

# Lo studio dei materiali ceramici nei beni culturali

di Bruno Fabbri

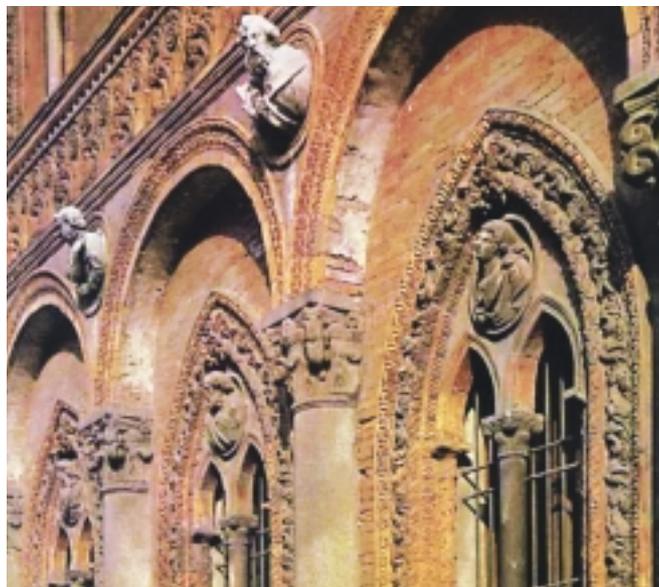
L'articolo riporta casi di studio inseriti in ampi progetti, allo scopo di esemplificare gli obiettivi perseguibili nell'indagine scientifica sui materiali ceramici nel campo dei beni culturali. A questo scopo sono state scelte tematiche che si riferiscono a tipologie o impieghi assai diversi: ceramica d'uso domestico senza rivestimento, con rivestimento argilloso o vetroso, ceramica per l'architettura. Emergono così le tecniche d'indagine più idonee per una loro applicazione diffusa, e quelle più consone per rispondere a domande specifiche.

Le possibilità di applicazione delle indagini analitiche tipiche della scienza dei materiali allo studio dei beni culturali sono oggi molto ampie. Effettivamente si è finalmente stabilito che la conoscenza di un oggetto di interesse storico e/o artistico non può fare a meno della conoscenza del materiale di cui esso è costituito. Inoltre, c'è un accordo pressoché unanime sul fatto che anche la conservazione dei beni culturali passa attraverso lo studio e la conoscenza dei materiali, cioè attraverso l'archeometria.

Nonostante i successi a cui hanno portato diversi decenni di attività in campo archeometrico, tuttavia, persistono ancora molte difficoltà. C'è un problema di linguaggio comune, in grado di consentire una relativa facilità di comprensione dei problemi, soprattutto quando l'archeometria viene applicata con finalità storico-archeologiche. Gli archeologi devono prendere più familiarità con il linguaggio scientifico, mentre gli scienziati che operano in questo campo devono essere in grado di recepire la problematica archeologica. Bisogna assolutamente evitare che lo scienziato offra all'archeologo informazioni inadeguate, e che l'archeologo si aspetti da lui la soluzione di ogni problema.

In definitiva, comunque, va preso atto che oggi il lavoro di gruppo con archeologi e scienziati di diversa estrazione si è ampiamente diffuso con risultati interessanti che rendono inevitabile proseguire su questa strada. Ciò vale anche per l'Istec, che dedica una fetta importante dei suoi interessi di ricerca ai beni culturali, e in particolare alla ceramica, al mosaico e ai materiali lapidei naturali ed artificiali. Un gruppo organizzato di ricercatori svolge a tempo pieno, da circa due decenni, un'attività di questo tipo, avvalendosi anche del contributo di personale tecnico preparato per la gestione di strumentazioni analitiche di particolare importanza per lo studio dei suddetti materiali, nonché di tutte le infrastrutture neces-

B. Fabbri, Cnr-Istec, Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici - Via Granarolo, 64 - 48018 Faenza. [fabbri@irtec1.irtec.bo.cnr.it](mailto:fabbri@irtec1.irtec.bo.cnr.it)



sarie allo sviluppo di un'attività di ricerca, che un istituto del Cnr può offrire. Nell'ambito di questa attività viene dato spazio anche alla collaborazione con altri enti pubblici o soggetti privati dediti alla conoscenza e alla conservazione dei beni culturali.

Un'esemplificazione dell'attività più recente svolta nell'ambito di questi studi viene qui presentata in modo da mettere in evidenza gli obiettivi perseguiti e perseguibili, nonché i risultati ottenuti con l'utilizzazione di metodologie analitiche più o meno comuni in questo settore. Questa esemplificazione viene proposta attraverso l'illustrazione di alcune grandi tematiche di studio, che, per ragioni di spazio, si limitano quasi soltanto a problematiche di tipo storico-archeologico riguardanti i materiali ceramici.

## Ceramica a rivestimento vetroso

Ci sono due tipi di ceramica a rivestimento vetroso che vengono studiati con una certa continuità: la ceramica ingobbata e invetriata, come la graffita, e la ceramica smaltata, cioè la maiolica.

