



La diagnostica Materiale lapideo, malte, morfologie di degrado

Diego Cauzzi

—Soprintendenza per il Patrimonio Storico Artistico ed Etnoantropologico per le province di Bologna, Ferrara, Forlì-Cesena, Ravenna, Rimini

Gian Carlo Grillini

—Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, sede di Ravenna, Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Lorenzo Lazzarini

—Università IUAV di Venezia, Laboratorio Analisi dei Materiali Antichi

A

analisi mineralogico-petrografiche sul marmo

Tra le numerose indagini preliminari alla stesura di un progetto di intervento conservativo, vanno incluse, come è noto, le analisi di laboratorio finalizzate ad una approfondita conoscenza della storia materiale dell'opera d'arte. Lo studio analitico-conoscitivo di tipo mineralogico-petrografico, eseguito nell'ambito dei lavori di restauro alla lastra di Guidarello è stato anche occasione per acquisire indicazioni sullo stato di degrado dell'opera, utili a

un corretto intervento conservativo. In particolare si è potuto caratterizzare scientificamente il materiale impiegato, specificando l'area geologica e geografica di probabile provenienza.

Nel corso dei sopralluoghi preliminari all'intervento di restauro, è stato possibile effettuare un accurato esame autoptico del materiale lapideo che, mediante il prelievo di due piccolissimi campioni, rispettivamente dalla zona inferiore destra del cuscino (campione 1) e dal fianco destro del capezzale sotto lo spallaccio (campione 2), è risultato marmo microcristallino.

Le indagini sono state condotte con le metodologie analitiche, usualmente applicate nel campo della conservazione dei materiali lapidei naturali ed artificiali:

- caratterizzazione macroscopica *in situ* e al microscopio stereoscopico per un'analisi qualitativa della struttura, grado di coesione, porosità, tipo di fratturazione, identificazione di particolari minerali accessori, colore;
- analisi mineralogica per diffrazione ai raggi X (XRD) su porzioni macinate in mortaio d'agata, per verificare la composizione mineralogica e la

presenza di minerali non identificabili otticamente;
- analisi mineralogico-petrografica in sezione sottile al microscopio polarizzatore per lo studio delle caratteristiche strutturali e composizionali.
Il materiale con cui è stata realizzata l'opera è un marmo dal colore bianco perlaceo con sporadiche macchie e sottili venature grigio-azzurre costituite da grafite e mineralizzazioni ferrose, quali ossidi e solfuri di ferro, in particolare pirite. Le determinazioni analitiche, eseguite in diffrattometria ai raggi X (rad. $\text{CuK}\alpha$) e in sezione sottile, hanno rilevato che il materiale è un marmo calcitico, nel quale è del tutto assente la dolomite, a tessitura granoblastica-omeoblastica parzialmente eteroblastica, a grana fine (granulometria media dell'ordine di 0,3-0,4 mm.) e con dimensione massima dei cristalli di calcite MGS (Maximum Grain Size) pari a 0,75 mm. La struttura risulta di tipo poligonale con i contatti fra i granuli tendenzialmente diritti, ma in diverse zone anche a golfi, a costituire punti tripli equiangoli a 120° . Quali minerali accessori sono presenti scarsi individui opachi di pirite microcristallina, ossidi di ferro, grafite e quarzo. Nel corso della macinazione in mortaio di una porzione dei campioni, non si è rilevato lo sviluppo di gas solforosi.
L'insieme dei risultati analitici permette di stabilire con una buona probabilità che il marmo della lastra esaminata proviene dal vasto complesso marmifero delle Alpi Apuane e deve pertanto essere identificato come Marmo Lunense, detto anche di Carrara. [GCG - LL]

Note sul marmo di Carrara (*Marmor Lunensis*)

Il marmo che si estrae dalle cave di Carrara è un marmo propriamente detto, cioè una roccia carbonatica metamorfica con struttura saccaroide fine di colore bianco perlaceo, in cui sono spesso presenti piccole macchie e venature grigiastre. Come tutte le rocce metamorfiche è originata da preesistenti rocce (in questo caso calcari sedimentari) che, a seguito di forti pressioni e, o, temperature hanno subito una completa ricristallizzazione allo stato solido e una riorganizzazione della struttura tale da essere trasformate in rocce completamente differenti.

Le cave, sono localizzate nei bacini marmiferi triassici carraresi delle Alpi Apuane (Valli di Colonnata, Miseglia, Torano) e forniscono principalmente sette varietà di marmi: il Bianco, lo Statuario, il Venato, l'Arabescato, il Calacatta, il Bardiglio ed il Cipollino Zebrino².

Sono ormai numerosi i ritrovamenti di cippi funerari etruschi, soprattutto della tipologia detta "a clava" che sono stati ricavati da marmi apuani³. Ciò indica chiaramente che il nostro marmo era noto e apprezzato già in età pre-romana (almeno dal IV sec. a.C.). Recenti indagini archeometriche⁴ indicano poi che una parte di questi cippi era ricavata da affioramenti marmiferi dell'Alta Versilia, ma non è escluso che alcuni possano essere stati ottenuti anche da marmi estratti dalle citate valli poco sopra Carrara.

