

ISTITUTO
VENETO
**PER I BENI
CULTURALI**

CORSO PER TECNICO DEL RESTAURO DI BENI CULTURALI

CONSERVARE LA MEMORIA:

Il restauro dei laterizi bollati del campanile di San Marco

ILARIA VOLTOLINA

Relatore

Proff.ssa Chiara Tomaini

ANNO FORMATIVO 2024/2025



ISTITUTO VENETO PER I BENI CULTURALI

CORSO PER TECNICO DEL RESTAURO DI BENI CULTURALI

CORSO CODICE 463-0003-654-2024
DDR 1181 del 16/09/2024

CONSERVARE LA MEMORIA: Il restauro dei laterizi bollati del campanile di San Marco

ILARIA VOLTOLINA

Relatore
Prof.ssa Tomaini Chiara

ANNO FORMATIVO 2024/2025

*«Un'ora dopo eravamo di ritorno all'imboccatura del porto e, sull'alto mare
che aveva coperto per sempre i frantumi del Campanile di S. Marco, e che
una Bora più fresca faceva spumeggiare, passava quasi orizzontale la luce
scarlatta del tramonto. Un alcione solitario, bianco sul grigio cupo delle
nubi temporalesche, volava a fior d'onda.*

Gigeta aveva qualcosa nella manina chiusa.

*«Go un tochetin de maton del campaniel,
mi disse guardando lontano al volo dell'alcione».*

(BONI G., *Sostruzioni e macerie*, 1912)



Indice

Introduzione

Capitolo I

<i>Il contesto di rinvenimento</i>	13
1.1 Il crollo del Campanile di San Marco	13
1.2 Le Indagini di Giacomo Boni al Campanile di San Marco: Gli scavi del 1885 e del 1902.	16
1.3 La cernita dei materiali: il rinvenimento dei bolli laterizi e i successivi spostamenti.	18

Capitolo II

<i>Il laterizio: aspetti storici e tecnologici.</i>	23
2.1 Cenni storici	23
2.2 Tecnologia produttiva e bollatura	26

Capitolo III

<i>Il laterizio: caratteristiche tecniche e problematiche conservative</i>	31
3.1 Il laterizio: composizione mineralogica	31
3.2 Cause ed effetti di degrado dei materiali lapidei artificiali	33
3.3 Patologie di degrado dei bolli laterizi in esame	37
Schede dello stato di conservazione dei dodici laterizi	42

Capitolo IV

<i>L'intervento conservativo</i>	55
4.1 L'intervento	55
4.2 Documentazione fotografica	55
4.3 Pulitura	56
4.4 Consolidamento	60
4.4.1 Panoramica sui metodi di consolidamento per materiali lapidei e fittili	60
4.5 Prove di consolidamento dei laterizi bollati in esame	62
4.6 Stoccaggio	66

Capitolo V

<i>Proposta di un supporto espositivo ecosostenibile per i laterizi bollati</i>	69
---	----

Conclusione	73
--------------------	----

Bibliografia e sitografia	75
----------------------------------	----

Ringraziamenti	79
-----------------------	----

Introduzione

I beni archeologici sono testimoni silenziosi del passato, la cui sopravvivenza fino al presente dipende tanto dal caso quanto dalla cura che l'uomo decide di riservare loro. I dodici bolli laterizi di età romana, oggetto di questo studio, rinvenuti tra le macerie del campanile di San Marco a seguito del crollo del 1902 e conservati grazie alla lungimiranza dell'archeologo Giacomo Boni, ne sono un chiaro esempio. La presente tesi intende raccontare l'intervento conservativo su questi reperti, condotto dalla scrivente sotto la supervisione della docente Chiara Tomaini e svolto tra il luglio e il settembre del 2025, nell'ambito di un tirocinio extracurricolare reso possibile dalla convenzione in atto tra l'Istituto Veneto per i Beni Culturali e la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Venezia e Laguna.

Questa esperienza si inserisce nel mio percorso formativo triennale come tecnico del restauro di materiali lapidei e archeologici, nel corso del quale ho avuto la possibilità di confrontarmi con reperti di diversa natura e provenienza, sia in laboratorio sia direttamente *in situ*. Queste esperienze non solo mi hanno permesso di acquisire competenze tecniche specifiche, ma mi hanno anche avvicinata a una più profonda consapevolezza del valore storico, artistico e culturale che ogni manufatto porta con sé, al di là del suo aspetto materiale.