### *Ceramica graffita*

Gli studi sulla tecnologia della ceramica graffita possono essere esemplificati con i casi del vasellame di Castelnuovo del Friuli [1] e delle mattonelle di Palazzo Ottelio in Udine [2]. In entrambi i casi sono stati sottoposti ad analisi gli impasti e i rivestimenti (ingobbio e vetrina), al fine di acquisire informazioni su tipologia, provenienza e grado di cottura degli impasti, e su composizione, tecniche di applicazione e condizioni di cottura dei rivestimenti. Oltre ai frammenti di ceramica, sono state prese in considerazione, nel caso di Castelnuovo, anche argille locali e palle di "argilla" rinvenute nello stesso scavo archeologico. Le analisi eseguite per gli impasti ceramici e le argille sono la diffrazione a raggi X, nonché l'osservazione al microscopio ottico in

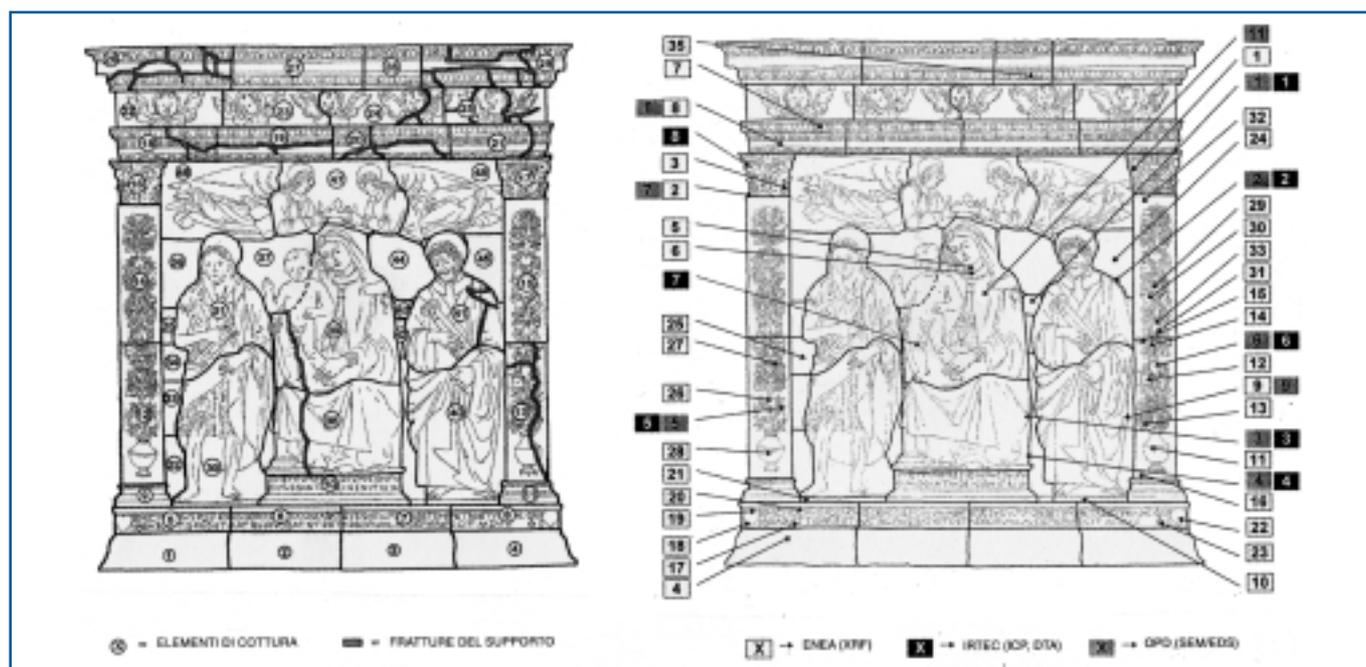


Figura 1 - I due schizzi mostrano i tagli di cottura, le fratture del supporto, i punti di misura Xrf e quelli di prelievo di campioni per analisi Icp/Aes e Sem/Eds della pala robbiana di Montalcino

sezione sottile; per i rivestimenti sono state eseguite analisi chimiche mediante spettrofotometria di emissione al plasma. Lo studio archeometrico ha consentito di stabilire che le materie prime utilizzate per il biscotto sono di origine locale e si ritrovano ancora oggi in limitati ma numerosi affioramenti assai prossimi al luogo di produzione. Le materie prime venivano sottoposte a un processo di depurazione molto grossolano per l'eliminazione di concrezioni carbonatiche che talvolta sono di dimensioni molto grandi, fino ad oltre un centimetro. L'ingobbio proveniva, moto probabilmente dalla zona del Tretto, in provincia di Vicenza, dove ci sono numerosi affioramenti di argille, di composizione piuttosto eterogenea, ma tutte povere di ferro e idonee ad essere impiegate come ingobbi. Le vetrine sono fortemente piombiche, in quanto costituite di ossido di piombo e materiale silicatico approssimativamente in rapporto 3:2. Il materiale silicatico potrebbe, a sua volta, essere costituito da una miscela di argilla e sabbia quarzifera all'incirca in rapporto 2:1.

L'attività attualmente in corso tende proprio ad accertare se la componente sabbiosa possa essere costituita dalle sabbie quarzifere friulane, che sono disponibili in numerosi e spesso potenti affioramenti in diverse località del Friuli centrale, ed in particolare nei dintorni di Castelnovo del Friuli, mentre la componente argillosa potrebbe essere costituita dalla stessa argilla utilizzata per l'ingobbio.