Le prime notizie storiche sulla coltivazione dei giacimenti di marmo di Car-

rara risalgono però alla metà del I sec. a.C. quando la regione apuana era già da tempo sottomessa alla dominazione romana e un prefetto di Cesare, tale Mamurra, fece arrivare a Roma dei manufatti per decorare la sua casa. La piramide di Caio Cestio è tra i primi monumenti interamente costruiti in marmo da Carrara⁵. Il marmo venne chiamato *Marmor Lunensis* dai romani in quanto il centro estrattivo apuano era sotto la giurisdizione della città di Luna, colonia romana fondata circa un secolo prima e dal cui porto canale sul Magra salpavano alla volta di Roma le *Naves Lapidariae* cariche del prezioso materiale⁶. Il marmo lunense comprendeva tutte le varietà, incluso il Bardiglio, che ebbe una certa fortuna come pietra colorata da impiegare in *opera sectilia*. L'apogeo nell'uso del marmo carrarino venne raggiunto in età augusteo-adrianea, e andò progressivamente scemando dall'epoca antonina in poi, a causa dell'incipiente interrimento del porto canale sul fiume Magra che costringeva a più lunghi trasporti via terra di carichi marmiferi⁷. L'escavazione, se non completamente interrotta, dalla fine del II sec. d.C. ha avuto scarsa rilevanza fino all'XI secolo, in cui venne iniziata la costruzione del duomo di Carrara, il primo edificio medioevale interamente costruito in marmo apuano, impiegato con funzioni sia strutturali che architettonico-plastiche.

I vari tipi di marmi apuani sono stati impiegati nel corso dei secoli nell'ampia gamma delle sue possibili applicazioni: dal semplice ornato alla scultura in tuttotondo o in rilievo, dall'intarsio all'uso strutturale e architettonico, fino all'arredo interno ed esterno. È doveroso ricordare il particolare interesse, in epoca rinascimentale da parte di Michelangelo e poi in età neoclassica di Antonio Canova, per il bianco Statuario, marmo purissimo privo di venature, di eccezionale bianchezza e facilmente lavorabile.

L'uso del marmo carrarino da parte della famiglia dei Lombardo nei monumenti veneziani⁸, è di gran lunga prevalente, assieme al Pavonazzetto toscano. La varietà più usata sembra essere un marmo di tipo quasi Statuario (ora forse identificabile con la varietà commerciale "bianco P") per la scultura, e un Bianco leggermente venato di grigio (ben corrispondente alla tipologia ora venduta col nome di "bianco gioia") per gli elementi architettonici. [GCG - LL]

Analisi chimico-stratigrafiche e mineralogico-petrografiche sulle malte

Nel progetto diagnostico comparato sono state utilizzate anche metodologie di tipo chimico-stratigrafiche e mineralogico-petrografiche, tese allo studio dello stato conservativo e delle principali morfologie di degrado. In una prima fase sono stati individuati i punti di campionamento dove poter prelevare, in modo selettivo, alcuni microframmenti che fossero rappresentativi delle diverse tipologie di materiali presenti sulla superficie⁹: 1. malte applicate in passati interventi di restauro o utilizzate per antichi allestimenti; 2. patine giallastre dovute probabilmente a trattamenti superficiali effettuati nel passato; 3. depositi di colore grigio-nero e macchie rossastre formati a seguito di processi di alterazione.

Nella pagina seguente sono indicati i punti di prelievo dei campioni, descritti ed elencati in questa tabella:

campione	posizione	descrizione
1	cuscino, zona inferiore destra	materiale lapideo con depositi di sporco e patina superficiale di colore giallastro
1M	cuscino, zona inferiore destra	malta giallastra a contatto con il campione 1
2	capezzale, zona fianco sotto spallaccio destro	materiale lapideo con depositi superficiali
3	capezzale, zona fianco in corrispondenza della settima lama (dal fondo) della scarsella destra	malta con patina superficiale di colore giallastro
4	capezzale, zona in piano sotto ginocchiera destra	malta
5	cuscino, zona inferiore sotto mancanza fiocco sinistro	malta con patina giallastra
6	fiocco destro, zona superiore	malta con patina giallastra
7	capezzale, zona in piano in corrispondenza di schiniere destro	malta con macchia rossastra
8	capezzale, zona in piano in corrispondenza di incontro tra schiniere e cubitiera destra	materiale lapideo con macchia rossastra
9	capezzale, zona in piano in corrispondenza del fondo della scarpa destra	malta residua del finto drappo applicato in un antico allestimento
10	capezzale, zona fianco sotto ginocchiera destra	materiale lapideo con depositi di sporco e patina giallastra
11	cubitiera sinistra, zona sotto aletta	pellicola giallastra

Le indagini sono state finalizzate alla caratterizzazione delle malte per definire la composizione mineralogico-petrografica, la granulometria, il rapporto legante/aggregato e per trarre informazioni sulla tecnica di esecuzione. Si è voluto inoltre specificare la natura delle patine giallastre, cercando di chiarire i meccanismi di formazione delle alterazioni superficiali.