In questo contesto, la scelta di dedicare la mia ricerca all'intervento conservativo su laterizi bollati può sembrare, a un primo sguardo, insolita. A differenza di manufatti più immediatamente riconducibili al patrimonio artistico, i laterizi sono infatti materiali da costruzione, largamente diffusi in ambito archeologico e privi di un valore estetico in senso stretto. Tuttavia, è proprio nella loro apparente semplicità che si nasconde un significato più profondo: estrapolati dal contesto originario, essi assumono un duplice valore, storico e simbolico, rivelandosi fondamentali per la ricostruzione di una parte della storia.

I laterizi bollati di San Marco, oggetto di questa ricerca, rappresentano un caso emblematico proprio perché, in quanto materiali di reimpiego, racchiudono in sé più livelli di significato. Sono allo stesso tempo testimonianza delle produzioni romane e delle tecniche costruttive nord-adriatiche, memoria della prassi medievale del recupero e, infine, documento legato al crollo del campanile che ne ha determinato la riscoperta. Prendere parte al loro intervento conservativo ha significato per me non solo applicare le conoscenze acquisite, ma anche contribuire attivamente alla tutela della memoria collettiva della città in cui vivo, Venezia.

Il presente elaborato si propone dunque di affrontare la complessità del materiale da più punti di vista ed è così strutturato: i primi due capitoli intendono offrire un inquadramento storico-archeologico dei reperti in esame. In particolare, il primo capitolo analizza il contesto di rinvenimento dei laterizi bollati, ripercorrendo le principali tappe, dal crollo del Campanile nel 1902 agli interventi di recupero e ai successivi spostamenti. Il secondo capitolo, invece, si concentra sull'analisi archeologica del materiale, presentando un breve inquadramento storico sulla diffusione del laterizio cotto e approfondendo la pratica della bollatura e la tecnologia di produzione, al fine di comprenderne a pieno le caratteristiche dei materiali.

Il terzo capitolo è dedicato al materiale ceramico e alle problematiche conservative ad esso connesse, ponendo particolare attenzione alle patologie riscontrate sui bolli laterizi analizzati. Nella parte conclusiva del capitolo sono inoltre presentate delle schede relative a ciascun reperto, che ne illustrano le principali caratteristiche e lo stato di conservazione. Il quarto capitolo è dedicato all'intervento conservativo. In questo'ultimo viene descritto in dettaglio l'intero *iter* operativo, a partire dalle fasi di documentazione fino a quelle di pulitura, consolidamento e stoccaggio. Nel capitolo è presente inoltre un approfondimento sul consolidamento dei materiali lapidei, naturali e artificiali, con particolare riferimento ai materiali fittili archeologici. Lo scopo di questo approfondimento è facilitare la comprensione dei criteri alla base della scelta del trattamento consolidante, che è stata guidata dai risultati di un test comparativo su diversi prodotti, finalizzato a individuare la soluzione più adatta per i laterizi oggetto della ricerca.

Infine, l'ultimo capitolo è dedicato alla proposta di un supporto espositivo ecosostenibile progettato per i bolli laterizi in esame. Il progetto si configura come una proposta nel recente progetto pilota "*Un Passato Sostenibile: Supporti e Imballaggi Ecologici per la Conservazione dei Reperti Archeologici*", nato dalla collaborazione tra l'Istituto Veneto per i Beni Culturali e la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Venezia. Il progetto ha previsto l'impiego di tecnologie produttive innovative, come la stampa 3D, e di materiali sostenibili, quali biopolimeri derivati da rifiuti organici. L'obiettivo è offrire un'alternativa all'uso massiccio, tipico in ambito museale, di materiali plastici scarsamente riciclabili.

Capitolo I

Il contesto di rinvenimento

Considerato l'oggetto di studio della presente ricerca, il restauro di dodici bolli laterizi di età romana, si ritiene necessario offrire un inquadramento storico del contesto di rinvenimento. Il presente capitolo intende offrire una sintesi delle principali tappe che portarono al ritrovamento dei bolli: Dal crollo del Campanile nel 1902, alle successive fasi di sgombero e recupero dei materiali condotte dall'archeologo veneziano Giacomo Boni, ai successivi spostamenti che hanno condotto alla loro attuale collocazione presso il magazzino della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio (SABAP-Ve Lag) situato sull'isola del Lazzaretto Nuovo, a Venezia.