I risultati dello studio delle mattonelle graffite di Palazzo Otello sono in perfetta armonia con quanto emerso dallo studio del sito precedente. Inoltre, essi valorizzano ulteriormente il già notevole rinvenimento di mattonelle di questo tipo, in un periodo in cui i pavimenti maiolicati erano ampiamente diffusi, anche in aree molto vicine, come ad esempio Venezia.

#### Maiolica

Gli studi sulla maiolica sono incentrati su un obiettivo generale unico, cioè l'evoluzione tecnologica del prodotto nel tempo e nelle varie località italiane di tipica produzione rinasci-

mentale, come Albisola, Caltagirone, Castelli, Deruta, Faenza, Urbino ecc. Gli studi vengono attuati utilizzando tecniche analitiche idonee allo studio dell'impasto, come microscopia ottica in sezione sottile, fluorescenza di raggi X e diffrattometria di raggi X, e del rivestimento. In quest'ultimo caso, le osservazioni in sezione sottile sono accompagnate per lo più da analisi chimiche eseguite in spettrofotometria di emissione al plasma.

Gli studi eseguiti su maiolica faentina del XV secolo, pertinenti alle famiglie 'italo-moresca' e 'zaffera' [3], ad esempio, hanno consentito di rilevare che tutti i prodotti sono senza vetrina e che i manufatti con decorazione italo-moresca hanno lo strato di smalto più grosso sul recto rispetto al verso dei piatti, mentre per la zaffera circa la metà dei manufatti presenta uguali spessori. Ciò implica l'impiego di tecnologie di applicazione dello smalto diverse, rispettivamente con un'unica operazione di applicazione dello strato di smalto (per esempio per immersione), oppure in due tempi (forse per aspersione o per immersione parziale), prima sul verso e poi sul recto. L'evoluzione dall'una all'altra tecnica sembra avvenire proprio durante il periodo di produzione della zaffera diluita, precedente o parzialmente sovrapposta a quella dell'italo-moresca. Il cambio di tecnologia era probabilmente giustificato da un risparmio sui costi di produzione oppure dalla possibilità di ottenere, a parità di costi, una qualità superiore, mentre la composizione degli smalti, compresi i tenori di piombo e stagno, rimaneva sostanzialmente costante. In pratica, tale risultato veniva raggiunto utilizzando più o meno la stessa quantità di smalto, ma ripartendolo in diverso modo sul recto e sul verso, per ottenere un prodotto di più elevato pregio estetico sulla superficie in vista (recto).

Nell'ambito della maiolica, c'è anche il progetto sulle sculture di manifattura robbiana, portato avanti insieme all'Opd e all'Enea, che si propone di prendere successivamente in esame varie opere, che saranno studiate applicando gli stessi metodi [4]. Ciò consentirà di elaborare col tempo un archivio

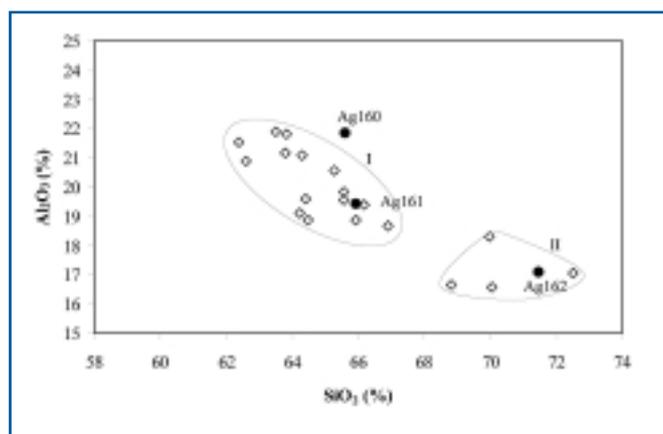


Figura 2 - Campi di composizione chimica (I e II) della classe ceramica nepalese Northern Black Polished Ware (rombo vuoto) e di argille locali (tondo pieno) nel diagramma binario Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>

di dati, dalla cui analisi possano scaturire risposte utili, non solo di natura tecnologica, utilizzabili anche a fini conservativi, ma anche storica. I metodi di indagine comprendono l'impiego di tecniche non distruttive, come la spettrometria di fluorescenza a raggi X a dispersione di energia, utilizzabili laddove si trovano le opere. L'impiego diffuso di strumentazione Xrf portatile consente di mettere in evidenza i punti maggiormente rappresentativi e suscettibili di prelievo di materiale, per poi ricavarne, ad esempio mediante Icp e Xrf a dispersione di lunghezza d'onda, dati quantitativi sulla composizione di impasti e rivestimenti, oppure, mediante Sem/Bse/Eds, dati utili a determinare la distribuzione degli elementi in una sezione stratigrafica (Figura 1).

Fra le diverse opere prese in esame nell'ambito di questo progetto, c'è la cosiddetta *Pala di Montalcino*, attribuita ad Andrea della Robbia [5]. Le misure Xrf hanno evidenziato, in particolare, eterogeneità dei tenori di zinco nello smalto bianco delle varie parti che costituiscono l'opera. Inoltre lo stagno presenta tenori diversi negli smalti di diverso colore, gialli e verdi da una parte e tutti gli altri dall'altra. Di tutti gli smalti colorati sono stati individuati gli elementi responsabili del colore. In particolare, nel rosso della Madonna è stata evidenziata la presenza di mercurio, che conferma la realizzazione a freddo di tale decorazione. La presenza di cobalto negli smalti blu è sempre accompagnata da quella del nichel, mentre non è stato rilevato l'arsenico. Questa constatazione è interessante perché esclude determinate aree di provenienza del pigmento di cobalto. Lo smalto verde presenta rame e antimonio, mentre il giallo solo antimonio; lo smalto di colore bruno contiene manganese. In riferimento all'intervento di restauro di quest'opera, è di particolare rilevanza la constatazione che due delle cinquanta parti costituenti l'opera (Figura 1) hanno caratteristiche diverse dalle altre. Ciò è forse la conseguenza dell'utilizzo di pezzi prodotti in serie, in tempi diversi, e poi composti in vario modo per ottenere l'opera desiderata.