Si è scelto di procedere utilizzando diverse metodologie analitiche¹⁰, comunemente adottate nel campo della conservazione dei materiali lapidei naturali ed artificiali: 1. analisi microstratigrafiche su sezione lucida al microscopio ottico in luce riflessa; 2. microanalisi in fluorescenza X accoppiata al microscopio elettronico (SEM - EDS); 3. analisi mediante spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR); 4. esame al microscopio stereoscopico delle malte per un'analisi qualitativa dell'aggregato e del legante, identificazione dei componenti accessori, grado di cementazione; 5. isolamento dell'aggregato per disaggregazione in acqua deionizzata e agli ultrasuoni, per un'analisi granulometrica e mineralogica al microscopio stereoscopico; 6. analisi mineralogica per diffrazione ai raggi X (XRD) su frammenti macinati in

mortaio d'agata sia del campione "tal quale" sia del solo "aggregato sabbioso"; 7. analisi granulometrica mediante setacciatura del campione precedentemente disaggregato, con un numero opportuno di vagli posti su vibratore meccanico. [DC - GCG]

Tipologie delle malte

Le analisi al microscopio stereoscopico, in spettroscopia FTIR e in diffrazione ai raggi X delle diverse malte analizzate, hanno permesso una loro suddivisione in due diverse tipologie:

a - Malte a gesso e calce con aggregato sabbioso (individuate nei campioni 4-6-7). Sono costituite da gesso e calce, quali leganti, e da un aggregato sabbioso di tipo fluviale, con buon arrotondamento dei granuli a composizione mineralogica tendenzialmente quarzosa-feldspatica-carbonatica con mica in tracce. Non si rileva la presenza di particolari additivi, come ad esempio il cocchio pesto. Solo nel campione 6 sono presenti tracce di pezzetti di legno e frustoli carboniosi. L'aggregato sabbioso presenta una granulometria uniforme e tendenzialmente molto fine, con classe modale di massima frequenza di 1/8 di mm., tale da ipotizzare un'accurata setacciatura.

b - Malte a gesso con scarso aggregato gessoso-calcareo (individuate nei campioni 1M-3-5). Si tratta di malte essenzialmente a gesso, quale legante, con un aggregato costituito da scarsi frammenti di gesso selenitico e sericolitico (gesso crudo) e scarsi clasti di pietra calcarea macinata con quarzo in tracce. Non si rileva la presenza di particolari additivi. Solo il campione 5 presentava frammenti di cocchio pesto in tracce. L'aggregato, costituito da scarsi frammenti gessosi e calcarei, presenta una granulometria omogenea e tendenzialmente molto fine di 1/8-1/16 di mm. La malta che costituiva il residuo del finto drappo applicato nell'allestimento ottocentesco (vedi campione 9), presentava uno spessore di 1-2 mm. e la stessa composizione mineralogica della malta sopra descritta tanto da essere inserita nella tipologia b. [DC - GCG]

Alterazioni sul materiale lapideo

Lo stato conservativo della lastra funebre era nel complesso buono. Le principali morfologie di degrado rilevabili sulla superficie lapidea erano costituite da patine giallastre, da depositi nerastri e da macchie di alterazione di colore rossastro:

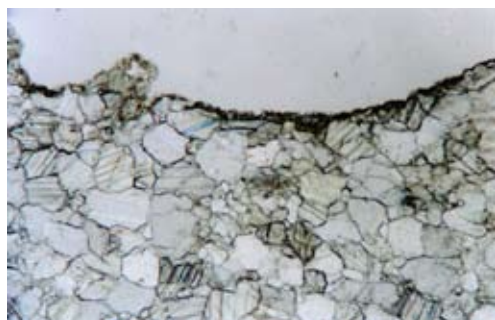
a - Patine giallastre (individuate nei campioni 1-3-5-6-11). La patina di colore giallo traslucido presente in varie zone del monumento lapideo, ben evidente in sezione sottile è stata analizzata mediante spettroscopia FTIR. Lo spettro, che si riporta come esemplificativo di quelli ottenuti dai vari campioni analizzati, è stato ottenuto dall'analisi della componente organica estratta con opportuno solvente (cloruro di metilene). Il tracciato mostra i caratteristici picchi di assorbimento di un materiale lipidico (tipo olio siccato). La formazione di una patina giallastra è quindi da ritenersi come conseguente ad



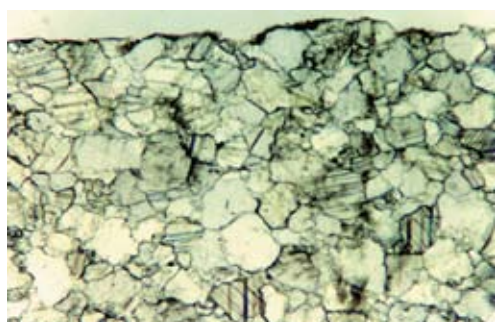
◀ Tullio Lombardo, lastra sepolcrale di Guidarello Guidarelli, 1525
Ravenna, Museo d'Arte della Città.



