di riduzione dell'energia di 50 e 75%.

DUE CASI DI PULITURA LASER A 532 NM: SARCOFAGO E MATERIALI CARTACEI

Striber Joakim¹, Maja Franković², Milena Jovanović³, Miloš Selenić⁴

¹*Ricercatore, Istituto Centrale per la Conservazione, Terazije 26, 11000, Belgrado, 00381 64 83 89 913, joakom.striber@cik.org.rs*

²*Conservatore dei mosaici e materiali lapidei, Istituto Centrale per la Conservazione, Terazije 26, 11000, Belgrado, 00381 64 83 89 913, maja.frankovic@cik.org.r*

³*Conservatore dei mosaici e materiali lapidei, Istituto Centrale per la Conservazione, Terazije 26, 11000, Belgrado, 00381 64 83 89 913, milena.jovanovic@zoho.com*

⁴*Conservatore dei mosaici e materiali lapidei, Istituto Centrale per la Conservazione, Terazije 26, 11000, Belgrado, 00381 64 83 89 913, milosmilos@bk.ru*

Abstract

L'obiettivo di questo lavoro è lo studio comparativo dell'uso del laser Nd:YAG in regime Q-switched, con le tre lunghezze d'onda – 1064 nm, 532 nm e 355 nm per la rimozione di strati depositati sulla superficie degli oggetti d'arte e sugli impatti che questo tipo di rimozione ha sulle superfici degli stessi oggetti.

Gli oggetti di investigazione sono diversi fra loro sia per la struttura sia per gli strati da rimuovere. Si tratta di un sarcofago di calcare travertino dal Museo del patrimonio della Ruma e di alcuni documenti cartacei dall'Archivio della Jugoslavia.

Il sarcofago, proveniente dal periodo tardoantico, era coperto da uno strato di licheni. Sono state effettuate prove di pulitura laser per trovare i parametri laser più efficaci, variando le lunghezze d'onda e l'energia. I risultati migliori, sia come efficienza sia come velocità della pulitura sono state ottenute combinando 1064 nm e 532 nm. Per verificare l'efficienza della rimozione dei licheni ed il controllo di eventuali cambiamenti morfologici sulla superficie del monumento è stato utilizzato un microscopio digitale, con ingrandimento di 400.

I risultati hanno mostrato che gli strati organici sono efficacemente rimossi senza ulteriori cambiamenti della superficie di travertino. In questo modo la pulitura laser, potrebbe sostituire l'utilizzo dei metodi meccanici o chimici che possono danneggiare la superficie del monumento e, dall'altra parte, gli effetti che si possono produrre nel tempo sono sconosciuti.

Altro caso di studio è stato un esperimento a "rovescia": dalle superfici dei materiali cartacei – dunque materiali organici - sono state rimosse macchie (cosiddette "foxing") composte soprattutto da ossidi di ferro. Sempre variando i parametri laser, come nel primo caso, lunghezze d'onda ed energie, la luce verde si è dimostrata più efficiente e non dannosa per la superficie della carta.

Per analizzare l'efficienza della pulitura, cioè, la rimozione degli ossidi, è stato utilizzato l'XRF e le misure di colorimetria; invece per analizzare gli effetti sulla carta prodotti dal processo di pulitura laser, sono stati utilizzati il microscopio polarizzatore e il microscopio "mouse" con ingrandimento di 20 con due modi di irraggiamento laser a diodi IR e UV: frontale e radente. Il microscopio è chiamato così, perché effettivamente sembra come un mouse e si possono registrare immagini su tutta la superficie. I risultati hanno dimostrato che la radiazione a 532 nm in regime Q – switched è una soluzione che può soddisfare i più alti criteri del restauro.

IL CRISTO SVELATO – RIMOZIONE DI OSSALATI SU UN BASSORILIEVO MEDIEVALE IN MARMO DORATO E POLICROMO ESPOSTO ALL'ESTERNO

Kristian Schneider¹

¹Restauratore, Consorzio Kavaklik Restauro, Via Sacconi 19, 00196 Roma, +39 328 3615544,
k.schneider@kavaklik.com

Abstract

Durante il restauro della facciata della chiesa di S.Pietro Apostolo a Terni sulla scultura di Cristo Pantocratore, un basso rilievo in marmo bianco a grana fine situata nel timpano del portale d'ingresso, sono state trovate tracce di doratura sotto un compatto strato di incrostazioni nere. Quello che ad un primo esame visivo sembravano incrostazioni carboniose dovute all'inquinamento atmosferico, in base alle analisi eseguite, risultavano invece una sovrapposizione di strati di ossalati: l'analisi FT-IR ha rilevato la presenza sia di ossalati di calcio (prevalentemente *weddellite*: $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), che di gesso, oltre a piccole quantità di silicati, nitrati e calcite. In base alle varie prove eseguite è apparso evidente, che una pulitura tradizionale non avrebbe consentito la salvaguardia dei resti di decorazione del bassorilievo. Si è scelto dunque di effettuare una prova di pulitura col laser. Durante questa prova, oltre alla doratura già evidente, sono comparse anche resti di policromia in vari punti della scultura. Visto i risultati incoraggianti è stato impostato un nuovo progetto d'intervento tenendo conto delle novità emerse.

L'intervento conseguito è che tutta la superficie è stata pulita con ablazione laser utilizzando un modello della El.En. Spa con le seguenti caratteristiche tecniche: LASER VARIO (preserie; si tratta di un prototipo con doppia unità laser), Nd:YAG 1064 nm, LQS, durata d'impulso 100 ns, Energia 50-300 mJ, step 50, Freq. Rip. 20 Hz, con l'area di messa a fuoco regolabile continua con una scala da 1 a 20 risultante in un'area a \varnothing 10 - 0,5 mm.

Grazie a un meticoloso lavoro di messa a punto di intensità, frequenza e potenza dell'impulso laser è stato possibile riportare in luce una sorprendente quantità di policromia e doratura originale. I parametri adoperati erano funzionali al tipo di decorazione presente sulla superficie. Si variava tra un impulso minimo di $1,5 \text{ mJ/mm}^2$ a 2 Hz (75 mJ su 50 mm^2 di superficie) per la rifinitura delle zone dorate ad un massimo di 9 mJ/mm^2 a 15 Hz (250 mJ su 28 mm^2 di superficie) per l'alleggerimento delle incrostazioni in zone senza decorazioni.

A causa della scarsità di fondi non sono state eseguite ulteriori analisi dopo l'intervento di conservazione. Si discutono nel dettaglio i parametri adoperati per la pulitura e i risultati, le varie scelte dell'intervento, le difficoltà riscontrate e le migliori possibili.

La decorazione presente, così come le tracce rilevate, insieme ai segni di lavorazione sono alla base di un approfondito studio sulle tecniche utilizzate nella scultura medievale esposta all'esterno.

**COPERCHIO DI SARCOFAGO EGIZIO IN ARENARIA DIPINTA:
CONSIDERAZIONI SUGLI ESITI E SULLA MESSA A CONFRONTO DI DIVERSE
MODALITA' APPLICATIVE DELL'ABLAZIONE LASER UTILIZZATA PER LA
PULITURA**

Michela Gottardo¹, Ulderico Santamaria², Fabio Morresi³, Alessia Amenta⁴

¹ Restauratrice del Laboratorio Marmi e Calchi dei Musei Vaticani *irm.musei@scv.va*

² Responsabile del Laboratorio di Ricerche Scientifiche dei Musei Vaticani *grs.musei@scv.va*

³ Assistente Responsabile del Laboratorio di Ricerche Scientifiche dei Musei Vaticani *grs.musei@scv.va*

⁴ Curatore del Reparto Egizio dei Musei Vaticani *alessia.amenta@scv.va*

Abstract

L'opera oggetto del presente contributo ha rappresentato un'interessante occasione per l'individuazione e la definizione di metodologie operative, in particolare per quel che riguarda le operazioni di pulitura e di consolidamento.

Non si hanno dati storici d'archivio né sulla sua provenienza né sulla sua storia conservativa. Da quanto riportato nel 1989 dal Prof. Orazio Marucchi, l'allora Direttore del Museo Gregoriano Egizio, che descrive nel suo catalogo le opere presenti nelle diverse sale, e da alcune foto dell'epoca, si sa soltanto che per un certo periodo il coperchio è stato esposto e che lo stato di conservazione della superficie dipinta era tale da consentire la lettura e la traduzione dei geroglifici presenti. A seguito probabilmente di un danno strutturale che ne provoca la frantumazione in tre pezzi, viene successivamente spostato nei magazzini dei Musei, dove rimane per diversi anni, prima di essere trasportato nel Laboratorio di Restauro Marmi e Calchi per il restauro.

Le indagini diagnostiche e le analisi microchimiche, eseguite al fine della caratterizzazione dei materiali costitutivi, delle tecniche esecutive e delle sostanze sovrammesse nei vecchi restauri, hanno fornito le informazioni necessarie per i primi test di pulitura e di consolidamento e per la progettazione dell'intero intervento.

Tra tutto, è emerso l'utilizzo di materiale organico, essenzialmente colla animale, per una o più applicazioni su tutta la superficie dipinta, probabilmente con la funzione di ravvivante/consolidante oltre che per una generale reintegrazione là dove è stato mescolato con pigmenti.

Per la rimozione di tale strato, dopo alcuni test di pulitura chimica, si è proceduto con diversi modelli di LASER mettendone a confronto effetti e risultati.

Sono stati utilizzati LASER Nd:YAG, in modalità QS, LQS e SFR, a diverse fluenze e frequenze e, ove il macchinario lo consentiva, con lunghezza d'onda dell'infrarosso (1064 nm), dell'ultravioletto (355 nm) e del verde (532 nm).

Il confronto tra le diverse modalità applicative ha permesso di individuare le caratteristiche migliori per l'ablazione laser, soprattutto in relazione ai pigmenti originali e di procedere con la pulitura di tutta la superficie anche nei casi in cui il substrato risultava più compromesso, senza la necessità di intervenire con un preconsolidamento.

LA RIMOZIONE DI RIDIPINTURE A BIANCA ALTERATE SUGLI AFFRESCHI DELLA CAPPELLA DI SAN LORENZO ALLA SCALA SANTA

M^o Maria Ludmila Pustka¹, M^o Paolo Violini², Francesca Cencia², Alessandra Ferlito², Patrizia Giacomazzi²,
Corinne Heiniger², Filippo Leopardi², Chiara Munzi², Giorgia Pinto², Serena Sechi², Laura Ugolini²

¹Capo Restauratore Laboratorio Restauro Dipinti e Manufatti Lignei, Musei Vaticani, 00120, Stato della Città del Vaticano, 0669882452, marialudmila.pustka@scv.va

²Restauratori dipinti murali Laboratorio Restuaro Dipinti e Manufatti Lignei, Musei Vaticani, 00120, Stato della Città del Vaticano, 0669882452, marialudmila.pustka@scv.va

Abstract

Il ciclo sistino di affreschi del Santuario della Scala Santa si sviluppa su circa 1700 mq. di superfici edificate da Domenico Fontana a coronamento dell'antica cappella medioevale del Sancta Sanctorum, secondo il piano di risistemazione urbanistica di Roma voluto da Papa Sisto V. Gli affreschi furono eseguiti da una moltitudine di pittori diretti da Cesare Nebbia e Giovanni Guerra e realizzati in soli due anni, tra il 1589 ed il 1590. Questi affreschi sono stati oggetto di diversi interventi di manutenzione e restauro nei secoli, per lo più mirati a risolvere problematiche localizzate e legate alle infiltrazioni di acqua dalle coperture. Alla fine dell'Ottocento fu invece eseguito un intervento di restauro più generalizzato, che ha previsto anche un riassetto estetico delle superfici. In questa occasione furono utilizzati per il ritocco pigmenti a base di bianco di piombo (biacca). La biacca ha subito nel tempo la classica trasformazione in biossido di piombo nero, con conseguente vistosa alterazione dei rapporti cromatici e chiaroscurali. La rimozione di queste ridipinture ha permesso nella gran parte dei casi di ritrovare la pellicola pittorica originale. Tuttavia la scarsa solubilità e la forte tenacità del legante proteico utilizzato spesso non hanno consentito l'uso della pulitura chimica tradizionale. In questi casi si è rivelata risolutiva la tecnologia laser. La strumentazione utilizzata è il prototipo messo a punto dalla ditta El.En. S.p.A. specificamente per i Musei Vaticani: EOS QS Nd:YAG 1064 nm. L'apparecchio sfrutta la combinazione di due sistemi differenti: uno pulsato Q-switched (QS) e uno Free running, ampliando dunque notevolmente le possibilità d'intervento in un cantiere di dipinti murali che presenta necessità molto varie. Per la rimozione delle ridipinture alterate il sistema è stato utilizzato in modalità Q-switched, lavorando con una frequenza di ripetizione di 10 Hz (*single shot*), dimensione dello spot 3 mm, con distanza dalla superficie variabile; l'energia di emissione (60mJ) è stata selezionata partendo dalla più bassa fino ad arrivare a quella valutata ottimale per la rimozione dei ritocchi. Con questi parametri è stato possibile rimuovere sia gli strati più sottili che gli strati più spessi, senza rischi di interferenza con la materia originale.

IL DIPINTO MURALE DEL MAESTRO DI FIGLINE "L'ASSUNZIONE DELLA VERGINE" NELLA BASILICA DI SANTA CROCE A FIRENZE: PULITURA CON STRUMENTAZIONE LASER DELLA CAMPITURA AZZURRA DEL FONDO

Fabrizio Bandini¹, Ilaria Barbetti², Ottaviano Caruso³, Alberto Felici¹, Cecilia Frosinini¹, Giancarlo Lanterna¹, Marta Mascali⁴, Andrea Scala⁵, Salvatore Siano⁴

¹ *Opificio delle Pietre Dure, Firenze*

² *Restauratrice Musei Vaticani, all'epoca ricercatrice progetto TEMART per OPD*

³ *Ditta Individuale, Palermo*

⁴ *Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Sesto Fiorentino (FI)*

⁵ *Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente, Università di Siena (SI)*

Abstract

In questo lavoro vengono presentati i risultati di uno specifico intervento di pulitura condotto nell'ambito delle attività del progetto di ricerca TEMART ("Tecniche avanzate per la conoscenza materica e la conservazione del patrimonio storico-artistico" finanziato dalla Regione Toscana POR CreO FESR 2007-2013) all'interno del restauro eseguito dal settore di dipinti murali e stucchi dell'Opificio delle Pietre Dure. Oggetto dell'intervento di restauro sono state le pitture murali risalenti alla prima metà del Trecento situate nel transetto sinistro della Basilica di Santa Croce, in corrispondenza della cappella Tolosini-Spinelli, raffiguranti l'Assunzione della Vergine e attribuite al Maestro di Figline. La tecnica esecutiva e le complesse vicende conservative hanno determinato uno stato di grande fragilità della pellicola pittorica richiedendo, all'interno del cantiere, uno studio specifico relativo ai metodi di pulitura del fondo della scena. Si tratta di un cielo dal colore azzurro ceruleo, costituito da una miscela di pigmenti a base di bianco di calce e nero di carbone, la cosiddetta "veneda". Questo strato pittorico doveva probabilmente costituire un colore di fondo su cui era applicata una finitura a secco come l'azzurrite, tuttavia in opera sono state trovate solo rare tracce di tale pigmento tanto che è difficile poter affermare quale potesse essere l'originaria intensità della campitura del fondo della scena.