## Ceramica a rivestimento argilloso

In tempi diversi e in riferimento a differenti contesti culturali sono state studiate numerose tipologie di ceramica a rivestimento argilloso: ceramica a vernice rossa, ceramica a vernice nera e sigillata, con provenienze assai diversificate, ad esempio Nepal, Tharros (Sardegna) e Brescia.

## Ceramica a vernice nera

Le indagini sulla ceramica nepalese [6] si riferiscono a materiali dello scavo di Gotihawa, condotto in collaborazione fra Isiao di Roma e Istituto Universitario Orientale di Napoli. La ceramica recuperata, costituita in gran parte da una tipologia a vernice nera, datata fra il II secolo a.C. e il I secolo d.C., presenta caratteristiche macroscopiche variabili, sia in riferimento all'impasto sia alla vernice. Le analisi archeometriche sono state condotte tramite spettrometria di fluorescenza a raggi X, osservazioni in sezione sottile, diffrattometria di raggi X e osservazioni in microscopia elettronica a scansione con abbinata microsonda a dispersione di energia. Con l'uso di queste tecniche analitiche sono state definite le caratteristiche chimico-mineralogiche degli impasti e chimiche dei rivestimenti. Oltre a definire una buona "carta d'identità" per la tipologia denominata *Northern Black Polished Ware*, e a ritrovare un chiaro riscontro con le argille locali (Figura 2), lo studio ha consentito di evidenziare un probabile cambio di tecnologia nella preparazione della vernice. In molti casi si tratta di un materiale ricavato concentrando le frazioni più fini, ricche di minerali argillosi e ferro, dell'argilla utilizzata per l'impasto; in altri casi tale frazione concentrata è stata anche additivata con l'aggiunta di una significativa quantità di ferro. È quindi possibile che questa distinzione possa rappresentare un criterio utilizzabile quale indicatore cronologico, almeno per questo sito archeologico.

Lo studio della ceramica a vernice nera di Tharros [7] si inserisce nel filone del commercio di ceramica fenicia e punica nel Mediterraneo, trattato di seguito. I reperti sono tutti riferibili ad una particolare classe di ceramica, appunto quella a vernice nera, diffusa tra la fine del IV sec. e il II sec. a.C. in una vasta area del Mediterraneo punico (Tunisia, Marocco, Sicilia occidentale, Sardegna, Spagna continentale e Ibiza), che riprende forme della tradizione attica, non raggiungendo tuttavia, dal punto di vista qualitativo, quei risultati di eccellenza tipici della ceramica greca. Primo passo della ricerca, che è tuttora in corso di svolgimento relativamente anche ad altri centri punici, è stata l'analisi dei campioni tharrensi, finalizzata alla caratterizzazione degli impasti ceramici e dei rivestimenti, potendo giovare dei dati di confronto derivati dallo studio già effettuato di materiali ceramici fenici e punici e di affioramenti di argilla individuati in area prossima alla città antica.

I campioni sono stati sottoposti alle seguenti indagini: a) studio minero-petrografico di sezioni sottili con microscopio polarizzatore; b) determinazione della composizione chimica principale dell'impasto per fluorescenza di raggi X (Xrf); c) determinazione della composizione mineralogica mediante diffrazione di raggi X (Xrd).

I risultati analitici mostrano la presenza di due gruppi. Il primo gruppo è chimicamente e mineralogicamente omogeneo con una granulometria dello scheletro di tipo seriale, mentre il secondo gruppo mostra una granulometria di tipo iatale. Inoltre, dal punto di vista chimico il secondo gruppo presenta tenori di sodio e potassio più bassi, mentre il calcio è generalmente più alto.

Per quanto riguarda la tecnologia di produzione, l'orientamento dei pori e dei clasti è indice di una lavorazione al tornio. La presenza di minerali termoindicatori, quali la gehlenite e i 'fantasmi di calcite', nonché la semisotropia della massa di fondo, permettono di ipotizzare temperature di cottura dell'ordine degli 850-900 °C.

In conclusione, confrontando i dati analitici relativi ai campioni

di vernice nera con quelli precedentemente determinati per altre tipologie di ceramica tharrense, si è riusciti ad individuare criteri di discriminazione tra la produzione locale e le importazioni e quindi a definire un gruppo di riferimento per la ceramica a vernice nera di produzione locale.