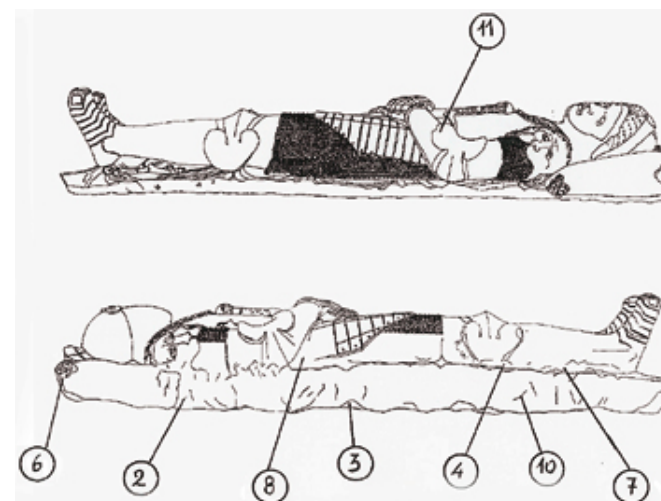
◀ Particolare del volto con mineralizzazioni di pirite.



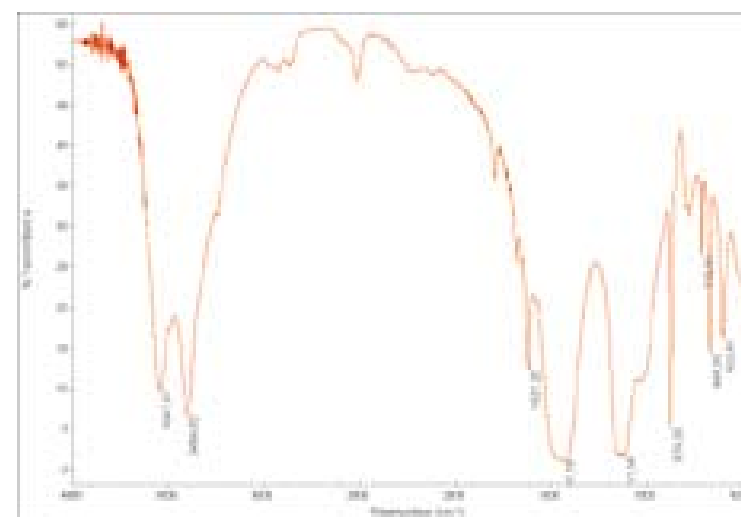
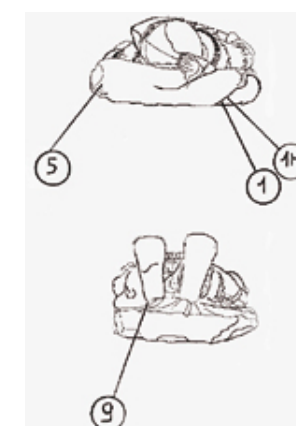
◀ Foto della sezione sottile al microscopio polarizzatore del materiale lapideo: marmo di Carrara (campione 1). Nicol // - Ingr. Originale 25x.



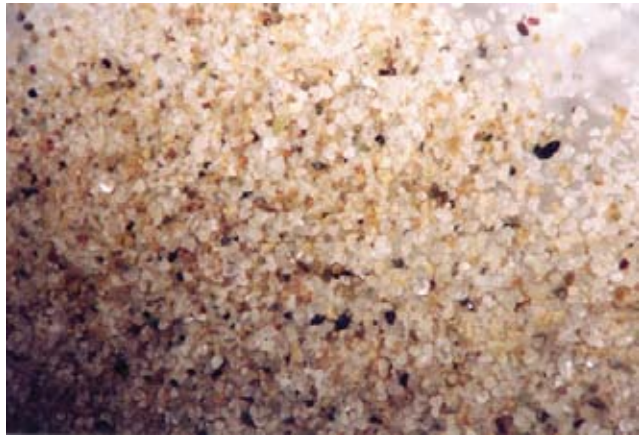
◀ Foto della sezione sottile al microscopio polarizzatore del materiale lapideo: marmo di Carrara (campione 2). Nicol // - Ingr. Originale 25x.