In questo caso, il problema principale era legato all'ottenimento di un'azione controllata e selettiva durante la pulitura. Tale difficoltà era dovuta principalmente alla complessa stratigrafia del dipinto in esame, costituita da una pellicola pittorica originaria applicata a secco, fortemente abrasiva e lacunosa, con molteplici strati di ridipinture identificati in numero variabile a seconda delle zone. Inoltre, la presenza su tutta la superficie di un fissativo di natura organica alterato e scurito, impediva la corretta lettura dei valori cromatici della scena. I sistemi di pulitura tradizionali testati si sono rivelati inefficaci poiché non consentivano di operare discriminando i singoli strati; inoltre l'estrema fragilità del substrato pittorico non permetteva l'utilizzo di supportanti.

Pertanto si è ritenuto utile eseguire ulteriori prove di pulitura utilizzando strumentazioni laser Nd:YAG, a diversa durata di impulso e lunghezza d'onda. Dopo un primo risultato incoraggiante si è scelto di procedere in maniera sistematica con test di pulitura ed indagini preliminari volti all'individuazione dei parametri laser più idonei ed alla verifica dell'azione di pulitura, al fine di estendere la metodologia migliore all'intera area del fondo della scena. Lo studio materico e la verifica dell'azione della pulitura laser sono state eseguite mediante tecniche di imaging a diverse lunghezze d'onda, fluorescenza a raggi X (XRF), misurazioni colorimetriche, spettroscopia FT-IR, analisi Dot-ELISA, indagini stratigrafiche e diffrattometria a raggi X (XRD).

**NECROPOLI DELLA VIA TRIUMPHALIS IN VATICANO. APPLICABILITÀ
DELLA TECNOLOGIA LASER INTEGRATA CON METODOLOGIE
TRADIZIONALI E BIOPULITURA**

Rossana Giardina ¹, Barbara Bucciarelli ², Valentina Felici³, Alessio Tagnani⁴

¹ Restauratrice, Roma, e-mail: roxygiardina@hotmail.com

² Restauratrice, Roma, e-mail: barbarabucciarelli@libero.it

³ Restauratrice, Roma, e-mail: felicivalentina@libero.it

⁴ Restauratore, Roma, e-mail: alessiotagnani@hotmail.com

Abstract

Nel presente contributo sono presentati i risultati della pulitura delle superfici decorate in affresco ed in stucco conservate sui sepolcri nell'area archeologica della Via Triumphalis in Vaticano, descrivendo le diverse problematiche affrontate e analizzando l'integrazione della tecnologia laser con altre metodiche. La necropoli è, oggi, un ambiente ipogeo, un'area archeologica musealizzata che si sviluppa su un pendio caratterizzato da un notevole dislivello. Il progetto conservativo ed espositivo della necropoli è curato dal Reparto per le Antichità Greche e Romane dei Musei Vaticani, diretto dal dott. Giandomenico Spinola, con il supporto tecnico/scientifico del Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Restauro dei Musei Vaticani, diretto dal prof. Ulderico Santamaria e dal dott. Fabio Morresi suo assistente, dell'Ufficio del Conservatore dei Musei Vaticani, diretto dalla dott.ssa Vittoria Cimino e infine con la collaborazione di tutti i laboratori di restauro dei Musei Vaticani.

Il sito archeologico, per la sua peculiarità orografica, presenta una notevole variabilità della distribuzione igrometrica che, insieme ad altri fattori, ha determinato l'attivazione di meccanismi di degrado di tipo fisico-chimico e biologico e, nel tempo, la formazione di spessi e tenaci strati di concrezioni terrose e carbonatiche e/o patine biologiche, che in molti casi hanno offuscato le pregevoli superfici decorate o indebolito la stabilità delle strutture. Una unità di rilevamento e monitoraggio ambientale ci consente di valutare l'impatto dei valori ambientali e di stabilite correlazioni e nessi con la fenomenologia di degrado, individuando i maggiori fattori di rischio negli scambi igroscopici che si stabiliscono tra "interno ed esterno" del sito, nella presenza di acqua nelle murature, nelle malte e nei materiali costitutivi, nella migrazione di sali in superficie. La difformità e variabilità sia delle alterazioni (stratificazioni carbonatiche) che delle condizioni ambientali hanno suggerito di adottare metodologie applicative diversificate. Sono stati eseguiti alcuni saggi conoscitivi, supportati costantemente da un'accurata campagna diagnostica che ha compreso le seguenti indagini: Analisi Stratigrafiche, microFTIR in trasmittanza, Riflettografia, Infrarossi a falsi colori, Fluorescenza U.V. indotta, e, per le indagini sulle superfici decorate in area, Microscopio Digitale e Colorimetria. I test condotti hanno confermato che la strategia più idonea dovesse prevedere l'integrazione di più metodologie: chimica, meccanica, bio-pulitura e tecnologia laser. Quest'ultima eseguita con sistemi laser Nd:YAG, $\lambda=1064$ nm in modalità SFR (50- 130 μ s) e FR (50-130 μ s), rispettivamente denominati commercialmente Smarth CleanII ed Eos Combo, della El.En. Spa di Calenzano (FI).

IL RECUPERO DELLA DECORAZIONE DEL CUBICOLO DI LAZZARO NELLE CATAcombe DI PRISCILLA: L'INASPETTATO CICLO DI AFFRESCHI DEL IV SECOLO

Maria Gigliola Patrizi¹, Stefano Ridolfi², Ilaria Carocci³

¹*Impresa individuale, via Cornelio Celso 18, 00161 Roma, 3355954426, gigliola.patrizi@libero.it*

²*Fisico, Responsabile Scientifico Arsmensurae, Analisi non distruttive con sistemi portatili, via V. Comparini 101, 00188, Roma, 063320431, stefano@arsmensurae.it*

³*Restauratrice, Arsmensurae, via V. Comparini 101- 00188-Roma, 063320431, ilaria.carocci@arsmensurae.it*

Abstract

Da più di un secolo si è cercato di interpretare la decorazione di un piccolo cubicolo (nato come un brevissimo segmento di una galleria) situato nell'area di Crescenzone nelle Catacombe di Priscilla sulla Via Salaria a Roma. Già nel corpus sulle pitture delle catacombe romane di Joseph Wilpert (1903), l'autore parla di uno stato di conservazione estremamente compromesso, ed osserva come «le pitture (...) erano sì annerite, che ne potei riconoscere il soggetto solo dopo un forte lavaggio con acido diluito». Tutta la decorazione della parete destra era, infatti, ricoperta da uno spesso strato di concrezioni calcaree molto tenaci. Al di sotto dello strato concrezionale erano percepibili solo rare tracce di policromia. Sulla parete di destra dell'ingresso, invece, particolarmente dilavata, era già stato possibile riconoscere l'episodio della resurrezione di Lazzaro.

Nel 1993, la Pontificia Commissione di Archeologia Sacra fece valutare da scrupolosi restauratori la possibilità di pulire questo cubicolo; ne venne studiata la tipologia del degrado con indagini diagnostiche mirate, che evidenziarono la natura carbonatica con tracce di nero fumo delle notevoli concrezioni superficiali, mentre il pigmento rosso analizzato risultò composto da ocre rossa e tracce di ocre gialla. All'epoca si cercò, inoltre, di leggere la pittura sottostante con fotografie all'infrarosso, che non diedero però i risultati sperati. I restauratori incaricati giudicarono, allora, la pulitura un'operazione troppo rischiosa, che avrebbe potuto compromettere ulteriormente la conservazione della pellicola pittorica sottostante.

Vista l'esperienza acquisita e gli ottimi risultati ottenuti nel cubicolo dei Fornai nelle Catacombe di Domitilla, cantiere pilota per l'applicazione della pulitura con strumentazione laser in ambiente ipogeo, così come la pulitura della parete con la scena omerica nell'Ipogeo degli Aureli ed altre esperienze in ambienti catacombali, si è deciso di tentare questa tecnologia anche in questo cubicolo.

Sono stati inizialmente condotti test di pulitura utilizzando un sistema laser Nd:YAG, in due modalità: un Long Q-Switching (EOS 1000LQS, El.En. S.p.A, Calenzano) e uno Short Free-Running (EOS 1000, El.En. S.p.A., Calenzano) che, scoprendo vivi ed inattesi colori, hanno dato da subito una concreta speranza sulla riuscita dell'intervento. La sperimentazione ha portato, dunque, alla messa a punto di un trattamento accuratamente selettivo che, con la continua modifica delle condizioni di irraggiamento, ha fornito un buon controllo del grado di pulitura fino a rivelare quasi integralmente la pittura sottostante. Con l'ablazione laser è stato possibile anche rimuovere uno strato di intonaco, di circa 10-15 mm di spessore, che era stato sovrapposto alla parte sommitale della parete dipinta, andandone a coprire parte della decorazione, eseguito in un'epoca successiva. A mano a mano che l'ablazione laser portava alla luce nuovi colori si è reputato necessario approfondire ulteriormente l'aspetto diagnostico per studiare la natura dei pigmenti. Grazie alla Fluorescenza X (EDXRF), si è potuta confermare la vasta presenza di pigmenti a base di ferro (ocre o terre) e di terra verde, mentre il pigmento blu è risultato a base di rame dunque, con molta probabilità, blu egizio. Di notevole interesse è la presenza in grandissima quantità di piombo, riscontrata anche in alcuni punti scuri per i quali si ipotizza un probabile viraggio del pigmento originale (biacca o minio?). L'impiego del piombo nella stesura pittorica andrebbe indagato ulteriormente con più approfonditi e specifici studi.

Ora l'impianto decorativo è perfettamente leggibile e giudicabile, sia dal punto di vista iconografico, sia da quello stilistico, suggerendo una pittura di età matura, in perfetta sintonia con la datazione all'avanzato IV secolo dell'intera area catacombale.

TRATTAMENTO DI RIMOZIONE LASER DALLE PITTURE MURALI DI DUE ARCOSOLI NELLA CATACOMBA DI DOMITILLA

Barbara Mazzei¹, Stefano Ridolfi², Ilaria Carocci³, Anna Brunetto⁴

¹ *Responsabile, Pontificia Commissione di Archeologia Sacra, via Napoleone III, 1, 00185 Roma, bmazzei@arcsacra.va*

² *Fisico, Responsabile Scientifico Arsmensurae, via V. Comparini 101, 00188 Roma, 063320431, stefano@arsmensurae.it*

³ *Restauratrice, Arsmensurae, via V. Comparini 101, 00188 Roma, 063320431, ilaria.carocci@arsmensurae.it*

⁴ *Restauratrice, Restauri Brunetto, strada del Tormeno 63, 36100 Vicenza, +393482627212, annalaser@alice.it*

Abstract

Il presente intervento tratta di un lavoro in corso d'opera su pitture murali della Catacomba di Domitilla a Roma. Si tratta di due arcosoli posizionati, uno di fronte all'altro, lungo una galleria del primo piano, in prossimità di un lucernario, per una superficie pittorica complessiva di 10 mq. La realizzazione del partito decorativo si stima risalente alla seconda metà del IV secolo, ma l'esecuzione delle due unità monumentali si ritiene attribuibile a due differenti esecutori che, probabilmente, hanno diversamente interpretato un univoco modello di riferimento.

Il lavoro si presenta di motivato interesse, poichè, fin dalle prime prove di rimozione con tecnologia laser di tipo Nd:YAG delle concrezioni calcaree che compromettono fortemente la lettura del partito decorativo sottostante, di spessori variabile e di colore bianco o nero, si è potuta mettere in evidenza una differente esecuzione della tecnica pittorica sia rispettivamente ai due arcosoli oggetto dell'intervento, sia in confronto ad altri ambienti catacombali studiati, sia riguardo a trattamenti laser già avvenuti in ambienti simili.

Le indagini analitiche sono rivolte all'acquisizione dei parametri microclimatici per la comprensione delle dinamiche che hanno portato alla formazione del degrado; una serie di indagini in imaging multispettrale sono state eseguite per acquisire ulteriori informazioni sulla composizione del complesso decorativo; altre in Fluorescenza X (EDXRF) per monitorare l'eventuale presenza di inquinanti sulle superfici dipinte e per l'identificazione dei pigmenti utilizzati nell'esecuzione delle pitture murali; sezioni microstratigrafiche per la stratigrafica e la definizione del livello di rimozione laser; work in progress videomicroscopia 3D.

Le strumentazioni laser adottate sulle differenti policromie sono di tipo Nd:YAG, lunghezza d'onda di 1064 nm in modalità dell'impulso Short Free Running (60-120µs) e Long Q-Switched (120 ns); lunghezza d'onda di 1064 e 532 nm in modalità d'impulso Q-Switched (10 ns).

I CUBICULA DELLA VILLA DI LIVIA A PRIMA PORTA CONSIDERAZIONI SULLA PULITURA LASER

Anna Borzomati¹, Giancarlo Di Gaetano², Claudia Fiorani³, Mauro Stallone⁴

¹Restauratrice, Ditta Individuale, Viale Libia 25, 00199 Roma, cell. 3396617071, anna.borzomati@gmail.com

²Restauratore, Ditta Individuale, Via Caffaro 24, 00154 Roma, cell. 3393076400,
giancarloDIGAETANO@gmail.com

³Restauratrice, Ditta Individuale, Via Padre Angelo Paoli 24, 00144 Roma, cell.3496109201,
claudiafiorani@hotmail.it

⁴Restauratore, Ditta Individuale, Piazza Vittorio Emanuele II 32, 70054 Giovinazzo (BA), cell.3475998296,
stallone.mau@gmail.com

Abstract

L'intervento di restauro dei *Cubicula* (ambienti 50-51-52) della Villa di Livia a Prima Porta (Roma) ha riguardato sia i dipinti murali che i mosaici pavimentali.

Gli affreschi erano caratterizzati dalla presenza di spesse concrezioni carbonatiche e residui di materiali ascrivibili ad interventi conservativi precedenti (velinature e consolidamenti); tale stratificazione impediva la corretta lettura degli strati pittorici configurando la superficie con uno strato grigiastro omogeneo. L'osservazione diretta del dipinto è stata coadiuvata dallo studio di sezioni stratigrafiche osservate sia al microscopio ottico che al microscopio elettronico a scansione con microanalisi ai raggi X.

Preliminarmente all'utilizzo della strumentazione laser è stata eseguita una pulitura meccanica con microtrapani di precisione e punte al vidia di diverse tipologie, seguita da una pulitura di tipo chimico con resine a scambio ionico (cationiche forti) per assottigliare quanto più possibile gli strati soprammessi e poter osservare il reale stato di conservazione della pellicola pittorica.

Terminata questa fase e dopo aver eseguito dei test preliminari con sistemi laser a differenti modalità d'impulso, si è scelto di intervenire con quella più appropriata per eliminare gli ultimi veli (o residui) carbonatici dalla superficie pittorica. Le strumentazioni laser messe a confronto sono Eos QS e Eos Combo.

Il laser utilizzato è l'EOS 1000 LQS ($\lambda=1064$ nm, En. max per impulso 130 mJ, durata impulso 100 ns). Questa scelta ha consentito di ottenere dei risultati inaspettati restituendo all'osservatore l'identità pittorica delle superfici; ora è possibile osservare che negli ambienti i pigmenti e le decorazioni erano realizzate con differenti tipologie di pigmento rosso, giallo ed azzurro.