## Sigillata

L'ultimo caso di studio di ceramica a rivestimento argilloso di cui si parla in questo articolo è quello della sigillata recuperata da scavi nel Capitolium di Brescia [8]. Tale ritrovamento ha suscitato importanti domande storico-archeologiche riferibili soprattutto all'eventuale riconoscimento di produzioni diverse e, possibilmente, all'individuazione della loro provenienza. Una parte dei frammenti, infatti, potrebbe rappresentare una produzione di area renana, mentre altri presentano forme tipiche della sigillata nord-italica. La natura del contesto di rinvenimento, che consente finalmente di avere un'abbondante documentazione ceramica relativa al III secolo d.C., la quantità dei manufatti, tale da fornire una base statisticamente rappresentativa, e la loro qualità, macroscopicamente molto differenziata, costituiscono la premessa per uno studio archeometrico che si propone di rispondere alle suddette domande attraverso una caratterizzazione chimico-mineralogica degli impasti e chimica delle vernici. Le composizioni chimiche e mineralogiche degli impasti sono state ottenute mediante analisi in fluorescenza e diffrattometria di raggi X rispettivamente, mentre la composizione chimica delle vernici è stata determinata in microsonda a dispersione di energia.

I risultati delle analisi archeometriche hanno consentito l'individuazione di un unico gruppo composizionale di ceramiche realizzate con materie prime carbonatiche, cotte a oltre 900 °C. Le composizioni chimiche dell'impasto e della vernice sono compatibili con un processo di raffinazione dell'argilla utilizzata per l'impasto, allo scopo di ottenere una nuova materia prima, più fusibile, idonea per la vernice. Il processo implicherebbe l'allontanamento di almeno il 50% di materia prima dell'impasto, con la concentrazione delle sue frazioni più fini. La composizione chimica dell'impasto della sigillata di Brescia appare molto simile a quella di ceramica della stessa classe proveniente da molti altri scavi in area padana, ma diversa da quella di reperti di sigillata di area renana, tanto da poter sostenere l'esistenza di rapporti tra le produzioni tardo padane e le sigillate di media e tarda età imperiale.

## Terrecotte architettoniche

In area padana, dove il materiale lapideo naturale risultava molto costoso per la lontananza dalle cave di provenienza, massimo fu lo sviluppo di una tecnica costruttiva basata sull'impiego del laterizio. All'uso del mattone fatto a mano, che ha caratterizzato per secoli l'edilizia in quest'area, si unisce la sapiente realizzazione di parti decorate realizzate in terracotta ornamentale. Ferrara è la città che forse più di ogni altra testimonia la diffusione di questa tecnica costruttiva.

L'Istec si è spesso occupato di questo tipo di ceramica, ad esempio per quanto riguarda l'area milanese. Nel tessuto urbano di questa città, nel periodo storico compreso tra il Gotico ed il Rinascimento, specialmente sotto Francesco Sforza, nei primi anni del 1400, la diffusione delle terrecotte architettoniche portò alla produzione di ricchissime e finissime decorazioni, come formelle, fregi, ornati seriali eseguiti a stampo. Si cominciano ad edificare grandi opere, prime fra tutti il Castello

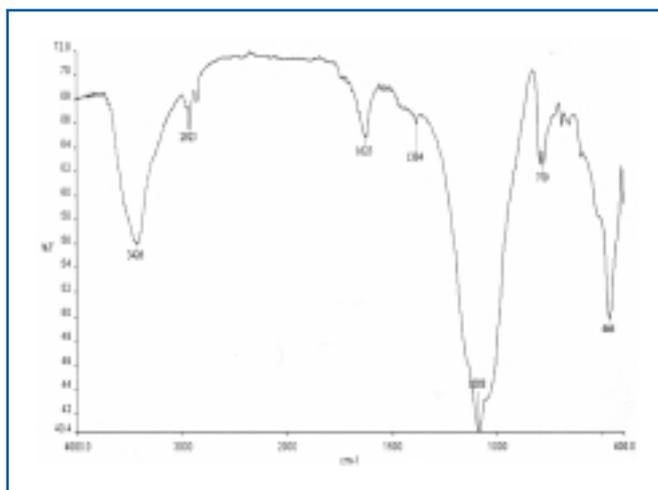


Figura 3 - Spettro Ft-IR relativo allo strato di finitura sulla facciata in laterizio del XV secolo della Ca' Granda a Milano

Sforzesco e la chiesa di Santa Maria delle Grazie. La figura più significativa in questo settore, quella di A. Averlino detto il Filarete, artista toscano operante a Milano, diede inizio alla costruzione della Ca' Granda.

Numerose sono le analisi eseguite dai laboratori del centro Cnr "Gino Bozza", in collaborazione con l'Istec di Faenza, su superfici in laterizio di area milanese, che appaiono oggi di un intenso colore rosso, dovuto ai mattoni faccia a vista. Gli studi, che hanno permesso di approfondire le conoscenze di carattere storico-artistico e chimico-fisico proprie dei singoli manufatti, sono stati condotti non solo per un fine conservativo, ma anche per un riuso del costruito. Nel presente lavoro si riportano tre esempi: la Ca' Granda, ex Ospedale Maggiore e attuale sede dell'Università statale, con le sue facciate del XV e XVII secolo [9, 10]; la Basilica di S. Eustorgio, importante edificio religioso del XVI-XVII secolo [11] e l'Orto Botanico, tipica costruzione del secolo XVIII [12].