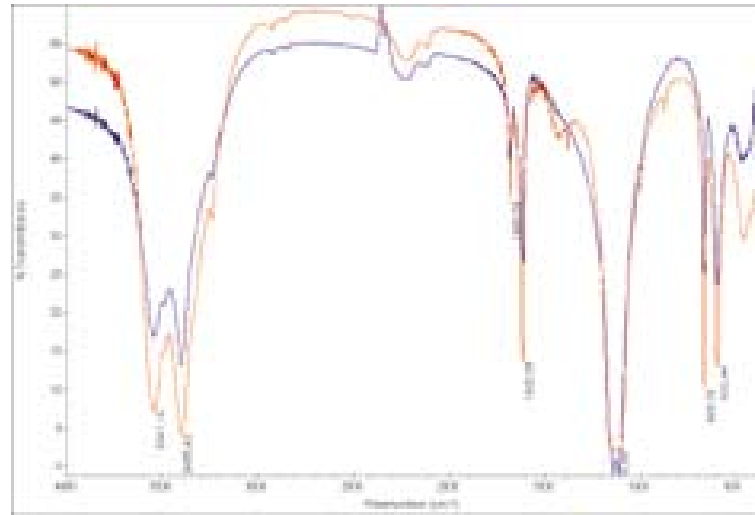
◀ Punti di campionamento



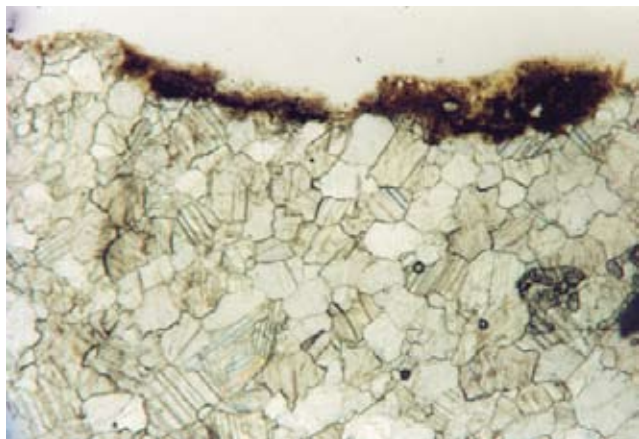
◀ Esempio di spettro FTIR ottenuto da una malta di tipologia a (campione 4), costituito da gesso e calce con presenza di materiale silicatico.



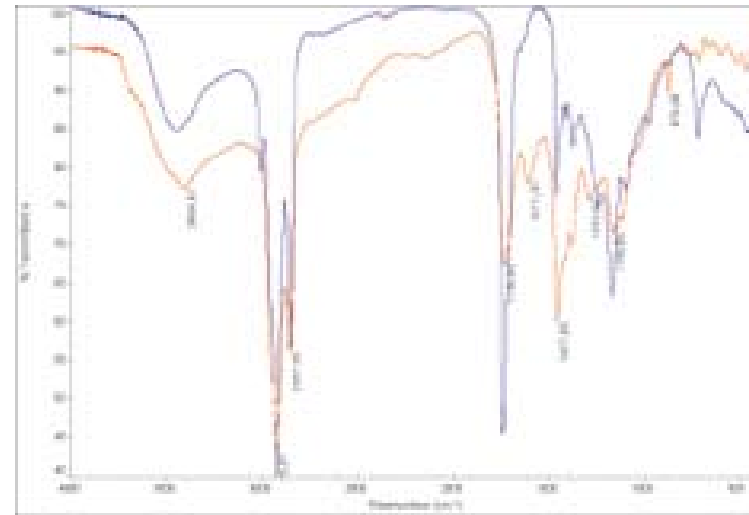
◀ Foto allo stereomicroscopio dell'aggregato sabbioso della malta di tipologia a, dopo disaggregazione (campione 4). Ingr. Originale 10x



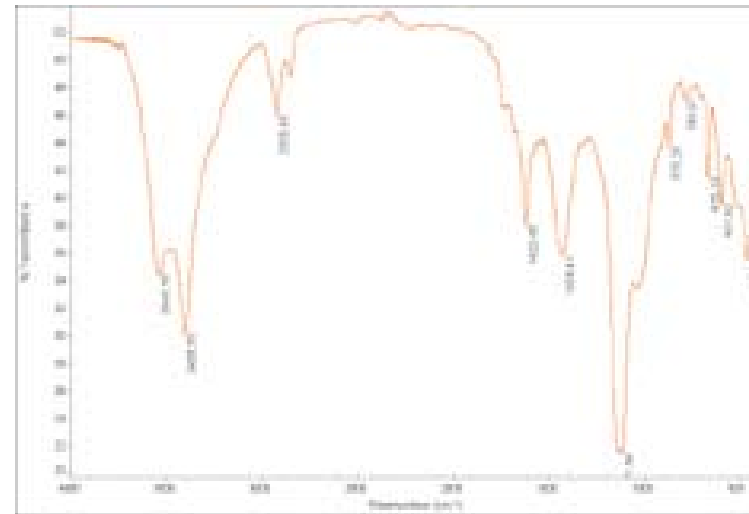
◀ Sovrapposizione di spettri FTIR ottenuti dalla malta di tipologia b (CAMPIONE 3) e da un riferimento di GESSO – CaSO₄



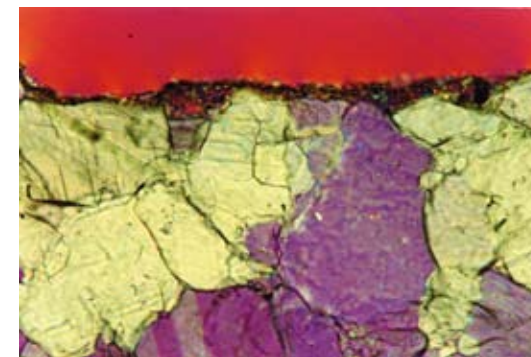
◀ Foto della sezione sottile al microscopio polarizzatore del materiale lapideo con depositi di particolato atmosferico e patina superficiale di colore giallastro (campione 1). Nicol // - Ingr. Originale 25x.