I mosaici pavimentali bianchi e neri (con una greca eseguita con tessere di marmi policromi sulla soglia dell'ambiente 51), sono presenti solo negli ambienti 50 e 51. Essi erano caratterizzati dalla presenza residuale di concrezioni carbonatiche con annessi depositi terrosi, nonché da un'evidente e diffusa alterazione brunastra dovuta alla presenza di ossidi di manganese, notevolmente adesa alla superficie e compenetrata, soprattutto in alcune zone. Anche in questo caso si è scelto di procedere con diverse metodologie di pulitura tradizionale per poter alleggerire gradualmente gli strati concrezionati soprammessi alle tessere musive. A seguito di diversi test è stata individuata la strumentazione laser idonea per rifinire la pulitura e quindi alleggerire lo strato di ossidi di manganese al fine di restituire al fruitore la godibilità degli ambienti. Il laser utilizzato su questa superficie è il Thunder Art, modalità QS, ($\lambda=1064$ nm, En. max per impulso 900 mJ, durata impulso 6 ns).

L'azione combinata, nelle fasi di pulitura, della metodologia tradizionale e di quella laser è stata fondamentale e ha permesso di raggiungere ottimi risultati.

**CLASSIFICAZIONE DI CERAMICHE ARCHEOLOGICHE UTILIZZANDO
ALGORITMI NEURALI APPLICATI A SPETTRI DI PLASMI INDOTTI DA LASER
(LIBS)**

Stefano Pagnotta¹, Claudio Arias², Marco Lezzerini³, Emanuela Grifoni⁴, Stefano Legnaioli⁵, Giulia Lorenzetti⁶
and Vincenzo Palleschi⁷

¹*Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 3388070675, stefanopagnotta@yahoo.it*

²*Professore in pensione, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa e Ricercatore Associato al Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, claudio.arias@alice.it*

³*Ricercatore, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, Via S.Maria 53, 56126, Pisa, 050221570, lezzerini@dst.unipi.it*

⁴*Ricercatrice, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, egrifoni@hotmail.com*

⁵*Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, s.legnaioli@pi.iccom.cnr.it*

⁶*Ricercatrice, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, a_lorenzetti@hotmail.com*

⁷*Professore di Archeometria, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa e Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152224, vincenzo.palleschi@cnr.it*

Abstract

La LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) è una metodologia di analisi elementare molto veloce e virtualmente non distruttiva che può essere utilizzata in molteplici applicazioni e integrata con altri metodi analitici. Questa tecnica è estremamente interessante in ambito archeologico in quanto può essere utilizzata *in situ*, senza necessità di alcun pre-trattamento dei campioni. I risultati riportati in questa comunicazione si riferiscono all'analisi e alla classificazione di 32 frammenti di ceramica, provenienti dal sito Neolitico di Settefonti, Prata d'Ansidonia (AQ). Tutti i campioni appartengono alla fase avanzata della cultura di Ripoli (Ripoli III) nella quale il sito di Settefonti ha un aspetto regionale molto prossimo a quello già identificato a Paterno. I campioni sono stati sottoposti ad analisi LIBS, utilizzando lo strumento mobile Modì, per realizzare una base di dati consistente nelle intensità delle righe di emissione atomica caratteristiche degli elementi discriminanti il tipo di materiale utilizzato (Ca, Al, Si, Fe, Mg, Ba, Sr, Ti, Li, K, Na, ecc.). Considerando l'alta dimensionalità del database, è stato necessario ricorrere ad un'Analisi delle Componenti Principali (PCA) per ridurre il numero di variabili coinvolte alle tre componenti principali, che poi sono state utilizzate come input di un algoritmo neurale supervisionato P-SOM (Parametrized Self-Organizing Map). Questo metodo ha permesso di ottenere una classificazione in buon accordo con la classificazione archeologica.

I risultati ottenuti con questo metodo sono molto significativi dal punto di vista archeologico, in quanto mostrano una buona clusterizzazione (in perfetto accordo con quello che si potrebbe ottenere utilizzando i metodi classici dell'archeologia) e, inoltre, ha fornito nuovi dettagli e spunti per ulteriori analisi.

L'UTILIZZO DELLA MICROSCOPIA DIGITALE 3D NEL CONTROLLO DEGLI INTERVENTI DI PULITURA LASER

Gian Franco Priori¹, Daniela Gennari², Valeria Massa³

Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro MIBACT, via di S. Michele 23, 00158, Roma, 06 6723 6347.

¹ *Funzionario diagnosta gianfranco.priori@beniculturali.it*

² *Restauratore, daniela.gennari@beniculturali.it*

³ *Restauratore, valeria.massa@beniculturali.it*

Abstract

L'occhio umano riesce a distinguere, senza l'aiuto di lenti, particelle con un diametro fino a 0,1 mm, da una distanza di circa 25 cm. Tuttavia si riescono a distinguere come separate due particelle così piccole solo se queste distano tra loro almeno 5 µm circa. Nel caso dell'ablazione laser è del tutto evidente che occorra correlare all'esperienza dell'operatore una serie di misure e di controlli che investano quanto non visibile ad occhio nudo: ovvero il campo microscopico. Tra le tecniche di indagine diagnostica l'osservazione microscopica ha un ruolo importantissimo. La microscopia digitale offre grandi vantaggi per effettuare analisi non distruttive. In particolare per quelle relative alla configurazione delle superfici. Una delle caratteristiche principali di un microscopio digitale consiste nella velocità e nella facilità con la quale possono essere creati modelli di superficie di strutture micro e macroscopiche di campioni.

Le immagini tridimensionali ottenute con un Video Microscopio Digitale DVM sono basate sul principio delle variazioni focali. La profondità di campo limitata delle ottiche è utilizzata per determinare le informazioni tridimensionali del campione. Per ogni posizione verticale l'area dell'immagine nettamente a fuoco è separata da quella sfocata ed entrambe sono elaborate dal software di gestione per creare un modello superficiale.

Il DVM utilizzato per le prove eseguite nei laboratori dell'ISCR consente di effettuare riprese fotografiche e misure in un campo di ingrandimenti che va dal rapporto macro 1:1 fino a 800 ingrandimenti.

Frammenti in materiale lapideo calcareo policromo, appartenenti a pavimenti musivi risalenti ad epoca romana, di tipi differenti e con incrostazioni molto tenaci sono stati sottoposti, prima e dopo il trattamento con un laser LQS, ad acquisizioni multifocali che permettono di ottenere immagini con una messa a fuoco ottimale della superficie dei campioni.

Attraverso l'elaborazione dei metadati associati alle immagini, con il software Leica Map si possono quindi ottenere modelli tridimensionali delle superfici con una definizione accurata delle misure sul piano Z, nell'ordine del millesimo di millimetro o micrometro. Gli studi geometrici comprendono il calcolo delle aree di picchi e avvallamenti sui profili delle sezioni verticali, i volumi di incurvature e fori e le altezze tra le porzioni della superficie. Le indagini funzionali includono la curva Abbott-Firestone o del settore di supporto e l'istogramma di distribuzione delle profondità. E' inoltre possibile separare gli elementi di rugosità e ondulazione di una superficie.

Si riportano le schede che evidenziano sia visivamente sia per mezzo di misure accurate gli effetti delle ablazioni effettuate sui campioni oggetto dell'indagine.

LA VALUTAZIONE DEI METODI DI PULITURA PER LEGNI MONOCROMI, CONFRONTO TRA TRE SISTEMI DI ANALISI DEI PROFILI SUPERFICIALI.

Giuseppe Serra¹, Alberto Bortone², Lorenzo Appolonia³

¹Borsa di ricerca FSE, Regione Autonoma Valle d'Aosta, piazza Narbonne n. 3, 11100, Aosta, 3409786622, serragiuseppe80@gmail.com

²Laboratorio restauro legno, Soprintendenza per i beni e le attività culturali, Regione Autonoma Valle d'Aosta, piazza Narbonne n. 3, 11100, Aosta, 0165 43815, a.bortone@regione.vda.it

³Struttura ricerca e progetti cofinanziati, Soprintendenza per i beni e le attività culturali, Regione Autonoma Valle d'Aosta, piazza Narbonne n. 3, 11100, Aosta, 0165 272279, l.appolonia@regione.vda.it

Abstract

Si presenta il risultato del confronto fra tre diversi strumenti per la valutazione del profilo superficiale, impiegati allo scopo di ottenere un metodo di valutazione oggettivo dei possibili danni sulla superficie derivanti da un'azione di pulitura di oggetti in legno non policromo.

L'approccio ad un intervento di pulitura necessita di strumenti di valutazione in grado di permettere all'operatore di comprendere il grado di interazione con il manufatto e, di conseguenza, il fattore di rischio dell'intervento.

In questa ottica, e al fine di valutare la qualità di puliture con laser rispetto ad altri metodi più o meno tradizionali su manufatti in legno non policromo, è stata avviato un programma di ricerca che, in questa fase, ha avuto modo di valutare quale strumentazione possa essere impiegata per una valutazione microscopica delle variazioni superficiali di un materiali, variazioni che possono essere dovute all'interazione dei metodi di pulitura quando questi giungono a diretto contatto con la superficie.

La fase sperimentale ha preso in considerazione tre sistemi di valutazione dei profili superficiali. La valutazione ha previsto un lavoro di comparazione dei dati ottenuti su tre tipologie di legni, fra i più utilizzati nella Regione, che hanno fatto da base per i test. I legni interessati sono stati: castagno, larice, noce. Per le prove sono stati predisposti dei supporti di dimensioni 25x25 cm, suddivisi ognuno in quattro quadrati denominati "Tasselli" di dimensioni 11x11 cm, in modo da permettere l'impiego delle diverse metodologie di pulitura direttamente sullo stesso supporto. Le strumentazioni di misura della rugosità e della morfologia sono state:

- profilometro Alicona IF [AIF]: la misura con Alicona si basa sul principio della scansione di fuoco; la strumentazione è da laboratorio applicata su un microscopio da banco, ma il centro di Pavia ha messo a punto un telaio rigido che permette di spostare il sistema di acquisizione e di portarlo su superfici verticali
- rugosimetro Mitutoyo SurfTest SJ-201 [MST]: il principio di misura del rugosimetro si basa sullo scorrimento diretto e lineare di uno spillo (collegato al sistema di acquisizione dati) sulla superficie di misura (fornito dall'Università di Cagliari)
- dispositivo MICRO 3Dh [M3D]: il principio di misura si basa sulla scansione di fuoco; la strumentazione è stata concepita per essere portatile e adattabile ad ogni superficie con un supporto meno ingombrante di quello necessario per Alicona (fornito dal CNR-IFAC di Firenze su intercessione della ditta El.En).

La necessità di confronto tra i vari metodi ha richiesto la creazione di protocolli di ripresa che permettessero di individuare le aree o zone di misura, in modo che il dato fosse ripetibile, per poter fare un confronto nel tempo, e confrontabile fra le varie tecniche. I risultati di questa fase preparatoria alla verifica dei test di pulitura sarà presentata e commentata nelle giornate del congresso.

ANALISI LIBS DI MATERIALI ARCHEOLOGICI PROVENIENTI DAL SITO MEDIOEVALE DI CASTEL MANFRINO (TERAMO)

Simone Prospero¹, Marco Lezzerini², Emanuela Grifoni³, Stefano Legnaioli⁴, Giulia Lorenzetti⁵, Stefano Pagnotta⁶, Vincenzo Palleschi⁷, and Monica Baldassarri⁸

¹ Ricercatore, Université Paris I - Panthéon-Sorbonne, UMR 7041 ArScAn, 12, Place du Panthéon, 75005 Paris, France, +330146692418, simoneprosperi81@gmail.com

² Ricercatore, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, Via S.Maria 53, 56126, Pisa, 0502215705, lezzerini@dst.unipi.it

³ Ricercatrice, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, egrifoni@hotmail.com

⁴ Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221,

s.legnaioli@pi.iccom.cnr.it

⁵ Ricercatrice, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, a_lorenzetti@hotmail.com

⁶ Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 3388070675, stefanopagnotta@yahoo.it

⁷ Professore di Archeometria, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa e Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152224, vincenzo.palleschi@cnr.it

⁸ Direttrice, Museo Civico di Montopoli in Valdarno, via Guicciardini 55, 56020, Montopoli in Val D'Arno, 0571449836, monbalda@gmail.com

Abstract

Le indagini archeologiche a Castel Manfrino (TE), condotte dall'équipe di archeologia Medievale dell'Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti e Pescara, sotto la direzione scientifica della professoressa Somma e la direzione tecnica della dottoressa Antonelli, sono state avviate nel 2003, nell'ambito di un più vasto progetto di recupero e valorizzazione del recinto fortificato tardo medievale. La fortificazione è situata lungo le gole del fiume Salinello (all'interno del Parco Nazionale dei Monti della Laga, al confine con la regione Marche), che costituiscono un'importante via di collegamento con il sub-appennino e l'area collinare adriatica. Il sito di Castel Manfrino, che ha restituito tracce di frequentazione sin dall'epoca pre-romana, durante l'XI e il XII secolo ha conosciuto una fase di riorganizzazione interna degli spazi, volta ad accogliere delle attività produttive per la trasformazione delle leghe metalliche. Tali attività sono testimoniate dall'identificazione di alcuni resti di una struttura, associabili ad una fornace di forma circolare, e da un cospicuo quantitativo di indicatori della produzione (scorie, ritagli di lavorazione, crogioli, semilavorati, nonché tondelli metallici). Sulla base di ciò, è stata avanzata l'ipotesi che a Castel Manfrino potesse operare una vera e propria zecca, clandestina o comunque non autorizzata. L'analisi dei tondelli e delle relative materie prime risulta quindi estremamente interessante, data l'assenza di conii che potrebbero indicare la tipologia delle monete e la mancanza di fonti storiche rispetto all'ambito politico al quale la struttura afferiva. Quest'analisi è stata effettuata con la tecnica LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) utilizzando lo strumento mobile Modi, ed ha evidenziato una variabilità di composizione dei materiali molto interessante, a testimonianza di una realtà probabilmente alquanto più complessa rispetto a quanto potesse essere ipotizzato in un primo tempo.

ESEMPI APPLICATIVI DELLA MICROSCOPIA DIGITALE 3D NELL'ESAME DI ASPETTI ESECUTIVI E NELLA CARATTERIZZAZIONE DI TRATTAMENTI LASER

¹Ilaria Cacciari, Andrea Azelio Mencaglia¹, Salvatore Siano¹

¹Istituto di Fisica Applicata "N. Carrara", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via Madonna del Piano 10, 50019, Sesto Fiorentino (FI), 055522533, i.cacciari@ifac.cnr.it

Abstract

L'esigenza di osservare dettagli microscopici delle superfici di un'opera si presenta spesso nel corso dell'intervento sulla medesima. Ci si aiuta di solito con lenti, oculari, videomicroscopi o stereomicroscopi, che sono diventati ausili fondamentali del restauratore per l'esame dello stato di conservazione, l'applicazione e verifica di trattamenti conservativi, e l'interpretazione di peculiarità esecutive. Negli ultimi anni si è registrata una crescente diffusione dei videomicroscopi digitali, favorita dal loro costo contenuto ed elevata praticità (piccole dimensioni, comunicazione USB, rapida acquisizione e memorizzazione). Si tratta effettivamente di strumenti molto utili e di facile utilizzo, ma laddove l'osservazione della profondità (o tridimensionalità) risulta un importante elemento di valutazione, essi non possono sostituire appieno lo stereomicroscopio. La "impressione" di tridimensionalità fornita da quest'ultimo permette in molti casi decifrare aspetti tessiturali di interesse, ma risulta a sua volta molto limitato qualora si abbia esigenza di acquisire dati quantitativi di profondità sulla superficie in esame. In tal caso, una soluzione versatile è costituita dai microscopi digitali 3D.