La caratterizzazione dei materiali impiegati per la realizzazione dei mattoni e delle terrecotte ornamentali, è stata eseguita mediante differenti analisi di tipo microscopico e chimico-fisico, selezionate a seconda delle esigenze analitiche e degli studi di diagnostica che ogni edificio richiedeva nello specifico. Per la determinazione della natura del materiale ceramico utilizzato (sia per i mattoni sia per quanto concerne le terrecotte) sono state impiegate le seguenti tecniche analitiche: diffrattometria e fluorescenza a raggi X su polveri, termogravimetria e termica differenziale, porosimetria a mercurio, colorimetria, cromatografia ionica.

Per l'identificazione e la successiva caratterizzazione dei lacerti di finitura individuati sia sui mattoni sia sui fregi in terracotta, sono state preparate sezioni trasversali lucide, inglobando il materiale in resina poliestere polimerizzabile a freddo. Le sezioni sono state osservate mediante microscopio ottico in luce riflessa, e dopo opportuna metallizzazione sono state analizzate al microscopio elettronico a scansione (Sem), corredato di spettrometro a raggi X in dispersione di energia (Eds). Inoltre, per l'identificazione di eventuali composti di natura organica impiegati per la realizzazione di strati di finitura, sono state eseguite indagini mediante spettrofotometria nell'infrarosso.

Gli studi condotti hanno permesso di stabilire che le cave di provenienza del materiale argilloso rimasero praticamente le

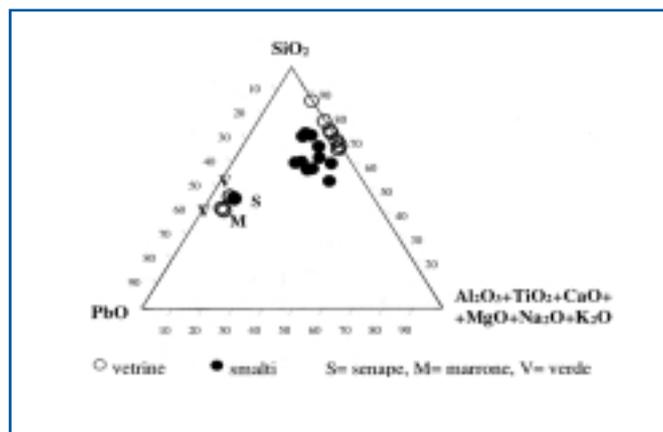


Figura 4 - Rappresentazione della composizione chimica di smalti e vernici, dei pannelli ceramici nell'architettura di Samarcanda, nel diagramma ternario  $SiO_2/PbO/\Sigma$ altri elementi (esclusi stagno e coloranti)

stesse per tutti i casi esaminati; per un periodo di almeno 300 anni fu impiegato lo stesso tipo di argilla non carbonatica, anche se le tecnologie di lavorazione risultano modulate in funzione del tipo di edificio. La sapiente lavorazione della materia prima ha permesso di identificare la presenza sul territorio, nel corso dei secoli, di manovalanze esperte, in grado di depurare, foggare e cuocere il materiale a seconda delle esigenze dell'edificio stesso. Si è osservato infatti come per decorazioni particolarmente ricercate, come le cornici ogivali delle finestre del lato seicentesco della Ca' Granda o ancora più, gli angeli del tamburo all'interno di cappella Portinari, sia stata particolarmente curata la depurazione dell'argilla di partenza. In questo modo le manovalanze producevano un materiale estremamente plastico in grado di soddisfare esigenze stilistiche con la realizzazione di forme e soggetti ricchi di particolari.

I laterizi impiegati negli edifici esaminati risultavano tutti in un discreto stato di conservazione, per quanto concerne specificamente il corpo ceramico. Differente risulta lo stato di conservazione delle finiture, intese spesso come vere e proprie superfici di sacrificio, più facilmente aggredibili dagli agenti esterni. Le lacune sono risultate particolarmente evidenti nel caso della Cappella Portinari in corrispondenza delle policromie che, stese mediante leganti organici, sono state danneggiate principalmente dalla stesura e successiva rimozione di uno strato di scialbatura. Gli spettri risultanti dall'analisi Ft-IR (Figura 3) mettono in risalto che la finitura superficiale contiene, oltre alla componente silicatica dovuta al pigmento ed alla matrice ceramica, una componente organica di natura lipidica, probabilmente olio di lino cotto.

## Ceramica dell'architettura islamica

Questo studio si riferisce ai pannelli ceramici, spesso a mosaico, che caratterizzano i rivestimenti parietali di molti monumenti islamici, ad esempio quelli di Samarcanda, a partire all'incirca dal XIV secolo.

I bombardamenti durante l'assedio russo del 1868 ed il fortissimo terremoto del 1897, seguito da quello del 1905, avevano ridotto i monumenti timuridi di Samarcanda ad un cumulo di maestose rovine. A seguito dell'annessione dell'Uzbekistan alle Repubbliche Socialiste Sovietiche, dopo la rivoluzione di