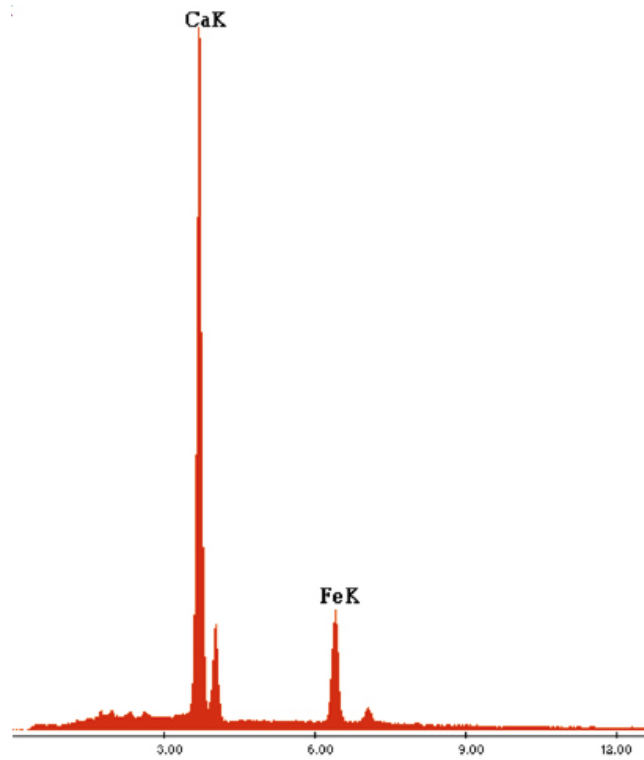
◀ Sovrapposizione di spettri FTIR ottenuti dal CAMPIONE 1 e da un riferimento di OLIO DI LINO POLIMERIZZATO.



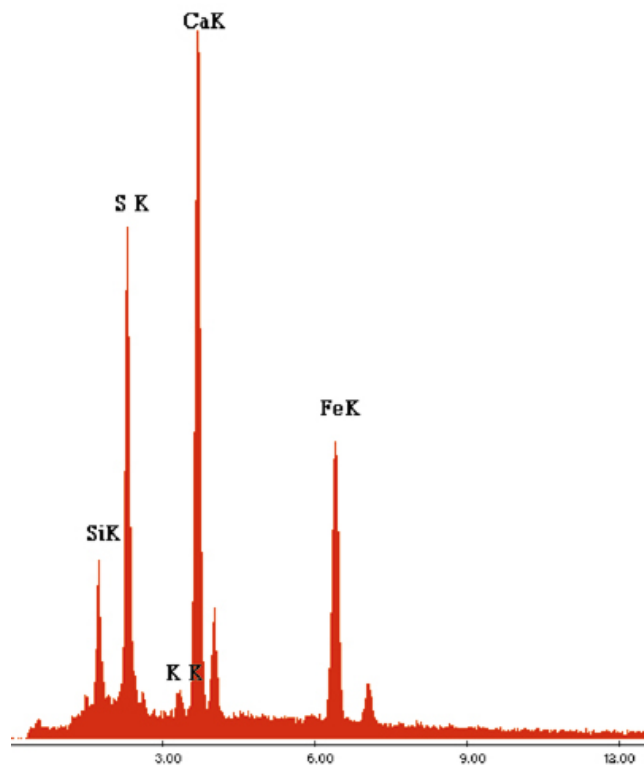
◀ Spettro FTIR ottenuto dalla patina grigio – nera, (campione 1).



◀ Foto della sezione sottile al microscopio polarizzatore del materiale lapideo con depositi di particolato atmosferico (campione 2) Nicol X e Lamina di gesso - Ingr. Originale 50x.



◀ Spettro EDS ottenuto dalla macchia rossa sul materiale lapideo (campione 8).



◀ Spettro EDS ottenuto dalla macchia rossa presente sulla malta gessosa di tipologia a (campione 7).

una precedente operazione di restauro-manutenzione, che ha comportato la stesura di una vernice oleosa. Le analisi mediante diffrazione ai raggi X e fluorescenza X accoppiata al microscopio elettronico (SEM - EDS), hanno rilevato la presenza di scarse quantità di weddellite (ossalato di calcio biidrato).

b - Depositi di colore grigio-nero (individuati nei campioni 2-10). Il materiale di colore grigio-nero presente in diverse aree della statua marmorea ed attribuibile a depositi di sporco, è stato campionato selettivamente sotto osservazione allo stereomicroscopio ed analizzato mediante spettroscopia FTIR, diffattometria ai raggi X e in sezione sottile al microscopio polarizzatore. Le determinazioni analitiche hanno rilevato la presenza di modeste quantità di gesso di ricristallizzazione che ingloba piccoli individui di quarzo e feldspato, attribuibili ai depositi di particolato atmosferico accumulatosi sulla superficie.