IFAC-CNR sviluppa dal 2007 microscopi digitali 3D portatili a basso costo concepiti per applicazioni archeometriche di restauro. Essi sono basati sulla tecnica di acquisizione ricostruzione 3D cosiddetta "a scansione di fuoco" (*shape from focus*). L'hardware di base comprende un gruppo optoelettronico, costituito da un sistema ottico solidale con una telecamera CCD/CMOS e uno stadio di traslazione del gruppo medesimo. Un tale apparato, previa opportuno software di gestione, permette di acquisire una sequenza di immagini a colori mentre il piano focale del sistema ottico viene spostato dal punto più profondo al punto più in rilievo della frazione di superficie in esame. Successivamente, un algoritmo di ricostruzione seleziona le aree a fuoco in ognuna delle immagini e le associa all'altezza rispettiva a cui sono state registrate. Il risultato dell'elaborazione è una superficie tridimensionale dove ogni punto è caratterizzato da colore e altezza, che può essere utilizzata per estrarre profili, calcolare rugosità, individuare tracce di lavorazione etc..

Abbiamo realizzato diverse versioni di microscopi digitali 3D che offrono specifiche di campo di vista e risoluzione in profondità adatte a diverse problematiche di rilievo del settore. In linea di massima, si possono ricostruire profili 3D su campi di vista di pochi millimetri, con una risoluzione in profondità fino a qualche micron, o vicini al centimetro, con risoluzione di decine di micron. In tutti è stato raggiunto un buon grado di portatilità, fino alla dimensione palmare per la versione a bassi ingrandimenti e fuoco fisso.

In questo contributo, dopo una breve introduzione del principio di funzionamento della presente classe di strumenti, intendiamo fornire una rassegna di casi applicativi rappresentativi di problematiche di microrilievo che si presentano nella pratica dello studio e conservazione di beni culturali. Tra questi, riportiamo lo studio micromorfologico delle punzonature del Polittico di Santa Caterina d'Alessandria di Simone Martini, della granulazione su una copia di fibula etrusca in oro, delle tracce di conio su monete e delle prove di rimozione laser di stratificazioni eseguite su un balaustino marmoreo del Duomo di Firenze e altri manufatti. Per ognuno di questi casi vengono discussi i parametri rappresentativi e le relative implicazioni riguardanti l'autenticazione, la valutazione comparata di diversi trattamenti, la misura di altezze, profondità e profili di interesse. In particolare, per i trattamenti laser ablativi, il confronto quantitativo viene svolto sulla base della rugosità media, rugosità quadratica media e di altri parametri tessiturali calcolati in accordo alle norme DIN (Deutsches Institut für Normung).

**LASERSCANNER 3D ASSOCIATO A FOTOGRAMMETRIA PER
LA DOCUMENTAZIONE DELLO STATO DI CONSERVAZIONE
DELLA FONTANA DELLO ZODIACO A TERNI**

Elena Biondi¹, ²Alessandro Bovero², Marco Demmelbauer

¹*Centro di Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”, P.zza della Repubblica, 10078 Venaria Reale (To)*

²*Libero professionista collaboratore del Centro di Conservazione e Restauro “La Venaria Reale”*

Abstract

La Fontana dello Zodiaco a Terni è un monumento in cui campeggia un esteso mosaico lapideo realizzato da Corrado Cagli nel 1932 e ricostruito su disegno dello stesso autore nel 1961 a seguito dei danneggiamenti bellici. Nonostante un pregresso restauro nel 1994 la fontana oggi appare in uno stato di conservazione così precario da indurre l'Ente di Tutela a vagliare l'ipotesi di un totale rifacimento. Al fine di prendere tale decisione in modo consapevole è stata richiesta una valutazione dello stato di conservazione al Centro di Conservazione e Restauro de “La Venaria Reale”. Sotto il profilo della documentazione era necessario superare una grande sfida poiché le esigenze erano molteplici e contrastanti: una estesa area di oltre 200 mq. doveva essere documentata in modo estremamente minuzioso al fine di rappresentare efficacemente la ridotta dimensione delle tessere, era inoltre importante il dato colorimetrico ed era anche necessario evidenziare il loro spessore in virtù dello specifico degrado selettivo.

Al fine di garantire un rilievo tridimensionale corretto dal punto di vista dimensionale e sufficientemente dettagliato, si è deciso di procedere in due fasi successive, i cui dati sono poi stati referenziati e comparati in un secondo momento. Si è dapprima utilizzato un Laserscanner a tempo volo, dotato di sensore in luce visibile, che ha permesso di ottenere un oggetto tridimensionale testurizzato con una risoluzione spaziale di circa 1 centimetro, associato a un sommario dato colorimetrico. Tale modello 3D è stato utilizzato per referenziare i dati dedotti dalla fotogrammetria ed ha fornito un'utile base per le successive simulazioni di fluidodinamica. Per ottenere una dettagliata fotogrammetria col metodo *close-range* si è dovuto procedere con una estesa campagna fotografica effettuando circa 1500 scatti con campi sempre più dettagliati. La tecnica ha dato risultati particolarmente apprezzabili nonostante si siano dovute superare diverse difficoltà tecniche. Questo ha permesso di effettuare una documentazione grafica in Autocad su basi corrette, misurabili e molto dettagliate; qui sono state riportate le osservazioni su campo relative allo stato di conservazione del manufatto e ai precedenti restauri. Nello specifico era necessario illustrare un esteso fenomeno di fessurazione e decoesione strutturale delle malte, oltre che l'incredibile assottigliamento delle tessere lapidee. In estese aree queste presentavano uno spessore medio di soli 1-2 mm., contrapposto a zone contigue in cui si erano ridotte a 8-10 mm. rispetto ai 12 mm. originari.

THREE-DIMENSIONAL MODEL AND DIGITAL RESTORATION OF A MEDIEVAL GRAVESTONE

Dante Abate¹, Stefania Bruni², Vitina Greco³ and Giuseppe Maino⁴

¹*Researcher, ENEA Italian National agency for new technologies, energy and sustainable economic development, 4, via Martiri di Montesole, 40128 Bologna, Italy, dante.abate@enea.it*

²*Researcher, ENEA Italian National agency for new technologies, energy and sustainable economic development, 4, via Martiri di Montesole, 40128 Bologna, Italy, stefania.bruni@enea.it*

³*Guest researcher, School of Arts, Humanities, and Cultural Heritage, University of Bologna, Ravenna campus, 5, via Mariani, 48100 Ravenna, Italy*

⁴*Professor, School of Arts, Humanities, and Cultural Heritage, University of Bologna, Ravenna campus, 5, via Mariani, 48100 Ravenna, Italy, giuseppe.maino@unibo.it*
Research director, ENEA Italian National agency for new technologies, energy and sustainable economic development, 4, via Martiri di Montesole, 40128 Bologna, Italy, giuseppe.maino@enea.it

Abstract

The digital or virtual restoration does not act on the art work, but simulates a visual and aesthetic improvement of this one, so enhancing it. It also gives the possibility to choose a series of solutions, before technical operations. Virtual restoration can be therefore defined as the set of digital processing of two or three dimensional computer graphics, allowing for visual and aesthetic improvements of the work or a hypothetical reconstruction which is not real, but virtual precisely. Moreover, it is useful to better understand a work of art (both mobile and immobile) or document archives, that for serious reasons of physical degradation cannot be easily restored in the traditional way. In this work we present results of virtual restoration in 2 and 3 dimensions using common open source software, namely GIMP package, thus proving the efficiency of free codes with respect to more known and generally adopted commercial products.

On the other side, automatic 3D reconstruction technologies have evolved significantly in the last decade. Among various 3D scanning systems, the more frequently used in digitizations are the so-called active optical devices that reconstruct geometry of an artwork by checking how the light is reflected by the surface. Very promising, but still not very common, are the passive optical devices, where usually a large number of images of the artifact are taken and a complete model is reconstructed from these images. These approaches have been both applied to the relief and investigation of a Medieval gravestone conserved in the Civico Museo Medievale of Bologna, Italy, representing a noble warrior in his habits.

Finally, as for the adopted methodology, the present virtual restoration is accompanied by archival and historical studies and diagnostic investigations by means of SEM, microanalysis and thermography, that contribute to a better understanding of the conservation status of the studied artifact as they are very often neglected in many applications of image processing of artistic works. Moreover, our work is clearly illustrated in each phase of the digital treatment, thus allowing for critical debates and different interpretations by other scholars that are provided of the complete documentation, as required by a really scientific approach.

RILIEVO 3D IN AMBIENTE IPOGEO CON TECNICHE DI IMAGE-BASED MODELLING E SOFTWARE OPEN-SOURCE

Cristina Giancristofaro¹, Luciano Marras², Marco Lezzerini³, Emanuela Grifoni⁴, Stefano Legnaioli⁵, Giulia Lorenzetti⁶, Stefano Pagnotta⁷, and Vincenzo Palleschi⁸

¹ *Conservation Scientist, collaboratrice del Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, c.giancristofaro@gmail.com*

² *Titolare, Art-Test s.a.s., Via del Martello 14, 56121, Pisa, 3939145966, info@art-test.eu*

³ *Ricercatore, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, Via S.Maria 53, 56126, Pisa, 0502215705, lezzerini@dst.unipi.it*

⁴ *Ricercatrice, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, egrifoni@hotmail.com*

⁵ *Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, s.legnaioli@pi.iccom.cnr.it*

⁶ *Ricercatrice, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152221, a_lorenzetti@hotmail.com*

⁷ *Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 3388070675, stefanopagnotta@yahoo.it*

⁸ *Professore di Archeometria, Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa e Ricercatore, Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata, Istituto di Chimica dei Composti Organometallici, Area di Ricerca del CNR, Via G. Moruzzi 1, 56124, Pisa, 0503152224, vincenzo.palleschi@cnr.it*

Abstract

La modellizzazione 3D image-based si presenta come una valida alternativa ai sistemi basati su scansione laser, sia dal punto di vista della qualità dei risultati sia, soprattutto, per la potenziale economicità della metodologia. L'ultimo freno ad un'applicazione più ampia di questa tecnica è la complessità e il costo molto elevato dei software commerciali solitamente impiegati per l'elaborazione delle immagini. In questa comunicazione sarà presentato il modello 3D dell'ambiente ipogeo della Tomba della Scimmia di Chiusi (SI), ottenuto attraverso l'uso esclusivo di software open-source (Python Photogrammetry Tools per la generazione delle nuvole di punti dense dei quattro ambienti della tomba, Meshlab per la generazione delle mesh e la texturizzazione, CloudCompare per la ricostruzione del modello complessivo). I risultati ottenuti sono stati confrontati, sul dettaglio di una pittura murale, con quelli ricavati con un sistema micro-fotogrammetrico commerciale; la fedeltà del modello 3D ottenuta con il software open-source è risultata paragonabile, e in alcuni casi superiore, a quella del sistema commerciale. Questo risultato apre la strada per la diffusione della tecnica di ricostruzione multispettrale 3D ideata alcuni anni fa dal Laboratorio di Spettroscopia Laser e Applicata del CNR di Pisa e solo parzialmente realizzata nell'ambito del progetto di ricerca SUMUS, finanziato dalla Regione Toscana. L'uso di metodologie software open-source per la ricostruzione fotogrammetrica del modello 3D a partire da un set di immagini multispettrali consente di ottenere, con costi ridottissimi, importanti informazioni sulla struttura tridimensionale dei materiali al di sotto della superficie, sfruttando la diversa profondità di interazione delle diverse lunghezze d'onda nel *range* che va dal vicino UV (300 nm) fino al vicino infrarosso (1100 nm).

LA CONOSCENZA DI UN BENE NEL TEMPO: IL PRONAO DELLA BASILICA DI SANT'ANDREA APOSTOLO A MANTOVA

Silvia Chiarini¹, Stefano Cremonesi¹, Luigi Fregonese¹, Laura Taffurelli¹, Daniela Lattanzi², Elena Romoli³

¹Laboratorio di Ricerca Mantova, Hesutech group, Politecnico di Milano, Polo territoriale di Mantova, p.za d'Arco 3, 46100 Mantova, Tel. +39 0376 317015-23 silvia.chiarini, stefano.cremonesi, luigi.fregonese, laura.taffurelli@polimi.it

²Direzione Regionale per i beni culturali e paesaggistici della Lombardia, Palazzo Litta, Corso Magenta 24, 20123 Milano, Tel. +39 02 802941, daniela.lattanzi@beniculturali.it

³Soprintendenza per i Beni Archeologici per le province di Cagliari e Oristano, Piazza Indipendenza 7, 09124 Cagliari, Tel. +39 070 605181, elena.romoli@beniculturali.it

Abstract

Raramente il rilievo di documentazione di un bene architettonico, svolto con tecnologie che restituiscono le dimensioni e le caratteristiche della sua forma tridimensionale, viene eseguito in più riprese temporali a supporto del cantiere di restauro.

Generalmente l'obiettivo di analizzare e descrivere lo stato di un edificio storico in un determinato "istante" della sua vita si esaurisce con la predisposizione di tutti gli strumenti progettuali e materiali per definire gli interventi di conservazione.

L'uso di metodologie laser scanning o image-based ha consentito negli ultimi anni di ridurre sensibilmente i tempi di acquisizione geometrica, pur assicurando un livello di precisione metrica e di dettaglio controllata e definita a priori, e di generare database digitali da cui estrarre rappresentazioni che rendano fruibili le informazioni sul bene. Se queste vengono poi raccolte in un arco temporale, è possibile monitorare e verificare il risultato di azioni ed interventi, definendo un *modello* il più possibile attinente allo stato del bene, utile per la sua successiva gestione e manutenzione programmata.

In questo articolo viene presentata la ricerca e la collaborazione che ha visto coinvolti dal 2005 ad oggi il gruppo HeSuTech del Laboratorio di Ricerca Mantova del Politecnico di Milano, la Direzione regionale per i beni culturali e paesaggistici della Lombardia e la Diocesi di Mantova per la realizzazione dell'archivio digitale del pronao della Basilica Concattedrale di Sant' Andrea apostolo, opera fondamentale di Leon Battista Alberti.

Le campagne di rilievo hanno documentato il bene prima, durante e dopo gli interventi di restauro, seguendo l'evoluzione tecnologica delle strumentazioni e dei software per la gestione ed elaborazione dei dati, consentendo di raccogliere molteplici livelli di informazione, generale e di dettaglio.

La ricerca infatti si è proposta di realizzare un archivio digitale 4D (dove la quarta dimensione è il tempo), che indicizzasse e mettesse a disposizione i rilievi, le analisi di cantiere, le elaborazioni grafiche e le informazioni storiche utili a comprendere l'evoluzione strutturale e materiale del bene.