ottobre, inizia un'intensa attività di ricostruzione, che non ha però fermato i fenomeni di deterioramento, che consistono essenzialmente nel completo distacco di mattoni faccia vista, di piastrelline maiolicate e di elementi sagomati delle ornamentazioni in mosaico. Meno frequenti sono, invece, i distacchi del rivestimento dal supporto ceramico e i depositi di sali sulle superfici maiolicate. Le principali cause di degrado sono le condizioni climatiche caratterizzate da elevatissimi sbalzi termici ( $-25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $+40\text{ }^\circ\text{C}$ ), frequenti nevicate ed elevato tasso di umidità [13]. Altre importanti cause di degrado sono: la scarsa manutenzione, i cattivi interventi di restauro eseguiti nel tempo, l'inquinamento atmosferico e l'abbassamento del livello della falda con l'intensificarsi del fenomeno di subsidenza a causa della natura argillosa dei terreni di fondazione. Lo scopo del nostro lavoro era quello di riscoprire i materiali e le tecniche di lavorazione degli elementi ceramici, prevalentemente finalizzato all'individuazione delle migliori tecniche per successivi interventi di restauro. Pertanto, è stato prelevato materiale ceramico di diversa età da monumenti poco o per nulla coinvolti in lavori di rifacimento nella prima metà del XX secolo. I campioni sono stati caratterizzati mediante: osservazioni in microscopia ottica, in sezione sottile, ed elettronica; diffrazione di raggi X (Xrd) per l'analisi delle fasi cristalline negli impasti; fluorescenza di raggi X (Xrf) e spettrometria di emissione al plasma (Icp-Aes) per l'analisi chimica di impasti e rivestimenti ceramici rispettivamente; alcune datazioni mediante termoluminescenza [14].

I risultati hanno evidenziato l'uso di due diversi tipi di rivestimento ceramico vetroso colorato: smalti e vetrine (Figura 4). Queste ultime non sono presenti negli edifici più antichi. Gli smalti sono piombici, opacizzati con stagno, mentre le vetrine sono generalmente alcalino sodiche. La presenza di alcune vetrine fortemente piombiche è stata attribuita a rifacimenti eseguiti non molti decenni dopo la prima costruzione. Gli elementi coloranti sono: rame per il turchese e il verde, manganese per il viola, cobalto per il blu, ferro per il marrone, una miscela di manganese e cromo per il nero. Gli smalti turchese e verde si distinguono per il diverso contenuto di sodio e piombo, più alto nello smalto verde rispetto al turchese. L'impasto ceramico è inizialmente di tipo cuocente rosso, mentre nel momento di massimo splendore dell'architettura timuride si realizza ceramica esclusivamente con l'impiego di un impasto siliceo cuocente chiaro. L'impasto rosso locale continua ad essere utilizzato per la produzione di manufatti non smaltati, cioè mattoncini faccia a vista [15].

## Diffusione di ceramica fenicia e punica

Il Cnr-Istec partecipa ad un progetto interdisciplinare, di tipo archeologico ed archeometrico relativo allo studio di ceramica fenicia e punica da mensa proveniente da diversi siti del Mediterraneo occidentale: Tharros, S. Antioco e M.te Sirai in Sardegna, Toscanos nella Spagna meridionale e Ischia. La prima parte del progetto si riferiva alla ceramica da mensa prodotta fra l'VIII e il VI secolo a.C. [16]. Successivamente il progetto ha preso in considerazione tipologie ceramiche più recenti, come la Pantellerian ware, di cui non viene dato conto in questa sede, e la ceramica a vernice nera, di cui si parla nel paragrafo dedicato alla ceramica a rivestimento argilloso. Nel caso della ceramica da mensa dell'VIII-VI secolo a.C., lo scopo principale delle indagini archeometriche è quello di individuare gruppi di riferimento (impasti di produzione locale) e

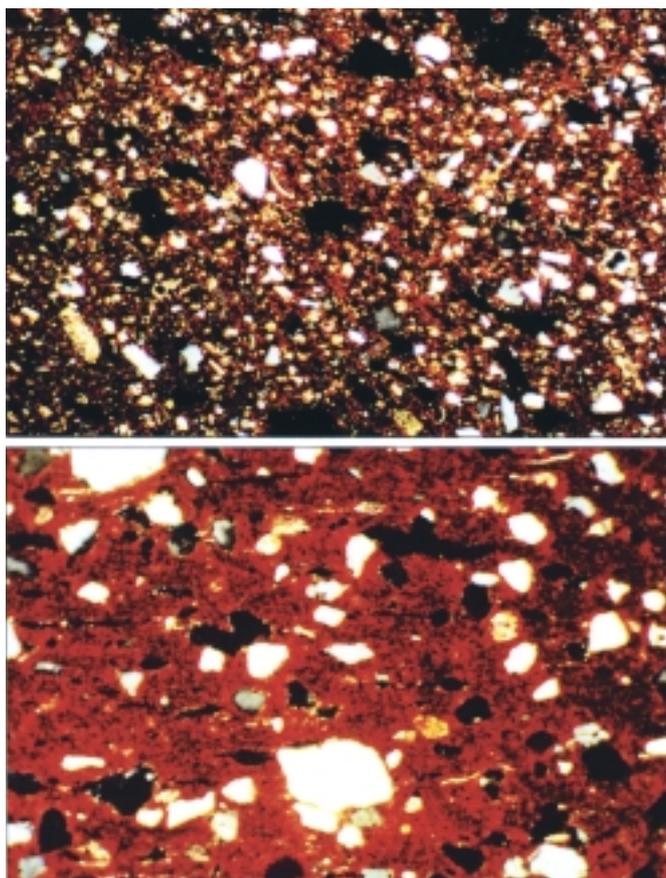


Figura 5 - Fotografie al microscopio ottico in sezione sottile (nicol x) di impasti del primo (sopra) e del secondo tipo (sotto) nella ceramica fenicia e punica di Cartagine

verificare la provenienza delle importazioni attraverso il confronto con gli impasti ceramici di altri siti. Sono state pertanto effettuate indagini volte alla caratterizzazione degli impasti e si è cercato di ricavare informazioni riguardanti le tecnologie di produzione, dalla lavorazione degli impasti alle modalità di cottura, fino all'eventuale applicazione di rivestimenti e decorazioni.