c - Macchie di alterazione rossastre (individuate nei campioni 7-8). I campioni prelevati in zone in cui era presente una macchia di colore rossastro sono stati analizzati mediante spettrometria ai raggi X in dispersione di energia (EDS). Gli spettri ottenuti, mostrano chiaramente che la colorazione rossastra è dovuta alla presenza di ossidi ferrosi provenienti dall'alterazione di piccole staffe metalliche posizionate all'esterno della statua. Un campione, sempre con una colorazione rossastra, presentava, oltre agli ossidi ferrosi, elementi quali zolfo e silicio, provenienti dalla malta di stuccatura costituita da gesso e calce con aggregato sabbioso che ricopriva la staffa ossidata. [DC - GCG]

Conclusioni

Lo studio analitico ha fornito informazioni sulle vicende conservative subite dalla scultura nel corso dei secoli. In base ai risultati emersi si può affermare che le malte presenti appartengono a due differenti tipologie, riferibili con ogni probabilità ad altrettanti interventi eseguiti sul manufatto. In passato la lastra è stata sottoposta a un trattamento superficiale con una vernice di natura oleosa. Poiché l'ossalato di calcio è presente solo in minime tracce nella patina giallastra formatasi successivamente, possiamo ritenere che il trattamento sia stato effettuato in un periodo relativamente recente. In caso contrario, la presenza di maggiori quantità o di una vera e propria pellicola ad ossalato, sarebbe stata rilevata dalle analisi mineralogiche. L'esistenza di queste pellicole possono essere, infatti, il risultato finale di lente trasformazioni di sostanze organiche apposte sulla superficie dei manufatti artistici a scopo estetico e, o, protettivo - ad esempio gli olii siccativi - come recenti studi hanno dimostrato. La caratterizzazione delle diverse morfologie di degrado rilevate ha fornito indicazioni sulla loro genesi. In particolare si può affermare che le patine di colore grigio sono essenzialmente costituite da deposito atmosferico cementato da modeste quantità di gesso di ricristallizzazione e le alterazioni di colore rossastro derivano dall'ossidazione di staffe metalliche presenti nel materiale lapideo.

Le osservazioni macroscopiche *in situ* e l'acquisizione dei dati scientifici di laboratorio hanno fornito un quadro generale sulla situazione conservativa della lastra funebre di Guidarello, contribuendo così ad programmare un corretto intervento di restauro.

A conclusione di questa indagine si può avanzare un'osservazione di carattere generale sulla presenza del gesso nella realizzazione delle malte, sebbene queste "soffrano assai all'azione dell'umido", come viene ricordato in numerosi trattati. La ragione va forse ricercata nelle tradizionali metodologie operative in Emilia-Romagna, dove fin dai tempi più antichi e a tutto l'Ottocento si è fatto grande uso di gesso da presa, oltre che per le malte, anche per gli stucchi e gli intonaci. Questo materiale si ottiene dalla cottura del minerale naturale, estratto dalle locali cave appenniniche, più precisamente di selenite (solfato di calcio biidrato), dislocate lungo la cosiddetta Vena del Gesso. La caratteristica principale del gesso cotto (solfato di calcio emiidrato) è la presa rapida quando, impastato con acqua, indurisce per ricristallizzazione formando un feltro di microscopici cristalli. La sua capacità di presa dipende da un'accurata preparazione e da una perfetta conservazione in ambiente asciutto. In passato, la buona qualità di questo materiale, e quindi il suo soddisfacente impiego, erano assicurati da norme rigorose cui erano assoggettati i "gessari" che rischiavano multe e persino la galera, se per due giorni consecutivi non portavano il materiale in città¹¹. Queste disposizioni, che appaiono oggi eccessivamente rigorose, erano giustificate dalla volontà di assicurare, a chi costruiva, materiali affidabili, collaudati da secoli. Nella buona conservazione delle malte, perdurata per secoli, si vedono i risultati di questo rigore¹².