Questo approccio si è rivelato molto utile dopo il sisma del 2012 che ha colpito duramente tutta la provincia di Mantova, consentendo di confrontare i quadri fessurativi restituiti tridimensionalmente prima e dopo gli eventi sismici e utilizzare il modello 3D del pronao per le valutazioni strutturali.

DIGITAL TECHNOLOGIES FOR RECOMPOSITION AND VIRTUAL RESTORATION. A CASE STUDY

Francesco Di Paola^{1,2}, Lorella Pellegrino³, Giuseppe Milazzo⁴

1 Researcher, Department of Architecture (DARCH), Polytechnic School - University of Palermo, 90128, Palermo - Italy, +3894324760, francesco.dipaola@unipa.it

2 IEMEST, Euro Mediterranean Institute of Science and Technology, Department of Communication, Interactive Graphics and Augmented Reality, 90139 Palermo, ITALY, e-mail: francescodipaola@iemest.eu

3 Restorer, Inorganic Origin Artefacts Restoring Laboratory, Regione Siciliana, Department of Cultural Heritage, Regional Centre of Cultural Heritage Planning and Restoring, via dell'Arsenale 52, 90142, Palermo, Italy, +393351407234, pelegelino@gmail.com

4 Master's Degree in Cultural Heritage Preservation and Restoring, Certified Restorer, Palermo, Italy, +393204319603, giu.milazzo@gmail.com

Abstract

Within the specific field of virtual restoring, the evolution of techniques and equipment employed is increasing, and a number of scientific and technological improvements are being recorded thanks to financed projects in collaboration with research centres, universities, and specialized companies and businesses. A new and innovative technical-scientific sector is identified, that involves the use of Information and Communications Technologies (ICT) within traditional and well-established methodologies.

Focusing the attention on our experience, the acquisition, elaboration, and comprehension of heterogeneous data, extrapolated thanks to instrument-specific and interdisciplinary methods, have determined the core of the scientific-methodological approach. This has been aimed to the proposal for an operative protocol related to the Cultural Heritage preservation, conservation and valorisation.

The contribution includes a practical activity carried out on a marble statue depicting a fishing cupid, situated in the middle of the large shaped pool within the vast peristyle of Villa Romana del Casale, in Piazza Armerina. The statue, object of the study, was in a precarious preservation status due to the missing left leg, and the fragmentation of the right foot and leg, which is partially missing. Owing to this complex physical-mechanical condition, the statue was restored in the past according to a method that nowadays is not beneficial for its preservation.

Following the proposal of the Regional Center of Planning, Restoring, Natural and Applied Sciences for Cultural Heritage (C.R.P.R.), a multidisciplinary study has been launched in collaboration with the Department of Architecture of the Polytechnic School of Palermo. The aim is to formulate an hypothesis of spatial rearrangement, considered as preliminary instrument for a geometrical-formal analysis of the piece of art. The documentation obtained through this methodology may represent a valid support for the subsequent restoring operation, and its proper placement for museum exhibition.

The crucial support of noninvasive technological procedures of 3D scanning, image-based modeling, and graphical-geometrical data analysis proved convenient and of great profitableness for the study process for two main reasons: first, documentation from indirect sources was modest; second, the advantage of reducing the manipulation of the statue and its fragments, preserving the physical consistency of the fracture edges. The study aims to describe a structured methodological procedure directed to the design, management, and visualization of both a three-dimensional model of the statue in its entirety and its real-scale reproduction created with three-dimensional printing techniques.

RILIEVO TRIDIMENSIONALE (LASER SCANNER) DEI DIPINTI MURALI DEL DUOMO DELLA CITTÀ DI AMFISSA (GRECIA)

Alessio Bortot,¹ Nicola Sartorato,² Andrea Marcolongo,² Maria Fotini Papakonstandinou,³ Jorgos Tavlaridis⁴

¹Architetto, Università di Architettura di Venezia (IUAV), sestiere di canaregio 5456, 30123 Venezia, e-mail: alessio.bortot@iuav.it, tel. (+39) 3890720970.

²Architetto, gruppo Arch3, via sabbioni 12/b, 35020 Maserà di Padova (Pd), e-mail: nsarto@arch3.eu, a.marcolongo@arch3.eu

³Archaeologist, 24th Ephorate of Byzantine Antiquities, Othonos 47, 35100 Lamia, Greece, e-mail: manipapak@yahoo.gr

⁴Chemist – Conservation scientist, Piazza dei Campani 13, 00185 Roma, Italy, e-mail: jorgostavlaridis@yahoo.it

Abstract

Il Duomo della città di Amfissa (Grecia) è stato costruito tra il 1859 e il 1869 sopra i resti del pavimento di una Basilica Paleocristiana. Le superfici murarie interne del Duomo sono state dipinte interamente (1.500 mq complessivi) con la tecnica pittorica murale “a secco”, nel periodo che va dal 1927 al 1932 dal pittore greco Spyros Papaloukas adoperando esclusivamente dei leganti organici.

Nel biennio 2011/2012 è stato effettuato il progetto multidisciplinare di restauro del Duomo. Tale progetto riguarda lo studio di conservazione dei dipinti murali ed il progetto architettonico, strutturale ed elettromeccanico del manufatto greco-ortodosso.

Con il laser scanner sono state eseguite quaranta scansioni - per un totale di circa cinque miliardi di punti acquisiti - con relative foto sferiche, al fine di ottenere un modello digitale tridimensionale a nuvola di punti. La nuvola di punti (ciascuno dei quali caratterizzato da coordinate spaziali, valore di intensity e rgb) è stata di supporto all'estrazione dei singoli prospetti e, dove necessario, alla loro ulteriore mappatura. Le ortofoto raster in alta risoluzione di ogni singolo alzato interno sono state usate per operare il raddrizzamento fotografico, (correzione della parallasse), delle immagini di ogni elemento, scattate in una ulteriore campagna dedicata solamente a questo fine. Una volta terminata questa fase si è proceduto al ridisegno vettoriale degli elementi pittorici, usando come base gli elaborati ottenuti nelle fasi precedenti. Le tavole grafiche così ottenute sono state arricchite dalla consueta analisi del degrado seguendo una legenda fornita dai restauratori incaricati, in tali elaborati sono state infine segnalate le zone soggette a maggiore criticità attraverso particolari fotografici che sono stati raccolti all'interno della relazione conclusiva.

La complessità di questo caso studio ha permesso di condurre una serie di riflessioni utili a definire le strategie idonee all'utilizzo dello scanner 3D per il rilievo di superfici dipinte e allo stesso tempo a porre degli interrogativi sul ruolo del modello digitale 3d nell'ambito del restauro architettonico e pittorico.

La nuvola di punti rappresenta di per sé un clone digitale di alta precisione del manufatto reale, in quanto tale si presta ad essere strumento di supporto all'analisi del degrado in ambito tridimensionale, metodologia che permetterebbe ad esempio di misurare con accuratezza lo spessore dei distacchi o il calcolo delle dimensioni delle porzioni di manufatto andate perdute. È possibile aggiungere alla point cloud “colorata” informazioni derivanti da analisi termografiche, mappare sul modello 3D fotografie a infrarossi o inserire commenti e dati tecnici come analisi chimiche raggiungibili con un semplice click. La maggiore fruibilità dei dati, così organizzati, potrebbero garantire una innovativa interazione dei soggetti coinvolti attraverso la pubblicazione nella rete internet di un database concepito a tale scopo, capace altresì di tenere assieme i risultati derivanti da ogni analisi specialistica.

MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI DEL SUPPORTO CON TECNOLOGIE LASER E ANALISI DELLA SUPERFICIE PITTORICA CON SISTEMI GIS

Laura Baratin¹, Sara Bertozzi², Elvio Morretti³, Roberto Saccuman⁴

¹ *Coordinatore, Scuola di Conservazione e Restauro, DiSBEF, Università degli Studi di Urbino, Piazza della Repubblica 13, 61029, laura.baratin@uniurb.it*

² *Assegnista, Scuola di Conservazione e Restauro, DiSBEF, Università degli Studi di Urbino, Piazza della Repubblica 13, 61029, sara.bertozzi@uniurb.it*

³ *Docente, Scuola di Conservazione e Restauro, DiSBEF, Università degli Studi di Urbino, Piazza della Repubblica 13, 61029, elvio.moretti@uniurb.it*

⁴ *Docente Restauratore, Scuola di Conservazione e Restauro, DiSBEF, Università degli Studi di Urbino, Piazza della Repubblica 13, 61029, robertosaccuman@libero.it*

Abstract

Presupposto della conservazione è il rispetto non solo dell'opera d'arte, ma anche del dato storico ad essa strettamente legato, considerando perciò l'opera nella sua evoluzione diacronica e nella sua complessità. La conoscenza preliminare di un'opera è strettamente correlata ad un uso altamente critico anche degli strumenti tecnici e operativi che non possono essere separati dalla lettura analitica, devono essere concepiti all'interno dello stesso programma metodologico. Il problema del rilievo e della sua rappresentazione nel restauro e nella conservazione assume via via maggiore peso se visto innanzitutto come mezzo di indagine e come organizzazione di informazioni, e più in generale della conoscenza.

Il primo livello di conoscenza è senza dubbio di tipo metrico e quindi lo scopo consiste nel quantificare i dati dell'opera in un determinato spazio. Una volta acquisiti i dati questi possono essere convenientemente usati da altre discipline come supporto ad altre informazioni ad esempio di tipo qualitativo, storico-tipologiche, ecc.

Nel caso dei due trittici di Heronymus Bosch, il trittico di Santa Liberata ed il trittico degli Eremiti, il rilievo della superficie del dipinto attraverso tecnologie laser scanner ed il confronto geometrico tra acquisizioni successive permette di valutare eventuali spostamenti dovuti a modificazioni del supporto.

Il lavoro rientra in una collaborazione tra la Scuola di Conservazione e Restauro dell'Università di Urbino, la Fondazione Bosch Research and Conservation Project e la Soprintendenza Speciale per il patrimonio storico, artistico ed etnoantropologico e per il Polo Museale della Città di Venezia dei Comuni della Gronda Lagunare. L'accuratezza e la ripetibilità della misura permetterà di approntare campagne di monitoraggio temporale lì dove il solo controllo visivo o fotografico non fornisce sufficienti garanzie.

La proposta si articolerà in più fasi di acquisizione di informazioni di tipo quantitativo attraverso rilievi geometrico-formali basati su diverse tecnologie laser scanner e fotogrammetriche classiche, per confrontarne l'accuratezza e verificarne l'efficacia.

I risultati delle diverse metodiche applicate porteranno a fornire una "carta digitale dell'opera", infatti la gestione dei diversi set di dati sarà a sua volta inserita in sistemi informativi di tipo GIS 3D che riporti, punto per punto, tutte le informazioni peculiari raccolte e ne permetta una produzione di disegni e stampati, in scala o al naturale, di qualsivoglia vista e tipo di proiezione e di comparazione. Un'ulteriore sperimentazione riguarda l'utilizzo di strumenti di Spatial Analyst per l'analisi della pellicola pittorica associati al rilievo tridimensionale.

MUPRIS: MUSEUM OF SARCOPHAGI AT THE CATACOMBS OF PRISCILLA IN ROME, ITALY

Laura Pecchioli¹ Giorgio Verdiani², Mirco Pucci²

¹*Semitistik, Seminar for the Languages and Cultures of the Near East Ruprecht-Karls-University Heidelberg, Heidelberg, Germany; laura.pecchioli@gmx.de*

²*Dipartimento di Architettura, Florence University, Florence, Italy. giorgio.verdiani@unifi.it; mirco.pucci@gmail.com*

Abstract

The basilica of St. Silvestro was erected in 1907 on the foundations of two ancient rooms which were situated originally in a cemetery enclosure surrounded by several mausolea which most likely contained the sarcophagi, excavated between 1890 and 1906. The small north-west basilica resulted from several transformations around the burial place of the martyrs Felice and Filippo, where also the pope Silvestro († 335) wanted to be buried.

The presence of these venerated burials led to the realization of a second building thought to be an indoor cemetery, for which several graves were planned following an organic approach. These are today visible through the new floor. Among numerous marble fragments of sarcophagi, found in the archaeological excavations.

The whole subject was a robust challenge for the digital survey, the chosen solution was an integrated digital survey using both 3D laser scanner based on Phase Shift measuring method and photogrammetry. The survey had to deal with the complex characteristics of the pieces of sculptures and the difficulties linked to the light subsurface dispersion of the pieces in marble. The main our aim has been to give a better access to the monument through an architectural project and using information technology to enhance the real with a digital layer, aimed to the dissemination and to learning purposes. In situ the visitors can use directly their personal devices to read the QR-codes (or direct URL) and jump to specific areas of the virtual version of the museum, through a 2D touch friendly and engaging interface. The website (<http://mupris.net>) also allows virtually any visitor to navigate in the 3D model of the virtual museum obtained from the digital survey and access information on the collection. A software called ISEE had already been tested in previous Cultural Heritage projects for 3D web applications, we used to develop the digital layer of MuPris. The user can discover and read pieces of information about each fragment using a user-friendly interface through the major Internet browsers and operative systems.

**NEW ADVANCES IN LASER CLEANING RESEARCH ON ARCHAEOLOGICAL
COPPER BASED ALLOYS:
METHODOLOGY FOR EVALUATION OF LASER TREATMENT**

Inmaculada Donate¹, Joaquín Barrio Martín², María Cruz Medina³, Ana Isabel Pardo⁴

¹*Master Degree Student, Scuola di Scienze, Università di Bologna, via Guaccimanni, 42, 48121, Ravenna, immaculada.donate@studio.unibo.it*

²*Professor in Archaeology and Conservation, Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid, +34914976703, joaquin.barrio@uam.es*

³*Conservator, Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Filosofía y Letras, modulo X, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid, +34914976904, maricruz.medina@uam.es*

⁴*Laboratory technician, Laboratorio de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid, +34914976905, anaisabel.pardo@uam.es*

Abstract

The previous research carried out at SECYR laboratory has shown promising results on laser cleaning of several archaeological materials, among them, metals such as iron, lead, silver and gold. Nevertheless, the laser treatments performed on copper based alloys have exhibited inconsistent results, not always positive. Consequently, a more extended and systematic investigation is fundamental. Thus, this work shows the methodology applied for the evaluation of laser effects on different archaeological copper based pieces from three sites of the centre of the Iberian Peninsula: Valeria (Cuenca), El Salobral (Albacete) and Calatrava (Ciudad Real). The methodological process included an initial examination and characterization of pieces with instrumental techniques: X-ray radiography, Polycrystalline X-ray Diffraction (PXRD) and Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy. In addition, the emission of laser devices employed - two Nd:YAG laser systems ($\lambda=1064\text{nm}$) with distinct emission modes: Short Free Running (SFR) mode and Long Q-Switched (LQS) mode- was theoretically analysed to define the working ranges of laser parameters (energy, spot size and fluence). Based on these initial studies multiple laser cleaning tests were performed on small areas of pieces, varying the laser parameters and, in several occasions, applying previously a refrigerant over surfaces. Moreover, some zones were cleaning using mechanical methods -scalpel and micro-sandblaster- in order to compare the laser outcomes with the traditional results. Finally, the characterization and the comparison of different test zones permitted the study of alterations produced by laser irradiation on surfaces, the determination of the degree of removal of common copper corrosion compounds and soil deposits, and the evaluation of aesthetic appearance of irradiated surfaces. Therefore, it was possible to determine whether laser irradiation is suitable and effective as a cleaning technique for this kind of alloys; and in affirmative case to establish the working ranges of treatment variables.