I reperti sono stati caratterizzati con uno studio minero-petrografico in sezione sottile con microscopio a luce trasmessa, con la determinazione della composizione chimica mediante fluorescenza di raggi X e con l'analisi mineralogica mediante diffrattometria di raggi X.

Fino ad ora il progetto ha portato alla definizione di due diversi gruppi di riferimento relativi alla ceramica da mensa prodotta a Cartagine fra la metà dell'VIII e la fine del VI secolo a.C. Si tratta di due impasti ben differenziati dal punto di vista minero-petrografico e chimico. Il primo tipo di impasto è ricco in calcio ed ha uno scheletro con una granulometria seriale dove prevalgono le frazioni siltosa e sabbiosa molto fine (Figura 5); esso venne utilizzato fra la metà dell'VIII secolo a.C. ed il 650-600 a.C. A partire da questo momento si utilizzò un impasto meno ricco di calcio, con granulometria iatale conseguente all'abbondanza della frazione sabbiosa fine (Figura 5). Questa differenziazione sarebbe collegata alle diverse aree di approvvigionamento delle argille, in funzione delle diverse aree note di produzione ceramica a Cartagine [17].

I siti archeologici sardi (Tharros, S. Antioco e M.te Sirai) sono caratterizzati da una ceramica di produzione locale e da un

prodotto di importazione. Quest'ultima proviene molto probabilmente da Cartagine ed è collocata cronologicamente fra la metà del VII e il VI secolo a.C. Anche la maggior parte dei campioni di Ischia, di importazione da Cartagine, sono riferibili al suddetto periodo di produzione, mentre una parte minoritaria sembra invece appartenere alla produzione più antica (VIII-metà VII a.C.). Nell'ambito dei suddetti siti, la definizione archeometrica dei materiali locali e di quelli di importazione ha consentito di correggere alcune attribuzioni fatte esclusivamente sulla base di osservazioni archeologiche [18].

L'insediamento fenicio di Toscanos, fondato verso la fine dell'VIII secolo a.C., si trova sulla costa Andalus mediterranea. I materiali ceramici considerati di produzione locale hanno mostrato una connotazione minero-petrografica compatibile con le caratteristiche geologiche e petrografiche dell'area di Toscanos, mentre i reperti di importazione hanno caratteri archeometrici totalmente differenti, che consentono una probabile attribuzione alle officine cartaginesi, in particolare alla produzione posteriore alla seconda metà del VII secolo a.C. [19]. Dall'insieme delle evidenze conseguite, relative alla commercializzazione della produzione cartaginese, emerge come aspetto più rilevante la diversità cronologica e strutturale dell'irradiazione culturale di Cartagine nel Mediterraneo occidentale [20].

## Bibliografia

- [1] B. Fabbri *et al.*, Magistri Scodelari, Comune di Castelnuovo del Friuli e Soprintendenza Archeologica e per i B.A.A.A.S. del Friuli Venezia Giulia, 2001, 34.
- [2] B. Fabbri *et al.*, *Archaeometry*, 2000, **42**, 317.
- [3] B. Fabbri *et al.*, Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria dell'AIAR, Patron Editore, Bologna, 2000, 401.
- [4] C. Lalli *et al.*, Atti della 4° Giornata di Archeometria della Ceramica, Milano, 2000, 57.
- [5] A. Agosti *et al.*, *OPD Restauro*, 1997, **9**, 73.
- [6] L. Camarda *et al.*, EMAC'01, Fribourg, Switzerland, 2001.
- [7] E. Acquaro *et al.*, 2° Congresso Nazionale AIAR, Bologna, 2002.
- [8] S. Gualtieri *et al.*, 2° Congresso Nazionale AIAR, Bologna, 2002.
- [9] G. Alessandrini *et al.*, Atti 3° EMAC, Riccione, 1995, 339.
- [10] G. Alessandrini *et al.*, Atti della 4° Giornata di Archeometria della Ceramica, Milano, 2000, 17.
- [11] G. Alessandrini *et al.*, *La Scultura in Terracotta*, Centro DI, Firenze, 1996, 175.
- [12] G. Alessandrini *et al.*, *L'Industria dei Laterizi*, 2001, **12**, 337.
- [13] L. Cessari, V.M. Francaviglia, *Proceedings of Ceramics in Architecture*, P. Vincenzini Ed., 1995, 381.
- [14] B. Fabbri, S. Gualtieri, 5th International Congress on Restoration of Architectural Heritage, Firenze, 2000.
- [15] B. Fabbri *et al.*, Atti della 3° Giornata di Archeometria della Ceramica, Faenza, 1999, 63.
- [16] A. Peserico, Atti della 2° Giornata di Archeometria della Ceramica, Ravenna, 1998, 27.
- [17] M.L. Amadori, B. Fabbri, *ibid.*, 43.
- [18] M.L. Amadori, B. Fabbri, *ibid.*, 68.
- [19] M.L. Amadori, B. Fabbri, *ibid.*, 85.
- [20] E. Acquaro, *ibid.*, 95.