Note

- 1 Le metodologie analitiche utilizzate fanno riferimento alle seguenti Raccomandazioni NorMal (ICR e CNR): NORMAL 10/82: Descrizione petrografica dei materiali lapidei naturali; NORMAL 16/84: Caratterizzazione di materiali lapidei in opera e del loro stato di conservazione: sequenza analitica; NORMAL 1/88: Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: Lessico; NORMAL 28/88: Composizione chimica dei materiali lapidei.
- 2 Cfr. F. Bradley, *Guida alle cave di marmo di Carrara*, Lucca 1997; *I marmi apuani. Schede merceologiche*, Firenze 1980, pagine.
- 3 Cfr. E. Paribeni, *Problemi del marmo in età preromana, in Ante et post Lunam. Splendore e ricchezza dei marmi apuani*, a cura di A. Bartelletti, E. Paribeni, Carrara 2003, pp. 11-18.
- 4 Cfr. E. Cantisani, F. Fratini, G. Molli, *Sulla provenienza apuana del marmo di cippi funerari etruschi*, in *Ante et post Lunam. Splendore e ricchezza dei marmi apuani*, a cura di A. Bartelletti, E. Paribeni, Carrara 2003, pp. 19-24.
- 5 Si veda C. Gorgoni, M.G. Filetici, L. Lazzarini, P. Pensabene, *Archaeometry of two important marble monuments of the Republican and Early Imperial periods in Rome: the Tempio Rotondo and the Pyramid of Cestius*, in "Asmosia, Interdisciplinary Studies on ancient stone", 5, London 2002, pp. 308-315.
- 6 Cfr. E. Dolci, *Carrara, cave antiche*, Carrara 1980.
- 7 M. Bruno, S. Cancelliere, C. Gorgoni, L. Lazzarini, P. Pensabene, *Provenance and distribution of white marbles in temples and public buildings of Imperial Rome*, in "Asmosia, Interdisciplinary Studies on ancient stone", 5, London 2002, pp. 289-300.
- 8 L. Lazzarini, *Primo studio sulle pietre e i marmi del Lombardo a Venezia*, in *La bottega del Lombardo. Architettura e Scultura a Venezia tra Quattro e Cinquecento*, a cura di R. Schofield, Atti del convegno di studi, Venezia, 4-6 luglio 2003, Vicenza 2006, pp. 254-263.
- 9 Glossario: *malta*: miscela di leganti inorganici od organici, aggregati prevalentemente fini, acqua ed eventuali additivi di varia natura in proporzioni tali da conferire all'impasto una opportuna lavorabilità allo stato fresco ed adeguate caratteristiche fisiche e meccaniche allo stato indurito; *patina*: alterazione strettamente limitata a quelle modificazioni naturali della superficie dei materiali non collegabili a manifesti fenomeni di degradazione e percepibili come una variazione del colore originario del materiale; *deposito superficiale*: accumulo di materiali estranei di varia natura, quali, ad esempio, polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile e generalmente scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante; *pellicola*: strato superficiale di sostanze coerenti fra loro ed estranee al materiale lapideo. Ha spessore molto ridotto e può distaccarsi dal substrato che in genere si presenta integro; *macchia*: alterazione che si manifesta con pigmentazione accidentale e localizzata della superficie; è correlata alla presenza di materiale estraneo al substrato (per esempio: ruggine, sali di rame, sostanze organiche, vernici).

10 Le metodologie analitiche utilizzate fanno riferimento alle seguenti raccomandazioni NorMal redatte dall'Istituto Centrale del Restauro – Roma e dal CNR – Milano: NORMAL 12/83. Aggregati Artificiali di Clasti e Matrice Legante non Argillosa: Schema di Descrizione; NORMAL 23/86. Terminologia Tecnica: Definizione e Descrizione delle Malte; NORMAL 23/87. Terminologia Tecnica: Definizione e Descrizione delle Malte; NORMAL 26/87. Caratterizzazione delle Malte da Restauro; NORMAL 27/88. Caratterizzazione di una Malta.

11 *Gesso e calce*, in *Muratori in Bologna, Arte e Società dalle origini al secolo XVIII*, Bologna 1981, pp. 113 e segg.

12 Per ulteriori approfondimenti si rinvia alle seguenti pubblicazioni: R. Rossi Manaresi, G.C. Grillini, A. Tucci, *Intonaci e finiture di superfici architettoniche in area padana*, in *L'intonaco: storia cultura e tenologia*, Atti del convegno di studi, Bressanone 1985, a cura di G. Biscontin, Padova 1985, pp. 233-251; R. Rossi Manaresi, G.C. Grillini, D. Pinna, A. Tucci, *La formazione di ossalati di calcio su superfici monumentali: genesi biologica o da trattamenti?*, in *Le pellicole ad ossalato: origine e significato nella conservazione delle opere d'arte*, Centro CNR "Gino Bozza", Milano 1989, pp. 113-125; R. Rossi Manaresi, G.C. Grillini, D. Pinna, A. Tucci, *Presenza di ossalati di calcio su superfici lapidee esposte all'aperto*, in *Le pellicole ad ossalato: origine e significato nella conservazione delle opere d'arte*, Centro CNR "Gino Bozza", Milano 1989, pp. 195-205; R. Rossi Manaresi, G.C. Grillini, A. Tucci, *Indagini scientifiche preliminari al restauro della statua di Ercole dello Spani*, in *Due nobili statue di marmo: 'Ercole' ed 'Emilio Lepido' di Prospero Clementi*, in "Dossier/Restauro", 1, Soprintendenza Beni Artistici e Storici di Modena, Modena 1990, pp. 40-50; L. Appolonia, G.C. Grillini, D. Pinna, *Origin of oxalate films on stone monuments: nature of films on unworked stone*, in *Il International Symposium: The oxalate films in the conservation of works of art*, Centro CNR "Gino Bozza", Milano 1996, pp. 257-268; G.C. Grillini, *Indagini tecnico-scientifiche delle malte*, in *Gallerie sotterranee a Cattolica*, "Quaderni dell'antiquarium IV", Cattolica 1996, pp. 47-48; G.C. Grillini, *Intonaci, coloriture, finiture. Metodi di indagine analitica*, in *I colori dell'edilizia storica bolognese. Metodi e Strumenti per il progetto di restauro*, "Arkos - I Grandi Restauri", 3/2000, pp. 20-21; G.C. Grillini, *Metodologie di analisi per il progetto diagnostico di laboratorio*, in *Il Rilievo per la Conservazione*, a cura di N. Santopuoli, Firenze 2004, pp. 39-42.