PULITURA LASER DELLA STATUA IN BRONZO DI NAPOLEONE COME MARTE PACIFICATORE DI ANTONIO CANOVA

A. Sansonetti¹, B. Salvadori², P. Letardi³, M. Colella⁴, D. Pescarmona⁵, F. Arosio⁶, J. Striova⁷

¹*Ricercatore, ICVBC CNR, Milano, sansonetti@icvbc.cnr.it*

²*Ricercatore, ICVBC CNR, Firenze, salvadori@icvbc.cnr.it*

³*Primo Ricercatore, ISMAR CNR, Genova, letardi@ge.ismar.cnr.it*

⁴*Restauratore, Studio Servabo, Milano, servabo.colella@gmail.com*

⁵*Funzionario Storico dell'Arte, Soprintendenza ai B.S.A.E. di Brea, Milano, danielegianpiero.pescarmona@beniculturali.it*

⁶*Storico dell'Arte, Ass. Amici di Brera, Milano, fra.arosio@gmail.com*

⁷*Ricercatore, INO CNR, Firenze, jstrioiva@gmail.com*

Abstract

La pulitura laser di manufatti in bronzo si è mostrata molto promettente e alcuni importanti studi sono stati pubblicati in tempi recenti. Si può comunque affermare che i grandi bronzi esposti all'aperto vengono generalmente puliti con metodi più tradizionali, sia chimici che meccanici. Al centro del cortile d'onore del Palazzo di Brera in Milano, svetta la statua in bronzo di Napoleone, rappresentato come Marte pacificatore. La fusione fu eseguita nel 1809 dai Righetti, su modello di Antonio Canova. La scultura, alta circa tre metri, è collocata su di un piedestallo in marmo di Carrara, adorno di aquile e di altri elementi decorativi anch'essi in bronzo. L'esposizione in ambiente urbano ha prodotto una patina di corrosione costituita principalmente di solfati di rame idrati: brochantite $[\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6]$ è presente in modo pressoché ubiquitario mentre antlerite $[\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4]$ è stata rilevata solo in alcune aree. La patina di corrosione è maggiormente rilevabile in quelle aree dove si verifica un'interazione diretta con la pioggia battente, cioè sulle spalle, sulla sommità del capo, e sulla parte superiore delle braccia. In queste zone la superficie della scultura appariva, prima dell'intervento di conservazione, con diverse sfumature di verde. Al contrario in zone semi-protette dal dilavamento, perché in leggero sottosquadro, sono ancora ben presenti residui di un trattamento acrilico (Incralac) di colore molto scuro. Lo studio dei prodotti di corrosione e dei residui di protettivo è stato condotto attraverso tecniche di laboratorio (XRD, FTIR, Raman, osservazioni SEM con microsonda EDS).

Sono stati condotti test di pulitura laser con lo strumento EOS Combo El.En. sia in regime Long Q-switch (LQS) che in Short Free Running (SFR). Sono state scelte sia aree con prodotti di corrosione verdi, sia aree scure. Per quanto concerne i test LQS è stata usata energia nell'intervallo tra 150 e 450 mJ; per SFR l'energia è variata tra 300 e 900 mJ. Si è operato con spot laser delle dimensioni di circa 0.9 cm di diametro. La frequenza di ripetizione è variata tra 1 e 20 Hz. La valutazione degli effetti di pulitura è stata condotta mediante un microscopio portatile di cantiere ed un colorimetro a riflettanza. Inoltre è stato utilizzato uno spettrometro FTIR portatile al fine di valutare la presenza dei prodotti di corrosione e dei trattamenti dopo pulitura. EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy) è stata usata in cantiere su di una selezione delle aree pulite con l'obiettivo di stimare l'effetto della pulitura laser sulla velocità di corrosione. Un sensore a contatto appositamente messo a punto è stato utilizzato per misure nel campo di frequenze 100KHz-10mHz sia prima che dopo la pulitura.

INTERVENTO DI RIMOZIONE LASER SUL MANTO DORATO A RILIEVO DI UN DIPINTO DI CARLO CRIVELLI DELLA ACCADEMIA CARRARA

Delfina Fagnani¹, Anna Brunetto², Fabio Frezzato³, Giovanni Valagussa⁴

¹Restauratore, Sesti Restauri, via Legionari in Polonia, 24121, Bergamo, 035 217047, sestirestauri@gmail.com

²Restauratore, Restauri Brunetto, strada del Tormeno 63, 36100 Vicenza, 3482627212, annalaser@alice.it

³Chimico, Coord. del Centro Ricerche sul Dipinto, CSG Palladio srl, Vicenza, 3391852963, fabio.frezzato@fastwebnet.it

⁴Conservatore Accademia Carrara, v. San Tomaso 53, 24121, Bergamo, 3292105051, gvalagussa@comune.bg.it

Abstract

Carlo Crivelli (Venezia 1430/1435 – Ascoli 1495) *Madonna col Bambino*, tempera su tavola, cm 45,9 x 33,6, uno dei più celebri dipinti dell'artista, realizzato su una tavola che si è conservata nel suo spessore originale, assumendo una leggera curvatura convessa che non ha causato danno alla conservazione quasi perfetta della superficie pittorica. L'unica modifica subita nel tempo consisteva nell'aggiunta di un listello che stava in alto a completare la cuspide ogivale centrale della sagoma trilobata. Questo listello aggiunto, evidentemente risalente all'epoca di un restauro novecentesco, è stato smontato recuperando la tavola nella sua integrità originale. Tutta la superficie appariva peraltro in eccellenti condizioni, anche se ingiallita da una vecchia verniciatura già all'origine leggermente pigmentata e poi scuritasi con il tempo. La straordinaria fortuna che ha preservato quasi intatto lo spessore dei colori, la brillantezza dei passaggi tonali, la trasparenza delle velature, è stata confermata dagli esiti della pulitura che ha restituito una superficie policroma di splendida integrità. Unico tipo di danno rilevabile, sono apparse le aperture di un cretto diffuso e profondo che si accentuano in alcune zone assumendo l'aspetto di sottili fratture verticali, orientate secondo l'andamento della fibra del legno. La zona del dipinto apparsa da subito problematica è stata invece quella del manto in rilievo di Maria, già individuato da tempo come ampiamente rimaneggiato (si veda la celebre citazione di Federico Zeri in *Dietro l'immagine*, 1985, quando elogia la perfetta conservazione dell'opera ma giudica il manto del tutto rovinato da un vecchio restauro). Lungo risulta descrivere qui compiutamente la complessità delle problematiche e degli interventi messi in atto, che hanno comportato comunque – come passaggi fondamentali – tutta la sequenza delle indagini ottiche preliminari (luce UV, raggi IR, falso colore, macrofotografie di dettaglio, immagini al microscopio Dino Lite) e ulteriori indagini preliminari con radiografia a raggi X e prelievi stratigrafici. Grazie a queste premesse si è valutata e poi decisa la opportunità dell'uso di uno strumento laser per la rimozione della vecchia stesura bluastra adagiata nelle concavità del rilievo a pastiglia, altrimenti quasi impossibile da asportare senza alcun danno alla materia. Sono stati testati laser di tipo Nd:YAG a lunghezza d'onda di 1064 nm nella modalità d'impulso LQS (100 ns) ad 1 e 3 treni dell'impulso, e laser Er:YAG a lunghezza d'onda di 2940 nm nella modalità della durata dell'impulso Very Short (150 e 250 µs) e Short (450 µs). La rimozione della ridipintura è avvenuta successivamente sfruttando il laser Nd:YAG, LQS a 130 mJ con un filtro di riduzione dell'energia del 75% per ottenere una dimensione del diametro dello spot di 2-2,5 mm fuori fuoco a bassa fluensa. Lo strumento laser ha consentito di lavorare con una rimozione assai graduale per spessori successivi, in modo da poter assottigliare spessore per spessore lo strato bluastrato aggiunto (composti proteici e resina terpenica), recuperando, ove erano sopravvissuti, gli strati di doratura sottostante: anche questi non omogenei e sovrapposti in due livelli, uno originale più antico e uno successivo, anch'esso antico ma risalente a un intervento di rifacimento.

LASER CLEANING OF ARCHAEOLOGICAL ROMAN GLASS

María Cruz Medina¹, Joaquín Barrio², Ana Isabel Pardo³, Inmaculada Donate⁴

¹*Conservator, Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Filosofía y Letras, módulo X, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid, +34914976904, maricruz.medina@uam.es*

²*Professor in Archaeology and Conservation, Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid, +34914976703, joaquin.barrio@uam.es;*

³*Laboratory technician, Laboratorio de Prehistoria y Arqueología Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid, +34914976905, anaisabel.pardo@uam.es*

⁴*Master Degree Student, Scuola di Scienze Università di Bologna, Via Guaccimanni 42, 48121, Ravenna, inmaculada.donate@studio.unibo.it*

Abstract

The aim of this paper is to present the results of laser cleaning on a Roman glass bowl as part of its conservation treatment. The object of study is a bowl of glass which was excavated from the Roman necropolis of Sisapo (Ciudad Real, Spain) and dated in the Late Antiquity. Its state of conservation was very poor due to the devitrification processes that made the structure extremely fragile and hence the bowl was fragmented into many pieces. The surface was covered with a dense layer of soil deposits and corrosion products that had already penetrated into the external sheets of the damaged glass. Moreover, this crust had been hardened through the consolidation treatment -which was necessary to extract the bowl from the site- increasing therefore the difficulty for its cleaning. The weakness of the glass required an instrument capable of removing the deposits, without putting pressure on the structure or scratching the surface. For that reason we tested the cleaning effects of two Nd:YAG laser devices (λ :1064nm): Short Free Running and Long Q-Switched with different fluences to achieve a good working methodology. The effects were very positive especially working with LQS-regime, because the dark layer of deposits absorbed more the laser radiation and it ejected without harming the glass core: as soon as the beam reached the clean layers, the ejection would stop.

To characterize and compare the layer of dirt with the cleaned glass surface we analyzed both regions with a scanning electron microscopy (SEM) and the energy-dispersive X-ray spectrometer (EDX) that verified the absence of soil deposits on the clean surface. In addition, the high-magnification images showed the absence of scratches or any kinds of marks after the laser treatment.

TAGLI E TOPPE: L'AUSILIO DEL LASER PER IL RISANAMENTO DI UN SUPPORTO TESSILE

Ilaria Negri¹, Francesca Zenucchini², Tiziana Cavaleri³, Anna Piccirillo⁴

¹*Dott.ssa in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, Università degli Studi di Torino, via Marconi 19, 10013, Borgofranco d'Ivrea, 3405295853, ilaria.cornelia.negri@gmail.com*

²*Docente restauratore, Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale, via XX Settembre 18, 10078, Venaria Reale (TO), 0114993000, francesca.zenucchini@centrorestaurovenaria.it*

³*Borsista ASP presso Laboratori Scientifici del Centro Conservazione e Restauro La Venaria Reale, via XX Settembre 18, 10078, Venaria Reale (TO), 0114993024, tiziana.cavaleri@centrorestaurovenaria.it*

⁴*Assegnista di ricerca, Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Torino, Via Pietro Giuria 7, 10125, Torino, 0114993024, anna.piccirillo@gmail.com*

Abstract

Il presente contributo è tratto da un lavoro di tesi magistrale in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, svolto presso l'Università degli Studi di Torino (a.a. 2012-2013) in convenzione con il Centro Conservazione e Restauro *La Venaria Reale*. L'oggetto dello studio è il dipinto seicentesco a olio su tela "Madonna con Bambino e santa Cristina", attribuito al pittore caravaggesco romano Antiveduto Gramatica e conservato nella cappella dell'appartamento di Vittorio Emanuele II del castello di Moncalieri (To).

L'opera soffriva della presenza di tre ingenti tagli a carico del supporto tessile, che in passato furono più volte risanati con toppe applicate mediante l'impiego di collanti eterogenei, quali adesivi di natura proteica e polisaccaridica ed una mestica resinosa. La rimozione delle toppe era dettata dalla necessità di eliminare le deformazioni del supporto da esse provocate, e di procedere ad un più funzionale risanamento dei tagli. La volontà di operare nell'ottica del minimo intervento ha portato ad una puntuale pulitura laser del supporto nelle sole aree dove è avvenuta l'asportazione delle toppe. Tale materiale saturava completamente l'armatura della tela, esponendola in tali punti ad una differente sensibilità nei confronti delle variazioni termogrometriche; questa situazione, inoltre, impediva l'agevole saldatura testa a testa dei filati. Lungo le lacerazioni la pulitura laser si è dimostrata particolarmente efficace per la possibilità di liberare i singoli filati, operando anche dal fronte del dipinto.

Prima di procedere ad un'adeguata e puntuale rimozione laser di tali adesivi, si è scelto di confrontarla con tecniche tradizionali come la rimozione meccanica a bisturi ed impacchi con gel di Agar. Tali metodi sono risultati inefficaci ed invasivi, come documentato dalle immagini al videomicroscopio. La scelta della strumentazione è ricaduta su un laser Nd:Yag 1064 nm in modalità Q-Switched, la cui efficacia nell'ambito della pulitura del verso dei dipinti è ampiamente riportata in letteratura. L'estrema sottigliezza degli strati preparatori del dipinto ha imposto di adottare una serie di accorgimenti per evitare l'interazione fra l'impulso laser e gli strati pittorici, caratterizzati anche da biacca e cinabro. Le fluenze di irraggiamento sono state il frutto di una duplice calibrazione, in relazione alla resistenza del materiale da rimuovere e rispetto alla sensibilità dei pigmenti della pellicola pittorica.

L'IMPIEGO DELLA TECNOLOGIA LASER PER LA PULITURA DEI SUPPORTI LIGNEI NEL LABORATORIO RESTAURO DIPINTI E MANUFATTI LIGNEI DEI MUSEI VATICANI

M^o Maria Ludmila Pustka¹, Massimo Alesi²

¹Capo Restauratore Laboratorio Restauro Dipinti e Manufatti Lignei, Musei Vaticani, 00120, Stato della Città del Vaticano, 0669882452, marialudmila.pustka@scv.va

²Restauratore dei supporti lignei, Musei Vaticani, 00120, Stato della Città del Vaticano, 0669882452, marialudmila.pustka@scv.va

Abstract

Il Laboratorio Restauro Dipinti e Manufatti Lignei in collaborazione con il Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione ed il Restauro, ha condotto una significativa campagna di sperimentazione con tecnologie Laser sul verso dei dipinti su tavola.

La *Visione di Sant'Ildefonso*, opera di area Ispano-Fiamminga databile all'incirca alla fine del XV secolo, è stata oggetto di un'importante intervento laser mirato alla rimozione di sostanze deteriorate impiegate come consolidante del supporto ligneo; questa metodologia ha reso possibile il trattamento di supporti estremamente fragili senza il contatto diretto con la superficie. La rimozione, nell'area irradiata dal fascio Laser, avviene in maniera selettiva e controllata interessando spessori di pochi micron per impulso.

La prima fase di sperimentazione è avvenuta con Laser Short Free Running la cui azione ablativa è essenzialmente foto termica. La radiazione laser infatti, dopo essere stata assorbita, provoca un aumento della temperatura e della pressione all'interno del materiale da rimuovere con successiva espansione di gas per espulsione di microframmenti di materiale.

Con tale laser sono state eseguite diverse prove variando la fluena dell'irraggiamento da un minimo di 7 Joule per cm² ad un massimo di 9.5 J/cm², in una fase successiva si è proceduto a bagnare la superficie da trattare sia preliminarmente che durante il trattamento.

Visti i buoni risultati ottenuti abbinando l'irraggiamento laser alla bagnatura della superficie con acqua e alcool, per rendere minimo il quantitativo di liquidi, si è deciso di procedere con impacchi di Gellano Kelcogel a diverse concentrazioni (5% e 3%). I risultati più apprezzabili sono stati ottenuti proprio con l'irraggiamento attraverso il gel con valori di fluena compresi tra i 7.9 e 9.5 Joule/cm².

La seconda fase di sperimentazione ha visto l'impiego del laser Q-Switchede ad impulso corto della durata di circa 8 ns con valori di fluena compresi tra 1.4 e 5.9 Joule/cm² con risultati migliori rispetto alla I fase.

Ciò determina infatti un'azione fotomeccanica nella quale la maggior quantità di calore trasferita al materiale viene allontanata con la porzione di materiale eliminato, fornendo così buoni risultati in tempi più brevi rispetto al Short Free Running utilizzato precedentemente senza inoltre ricorrere all'impiego dell'acqua.

Per ridurre ulteriormente l'umidità presente nel supporto, sono state eseguite prove con impacchi di Laponite Rd.

IL RESTAURO DEL CROCIFISSO LIGNEO DI S. MARIA DELL'ANIMA E LA RISCOPERTA DELLA POLICROMIA ORIGINALE

Daniela Storti¹, Valeria Merlini², Mariarosaria Di Napoli³

¹ Restauratrice, Daniela Storti, Via della Farnesina n. 179, 00135, Roma, 3383657002, dstorti@hotmail.com

² Restauratrice, Valeria Merlini, Via Dandolo n.37, 00153, Roma, 3332208337, v.merlini@tin.it

³ Restauratrice, Mariarosaria Di Napoli, Via G. C. della Staffa n. 86, 00124, Roma, mariarosariadinapoli@virgilio.it

Abstract

L'intervento di restauro del Crocifisso ligneo è stato effettuato in *loco* evitando la rimozione dell'opera dalla sua sede attuale, per non alterare il delicato equilibrio del sistema di ancoraggio al muro retrostante. La scultura, realizzata da Giovanni Battista Montano nel 1584 per la Chiesa di Santa Maria dell'Anima, presentava uno stato conservativo vistosamente compromesso, evidenziato da un anomalo sollevamento "bulliforme" della pellicola pittorica. Il danno, determinato probabilmente dalla prossimità con una fonte di calore anomala, ha comportato la formazione di bolle concentrate lungo l'asse verticale, alcune delle quali, per la progressiva perdita di adesione degli strati della preparazione sottostante, sono implose, assumendo l'aspetto dei micro crateri. Proprio l'osservazione microscopica dei margini di queste piccole cavità, confortata successivamente dalle indagini stratigrafiche, ha mostrato l'inconfutabile presenza di una policromia originale posta al disotto della consistente patina bituminosa che conferiva alla scultura lignea l'aspetto di un'opera in bronzo. Questa patina di difficile datazione è probabilmente legata ad un cambiamento del gusto ed è, dal punto di vista stratigrafico contemporanea all'ultima doratura del perizoma.

Dopo la rimozione dei depositi incoerenti ed una preventiva disinfestazione sono stati eseguiti, con l'ausilio di miscele solventi, una serie di saggi di pulitura che hanno evidenziato la presenza di tre strati di vernice bituminosa sovrapposti ad una ridipintura rosata, stesa a sua volta sulla pellicola pittorica originale. Solo in seguito ai risultati di questi test si è optato l'impiego di un dispositivo laser, che ha rappresentato una valida alternativa alle tecniche tradizionali, risultate in questo caso specifico poco selettive. Infatti, soprattutto i sollevamenti "bulliforme", ammorbidendosi a contatto con i solventi, rischiavano di frantumarsi. La pulitura laser, che si attua attraverso un processo fotomeccanico ha invece consentito di rimuovere le sovrapposizioni, nel rispetto dell'integrità della superficie originale, senza esercitare azioni meccaniche ed attriti dannosi data la precarietà dello stato conservativo. L'impiego del raggio laser ha permesso di seguire tutte le irregolarità della superficie, consentendo di ottenere un livello di pulitura uniforme anche nelle zone più impervie e delicate, grazie alla ponderata calibrazione della lunghezza e della frequenza dell'impulso. I dispositivi utilizzati sono stati in una prima fase il laser prototipale EOS Vario e successivamente il laser Eos 1000 LQS. La lunghezza dell'impulso non convenzionale (100 ns ca.) è risultata fondamentale per ottimizzare il risultato. Un impulso più lungo avrebbe comportato rischi termici per l'originario pigmento, impulsi troppo brevi (QS) avrebbero compromesso la fragilità della pellicola pittorica. In seguito, il consolidamento dei sollevamenti della pellicola pittorica è stato ottenuto mediante infiltrazioni di emulsione microacrilica e i dislivelli della superficie ridotti attraverso l'impiego di piccoli rulli appositamente realizzati, in modo da assecondare l'irregolarità della superficie. Le stuccature delle lacune sono state eseguite con l'impiego di gesso di Bologna e colla di coniglio e successivamente reintegrate ad acquerello con la tecnica del tratteggio a selezione cromatica.

IL RESTAURO DELLA BRIGANTINA DI MONDRAGONE (CE). LA PULITURA DI UN REPERTO POLIMATERICO CON AUSILIO DEL LASER

Marianna Musella¹

¹*Direttore Laboratorio di restauro, Museo Civico Archeologico 'Biagio Greco' di Mondragone (CE), musellamarianna@hotmail.it*

Abstract

L'armatura brigantina rinvenuta nell'anno 2008 nel sito medievale *Rocca Montis Dragonis* (Mondragone – CE), è un reperto che è possibile caratterizzare come un manufatto polimaterico per la presenza di differenti materiali (metallo, cuoio, tessuto). Tale particolarità ha evidenziato la necessità di intervenire sulle fasi di alterazione e degradazione con ausilio del laser. Nell'anno 2010 è cominciato un lungo intervento di restauro al fine di garantire la conservazione del manufatto e la sua esposizione per la fruizione: l'operazione è stata realizzata grazie al finanziamento congiunto del Comune di Mondragone (CE) e della Regione Campania – Settore Musei; l'intervento e le analisi SEM e EDS sono state effettuate dal Laboratorio di Microscopia Elettronica a Scansione e trasmissione (LaMEST) dell'Istituto di Chimica e Tecnologia dei Polimeri (ICTP) e dell'Istituto per i Materiali Compositi e Biomedici (IMCB) del Dipartimento di Progettazione Molecolare del Consiglio Nazionale delle Ricerche (DPM-CNR) di Pozzuoli in collaborazione con la Direzione scientifica del Museo Civico Archeologico 'Biagio Greco' di Mondragone ed il Laboratorio di Conservazione e Restauro dello stesso Museo.

Il lavoro diagnostico (analisi SEM ed EDX effettuate utilizzando un microscopio elettronico a scansione FEI Quanta 200 FEG SEM equipaggiato con sistema EDX Oxford Inca Energy Sistem 250 e un detector Inca-X-act LN₂-free) ha permesso di monitorare alcuni frammenti prima e dopo l'intervento di pulitura per verificare lo stato di conservazione dei materiali costituenti. Le operazioni di restauro sono state svolte nel Museo di Mondragone ed hanno previsto un lavoro di pulitura laser su tutte le placche (in numero di 452) della brigantina.

L'operazione di restauro è stata effettuata utilizzando il laser sistema Nd:YAG che opera nel vicino infrarosso a 1064 nm, con emissione in modalità Q-Switched (durata dell'impulso di 5-8 ns) energia per impulso massima di 1J e una velocità massima di ripetizione di 20 impulsi al secondo. Il diametro del raggio laser alla fonte è stato di 10 mm, con una divergenza di 0,5 mrad (angolo pieno, FWHM). L'intervento di pulitura per irraggiamento, che ha permesso di preservare le caratteristiche morfologiche del tessuto mineralizzato aderente alle placche metalliche, è stato sviluppato fotoablando la superficie con radiazione laser ad energia d'impulso di 200 mJ e una frequenza variabile tra i 15 e i 16 Hz per le zone metalliche e 13 Hz per gli elementi in tessuto e cuoio. Le impostazioni succitate sono state utilizzate per la pulitura di tutti i frammenti, aumentando dove necessario ed in modo localizzato la frequenza degli impulsi (principalmente sulle concrezioni di natura carbonatica). Tale metodologia di intervento ha in modo evidente e non invasivo, rimosso tutte le aderenze costituite da depositi di interramento; ha inoltre permesso di evidenziare alcune particolarità, come le tracce impresse di unione tra le placche, con distacco netto del tessuto che ha consentito in fase di ricostruzione, di individuare l'andamento dei singoli elementi e la loro collocazione originale. Il risultato ottenuto dalla pulitura è una superficie metallica di colore bruno, omogenea, senza punti di ossidazione o crateri di depositi incoerenti; il tessuto di colore bruno chiaro, che risulta pienamente leggibile nella sua trama ed ordito, anche se a carattere frammentario; il cuoio che, presente in traccia nelle placche che costituivano dei punti di snodo della brigantina, risulta un elemento con una superficie compatta e di spessore evidente.

RIMOZIONE SELETTIVA DI RESINE NATURALI DA DUE DIPINTI SU TELA DI LORENZO LOTTO

Rossana Giardina ¹, Ulderico Santamaria ², Fabio Morresi ³, Francesca Persegati⁴

¹ Restauratrice, Roma, e-mail: roxygiardina@hotmail.com

² Direttore del Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Restauro dei Musei Vaticani, e-mail: grs.musei@scv.va

³ Assistente, Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione e il Restauro dei Musei Vaticani, e-mail: grs.musei@scv.va

⁴ Restauratrice, Laboratorio di Restauro Pitture dei Musei Vaticani, e-mail: persegart@libero.it

Abstract

Il presente contributo ha come oggetto due dipinti olio su tela di Lorenzo Lotto, “La Presentazione di Gesù al Tempio” ed “Il Battesimo di Cristo”, conservati nel Museo della Santa Casa di Loreto. Nello specifico si vuole proporre un caso in cui l’efficacia e le potenzialità di applicazione della tecnica di pulitura laser sono state di ausilio alla risoluzione di un fattore di degrado fortemente penalizzante per la leggibilità dei due dipinti. Le due opere presentavano un similare danneggiamento estetico/conservativo, emerso sulla pellicola pittorica durante la prima fase di pulitura con metodologia tradizionale (chimica). La vernice alterata ed i vecchi ritocchi celavano una diffusione di macchie e schizzi di color bruno, fenomeno esteso a gran parte della superficie dipinta. Ulteriori accurate indagini diagnostiche, quali analisi in Spettrometria Infrarossa microFTR e Pirolisi, hanno rivelato la natura della sostanza attribuibile alla presenza di *oleoresine*; per la loro rimozione si sono selezionati diversi solven-gel, ma il limitato risultato ci ha indotto a testare l’applicabilità dei sistemi di pulitura mediante tecnologia laser. Una prima serie di micro-prove si è concentrata nell’individuazione del sistema laser più idoneo, mettendo a confronto sistemi laser Nd:YAG $\lambda=1064\text{nm}$ in modalità SFR (50-130 μs) e QS (8-10ns) rispettivamente denominati commercialmente Smart Clean II della El.En. Spa di Calenzano (FI) ed ArthLight Laser della Lambda. La metodologia applicativa definitiva è stata scelta solamente dopo una seconda serie di test finalizzati a studiare e selezionare i parametri operativi, a volte schermando la superficie pittorica con gel fluidi o rigidi a PH variato o con l’impiego di diversi filtri, in modo di poter garantire gradualità, selettività e sicurezza nella pulitura, condizioni indispensabili alla tutela delle opere.

LA PULITURA LASER DI VERNICI SINTETICHE SU UNA TAVOLOZZA ACRILICO-VINILICA: RIMOZIONE/RESISTENZA E ALTERAZIONI

Grazia De Cesare¹, Paola Iazurlo¹, Paola Biocca²

¹*Restauratore, Laboratorio di restauro dei materiali dell'arte contemporanea, Istituto Superiore per Conservazione ed il Restauro, 00153, Roma, 066723368
grazia.decesare@beniculturali.it; paola.iazurlo@beniculturali.it*

²*Chimico Borsista, Laboratorio di chimica e prove sui materiali, ISCR, paola.biocca@gmail.com*

Abstract

Le pitture acrilico-viniliche in emulsione costituiscono una grande parte della produzione artistica della II metà del Novecento. In caso di restauri finalizzati alla rimozione di ritocchi o vernici alterate, la sensibilità di questi film pittorici alla maggior parte dei solventi organici lascia irrisolti problemi di reversibilità, non consentendo una pulitura selettiva.

Nel presente lavoro si è cercato di valutare la fattibilità di una pulitura laser per verificare il livello di soglia di rischio e di ablazione dei colori acrilico-vinilici e la possibilità di rimuovere le vernici senza danneggiare il colore sottostante. Allo scopo è stata realizzata una tavolozza di 11 colori con legante vinilico della Polycolor; una porzione dei campioni è stata verniciata con prodotto idrocarburico Regarlez 1094 e vernice da ritocco acrilica della Lefranc et Bourgeois. La letteratura riporta migliori risultati con l'applicazione di laser nella lunghezza d'onda dell'UV ad alta rapidità d'impulso (Nd:YAG 355 nm da 20ns a 150 ps, o KFr Eccimeri 248 nm da 30ns), di difficile reperibilità sul mercato.

I campioni sono stati sottoposti pertanto a diversi tipi di irraggiamento nella lunghezza d'onda dell'infrarosso, maggiormente in uso, con laser a Nd:YAG (1064 nm) nelle diverse modalità: FR da 60-120 μ s, LQS da 100 ns, QS da 6-8 ns e ad Erblio 2940 nm, variando in tutti i casi la fluenza.

L'azione ablativa dello strumento è stata effettuata con prove ad un solo impulso, e per i colori a migliore resistenza a frequenze maggiori (3-5Hz), osservando i risultati macroscopicamente e microscopicamente in luce naturale diffusa, radente e UV.

Dalle prove si è evidenziato che il laser ad Erblio non ha prodotto risultati, mentre i laser in LQS e QS hanno dato esiti variabili in funzione dei colori considerati. Si constata che anche nell'asportazione della vernice è influente lo strato sottostante, risultando questa possibile sulle tonalità più scure. Su alcuni colori a base di biossido di titanio, bianco di zinco e giallo limone (hansa, organico di sintesi) con un solo impulso a bassa fluenza ($F= 1,5-3- 4,5 \text{ J/cm}^2$) si resta sotto la soglia di rischio ma senza asportazione della vernice; a più alta fluenza ($F= 8,5- 16,98- 25,48 \text{ J/cm}^2$) si determina annerimento ed abrasione del colore. Sul rosso brillante (naftolo organico di sintesi), blu oltremare e verde ftalo si ottiene direttamente la rimozione del colore ad alta fluenza senza selezione della vernice, mentre a bassa fluenza non ci sono risultati apprezzabili. Il blu di ftalocianina ed il verde ossido di cromo a bassa fluenza non mostrano né alterazione né rimozione della vernice, mentre ad alta fluenza in LQS si verifica la rimozione della vernice, per il solo verde. Sul nero carbone, terra di Siena bruciata e terra d'ombra bruciata si sono ottenuti migliori risultati nell'asportazione della sola vernice; ulteriori prove hanno permesso di selezionare i parametri ottimali con la minore fluenza possibile.

Le prove effettuate hanno confermato l'inapplicabilità del laser ad IR per la maggior parte dei colori testati.

**RIMOZIONE CONTROLLATA DI RIDIPINTURE A OLIO
DA DIPINTI SU TELA DEL XX SECOLO MEDIANTE ABLAZIONE CON LASER
Nd:YAG (1064 nm) LQS**

Daniele Ciofini¹, Iacopo Osticioli¹, Alessandro Pavia², Salvatore Siano¹

¹ Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" Consiglio Nazionale delle Ricerche (IFAC-CNR), Via Madonna del Piano 10, Sesto Fiorentino (FI), 055 5225310, S.Siano@ifac.cnr.it

² Pavia Restauro S.r.l, Rome, Italy

Abstract

La rimozione di ridipinture da dipinti su tela rappresenta un'operazione molto delicata che prevede la scelta di soluzioni drastiche e spesso inefficaci, come ad esempio l'utilizzo libero di solventi polari e/o una moderata azione meccanica. L'intervento risulta ancor più complesso nei casi in cui lo strato indesiderato è costituito da un olio altamente polimerizzato, di spessore consistente (~100µm) adeso ad uno strato pittorico anch'esso caratterizzato da un legante di natura lipidica. Nel presente lavoro, un laser Nd:YAG (1064 nm) LQS è stato utilizzato per la prima volta per la rimozione selettiva di strati di ridipintura a olio incontrati su un dipinto a olio su tela del XX secolo. La caratterizzazione dei materiali costitutivi è stata eseguita mediante analisi stratigrafica, microscopia elettronica ESEM-EDX, spettroscopia Raman e infrarossa (FTIR) prima e dopo i test di ablazione. Sono stati inoltre selezionati una serie di pigmenti rappresentativi, preparati dei provini su tela e su vetro e invecchiati naturalmente per un periodo di circa due anni. Sui medesimi sono state misurate le proprietà ottiche e le soglie di alterazione a 1064 nm. I risultati ottenuti hanno permesso di interpretare le dinamiche del processo di rimozione e allo stesso tempo, di adottare una metodologia operativa in grado di minimizzare potenziali interazioni con il substrato pittorico originale del dipinto. In conclusione, è emerso che mediante possibile rimuove strati di ridipintura a olio sfruttando processi di spallazione a singolo impulso. Nonostante i medesimi non siano risultati auto-terminati, la sperimentazione ha permesso di dimostrare che, adottando le opportune precauzioni, si possa ugualmente operare in sicurezza, prevenendo effetti indesiderati a carico della superficie restituita.

**PROPOSTA DI UN SISTEMA INFORMATIZZATO DI ACQUISIZIONE E
RAFFRONTO DELLE ESPERIENZE RIGUARDO ALL'IMPIEGO DEL LASER SU
MANUFATTI ARTISTICI**

Maria Carolina Gaetani¹, Paolo Scarpitti¹

¹*Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro, Roma*

Abstract

Il gran numero di esperienze di impiego del laser su manufatti artistici, pubblicate sulle principali riviste specializzate, che hanno contribuito non poco alla diffusione di tale tecnologia, non riescono, di fatto, a costituire un reale riferimento per chi opera nel settore. I dati emersi in quantità cospicua dagli studi e dai lavori risultano, infatti, difficilmente confrontabili anche se eseguiti con le medesime strumentazioni.

Pertanto, si ritiene oramai indispensabile un'acquisizione sistematica dei dati fino ad ora documentati, che per avere valore di riferimento è necessario siano raffrontabili secondo precise corrispondenze fra classi di sostanze e valori di energia.

Il seguente lavoro, quindi, si propone un duplice obiettivo: da una parte raccogliere le informazioni relative agli interventi secondo parametri definiti che ne consentono la confrontabilità e, dall'altra, fornire delle indicazioni di riferimento per chi opera su casi reali a fronte delle molteplici variabili che questi pongono.

A tal fine, lo studio si articola in due momenti: la redazione di un protocollo delle condizioni di impiego per una raccolta coerente dei dati e l'organizzazione degli stessi in un data base. Le esperienze di lavoro acquisite vengono riassunte in una scheda che fornisce gli elementi essenziali di caratterizzazione del manufatto e del relativo intervento: la classe del bene, la sua localizzazione e collocazione temporale, i materiali costitutivi (pigmenti, leganti..), la composizione chimico-fisica delle sostanze da rimuovere, le indagini analitiche attraverso cui si è pervenuto alla loro definizione, la tipologia delle strumentazioni utilizzate, i parametri di impiego e i risultati ottenuti.

Si intende il data base come uno strumento in progress, da implementare con le diverse esperienze di chi opera nel settore e aperto alla fruizione da parte degli organismi istituzionali.

APPLICAZIONI LASER SU SPUGNA MARINA: LE *SCULPTURES-ÉPONGE* DI YVES KLEIN

Romina Rezza¹, Anna Brunetto², Paola Buscaglia³, Oscar Chiantore⁴, Tommaso Poli⁵, Antonio Rava⁶,
Maria Teresa Roberto⁷, Francesca Zenucchini³

¹Restauratrice, libera professionista, Via Fratelli Rosselli 58, 13043 Cigliano (Vercelli), +39 347 1364096, romina.rezza@gmail.com

²Restauratrice, Restauri Brunetto di Brunetto Anna, strada del Tormeno 63, 36100 Vicenza, +39 348 2627212, annalaser@alice.it

³Restauratrici, Centro Conservazione e Restauro "La Venaria Reale", Via XX Settembre 18, 10078 Venaria Reale (Torino), 011 4993056

paola.buscaglia@centrorestaurovenaria.it francesca.zenucchini@centrorestaurovenaria.it

⁴Docente universitario, Università degli Studi di Torino, Facoltà di Chimica, via Pietro Giuria 7, 10125 Torino, 011 6707558, oscar.chiantore@unito.it

⁵Chimico, Centro Conservazione e Restauro "La Venaria Reale", Via XX Settembre 18, 10078 Venaria Reale (Torino), 011 4993016-17, tommaso.poli@centrorestaurovenaria.it

⁶Restauratore, Rava & C., Via dei Mille 33, 10123 Torino, 011 8193739, ravaec@ipsnet.it

⁷Docente universitario, Università degli Studi di Torino, Accademia Albertina di Belle Arti, Via Accademia Albertina 6, 10123 Torino, mroberto@tiscali.it

Abstract

Il presente lavoro riguarda le *Sculptures-Éponge* di Yves Klein, opere realizzate tra il 1957 e il 1962, costituite da spugne marine naturali montate su piedistallo e impregnate di International Klein Blue, un colore inventato e brevettato dall'artista a base di Blu Oltremare artificiale e Polivinilacetato. La tendenza alla decoesione della pellicola pittorica, caratteristica intrinseca delle opere di Klein, e la presenza di un supporto di natura organica particolarmente poroso e sconosciuto in letteratura, hanno costituito il punto di partenza di una ricerca volta a elaborare una metodologia di intervento applicabile alle *Sculptures-Éponge* interessate da depositi di sporco.

Ai fini dell'attività sperimentale, sono stati realizzati in laboratorio provini con proprietà identiche a quelle originali, da sottoporre a un ciclo di invecchiamento artificiale per verificare l'esistenza di fenomeni di degrado a carico dei materiali costitutivi, su cui condurre i test di pulitura. Nel dettaglio, la rimozione dalla superficie dei provini di due tipologie di sostanze sovrammesse, entrambe di natura organica di cui una più coerente e aderente al substrato, ha previsto l'utilizzo della strumentazione laser. Tale scelta operativa è stata il risultato della valutazione di alcuni importanti aspetti quali, in particolare, la già citata tendenza alla decoesione della pellicola pittorica e le indicazioni fornite dallo stesso Klein in un documento autografo, dove esorta a rimuovere lo sporco depositato evitando ogni tipo di contatto con la superficie dipinta; ciò ha fatto ritenere inadeguati i sistemi di pulitura più o meno tradizionali, basati sull'applicazione di sostanze chimiche libere o addensate o sull'utilizzo di gomme e spugne non abrasive. Sono stati testati tre tipi di laser a Nd:YAG di lunghezza d'onda a 1064 nm caratterizzati da diverse durate di emissione dell'impulso in SFR (60-120 μ s), LQS (60-120 ns) e QS (8 ns) sui provini realizzati con le spugne marine impregnate di IKB e su vetri da laboratorio sui quali è stato steso a pennello lo stesso colore; la non interferenza con la pellicola pittorica e l'efficacia della radiazione laser nella rimozione dei depositi di sporco più o meno aderente e coerente sono state monitorate attraverso un microscopio SEM-EDX e uno stereomicroscopio. I test di pulitura condotti con il laser SFR non hanno restituito risultati soddisfacenti, sia sulle spugne che sui vetri. Il laser con modalità di emissione dell'impulso LQS ha permesso di ottenere risultati positivi solo sulle spugne, mentre lo strumento con modalità di emissione Q-Switching si è dimostrato efficace su entrambe le tipologie di supporto. Il puntuale confronto dei risultati osservati in seguito ai test di pulitura ha quindi evidenziato una metodologia di intervento risolutiva, la quale è stata applicata per la rimozione di depositi di polveri e particellato atmosferico presenti su una Spugna blu custodita presso i depositi della Galleria di Arte Moderna di Torino.

SPERIMENTAZIONE SULL'USO DEL LASER PER LA PULITURA DELLE PIUME PRESENTI NELLA COLLEZIONE ETNOLOGICA DEI MUSEI VATICANI

Stefania Pandozy¹, Catherine Rivière², Martina Brunori², Federica Nepote³, Alice Rivalta⁴, Ulderico Santamaria⁵, Fulvio Fraticelli⁶, Anna Brunetto⁷

¹ *Responsabile Laboratorio Polimaterico, Musei Vaticani, Viale Vaticano, 00120 Città del Vaticano - stefania.pandozy@scv.va*

² *Conservazione e restauro, Laboratorio Polimaterico, Musei Vaticani, Viale Vaticano, 00120 Città del Vaticano cathyriviere@rocketmail.com, martinori@hotmail.it,*

³ *Restauratore-conservatore, Torino; federicanepote@hotmail.com*

⁴ *Restauratore-conservatore, Roma; alice.rivalta@gmail.com*

⁵ *Direttore L. D. C. R., Musei Vaticani, Viale Vaticano, 00120 Città del Vaticano - grs.musei@scv.va*

⁶ *Direttore scientifico della Fondazione Bioparco di Roma - fulvio.fraticelli@bioparco.it*

⁷ *Restauri Brunetto di Brunetto Anna, Vicenza - annalaser@alice.it*

Abstract

Il Laboratorio di Restauro Polimaterico si occupa da più di dieci anni della conservazione e del restauro delle collezioni etnologiche dei Musei Vaticani, prendendosi cura di più di centomila opere provenienti da ogni parte del mondo, realizzate con un'ampia tipologia di materiali, organici e inorganici, spesso compresenti nello stesso manufatto.

Tra i materiali più delicati e complessi che compongono le collezioni si annovera la plumaria, largamente utilizzata nella realizzazione di attributi di potere, religiosi e tribali, così come nella produzione di ornamenti ed indumenti. Questa grande varietà di utilizzo è dovuta alle strabilianti caratteristiche estetiche di piume e penne, e ai loro innumerevoli valori simbolici che ne promuovono da sempre gli utilizzi più disparati da parte delle comunità indigene. Le diverse tecniche di lavorazione della piuma stessa e le varie modalità di assemblaggio per la realizzazione del manufatto, insieme alle possibili interazioni con l'eterogeneità di materiali con cui viene abbinata, pongono al restauratore diversi problemi di ordine conservativo.

Negli interventi di conservazione e restauro di questo materiale, la pulitura è tra le fasi più delicate. L'organizzazione fisica dei vari elementi che compongono piume e penne si sviluppa in una struttura fragile e molto complessa che rende difficile l'asportazione di particellato o di elementi non pertinenti.

I metodi di pulitura tradizionali – meccanico e chimico – non offrono sempre risultati soddisfacenti. La presente sperimentazione è un primo passo per una valutazione dell'applicabilità della tecnologia laser per la pulitura su una casistica selezionata di penne e pigmenti.

Sono state raccolte, al fine di preparare una serie di campioni tipo, le penne dei seguenti uccelli: *Eudocimus ruber* (Threskiornithidae), *Phoenicopterus roseus* (Phoenicopteridae), *Buteo buteo* (Accipitridae), *Pavo cristatus* (Phasianidae), *Cacatua moluccensis* (Cacatuidae), *Psittacula krameri* e *Ara ararauna* (Psittacidae), *Turaco livingstonii* (Musophagidae) e *Bubo bubo* (Strigidae) scelte in seguito allo studio delle tipologie di pigmentazione delle piume presenti nella collezione Etnologica. Sono state utilizzate penne la cui colorazione era data sia dalla melanina che dai carotenoidi, i principali componenti che conferiscono colore alle penne; tuttavia, nell'ambito della ricerca è stato valutato l'effetto del metodo di pulitura laser anche su pigmenti meno comuni, e nello specifico, porfirine, turacina, turacoverdina e psittacofulvine.

Il protocollo di sperimentazione, definito con la direzione scientifica del Laboratorio di Diagnostica per la Conservazione ed il Restauro, ha previsto:

- la definizione e l'acquisizione dei campioni attraverso la consulenza dell'ornitologo;
- una fase preliminare di analisi e documentazione dei campioni;
- l'osservazione dei campioni allo stereomicroscopio;
 - la scelta tra le varie strumentazioni laser disponibili: Nd:YAG a durate d'impulso in modalità Q-Switch, Long Q-Switch e Short Free Running e lunghezze d'onda di 1064 nm e 532 nm;
- la determinazione della soglia di danno sui campioni tipo;
- la caratterizzazione del tipo di deposito incoerente da rimuovere;
- la preparazione dei campioni in base al deposito incoerente da rimuovere;
- il trattamento dei campioni con la tecnologia laser a secco e in umido;
- la valutazione dei risultati con confronto delle osservazioni preliminari e finali.

Ad oggi la bibliografia di riferimento sulla pulitura laser della plumaria è costituita da un esiguo numero di sperimentazioni e casi studio sull'utilizzo del laser su penne bianche e rosse. Studi che si pongono come spunti interessanti per ulteriori ricerche. Vista l'eterogeneità delle piume presenti nelle collezioni etnologiche dei Musei Vaticani si presenta la sperimentazione che ha l'intento di costituire un primo strumento di valutazione dell'interazione del laser con il maggiore numero di tipologie di colorazioni.