Questo passaggio si rivela fondamentale per comprendere non solo il contesto archeologico e storico dei reperti, ma anche le dinamiche che ne hanno influenzato la loro conservazione.

1.1 Il crollo del Campanile di San Marco

Il 14 Luglio 1902, alle prime ore del mattino, il Campanile di San Marco cedette su se stesso, trasformandosi in un cumulo di macerie in pochi istanti. Il Monumento, che per oltre un millennio aveva rappresentato un elemento distintivo dell'orizzonte veneziano e uno dei principali simboli identitari della città, si dissolse in polvere davanti agli occhi increduli dei cittadini lasciando un vuoto nella Piazza che risultava ora "turbata nell'orientamento de' suoi edifici"¹. Nonostante la gravità dell'evento, il crollo non causò vittime, e i danni agli edifici circostanti furono nel complesso limitati.

Poche ore prima del cedimento, intorno alle nove del mattino, le autorità municipali si erano riunite per esaminare una profonda fenditura comparsa all'angolo nord-est della struttura, già segnalata nei giorni precedenti dall'architetto Domenico Rupolo all'Ufficio della Conservazione dei Monumenti del Veneto². Nel corso del sopralluogo, subito dopo che fu poggiata una scala alla parete per consentire un'analisi ravvicinata della muratura, si verificò il distacco di pietre e calcinacci, segnalando inequivocabilmente l'imminente collasso del monumento. Tale circostanza spinse le autorità municipali a disporre tempestivamente lo sgombero dell'intera area circostante. La notizia del crollo ebbe una risonanza di ampia portata, anche a livello internazionale, generando un acceso dibattito pubblico orientato alla ricerca di responsabilità individuali e ad una causa univoca ed immediata a cui attribuire l'accaduto.

Tuttavia, le indagini successive, tra cui quelle condotte dall'architetto Luca Beltrami³, restituirono

1 Fradeletto A., *Prefazione in Il campanile di San Marco riedificato*. (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912), p.VI.

2 L'ufficio Regionale per la Conservazione dei Monumenti del Veneto, è l'ente preposto alla tutela e alla conservazione del patrimonio artistico e storico sul territorio del Veneto e del Friuli attivo dal 1891 al 1906.

3 Luca Beltrami (Milano, 1854 – Roma, 1933) è stato un architetto, storico dell'arte e restauratore italiano, tra i protagonisti della cultura del restauro tra Otto e Novecento. Celebre soprattutto per il restauro del Castello Sforzesco di Milano, fu un convinto sostenitore del restauro "stilistico", ispirato in parte alle teorie di Viollet-le-Duc, ma sempre attento alla documentazione storica. Sebbene non abbia operato direttamente a Venezia, Beltrami partecipò attivamente a commissioni statali e al dibattito nazionale sul recupero dei monumenti, influenzando anche l'approccio

un quadro ben più complesso delle condizioni dell'edificio, evidenziando come lo stesso versasse già da tempo in uno stato di conservazione precario, riconducibile sia a fattori congeniti legati alla struttura originaria dell'edificio⁴, sia a cause esterne.

Va ricordata, a questo proposito, la lunga e travagliata vicenda costruttiva del campanile, che si protrasse per sei secoli, dal X al XVI, caratterizzata da frequenti interruzioni e trasformazioni, sia strutturali che formali.

Eretto secondo la tradizione nel 912, durante il dogado di Pietro Tribuno (888-912), con funzione di torre di vedetta e difesa, il campanile fu oggetto, nei secoli successivi, di numerosi interventi di trasformazione e ricostruzione⁵, che interessarono in particolar modo la parte sommitale, la quale fu più volte danneggiata da calamità naturali, specialmente fulmini, attratti dalle lastre di rame dorato che rivestivano la cuspide lignea⁶. Tra le trasformazioni formali più significative, vi è sicuramente quella del XVI secolo, in seguito alla quale il campanile assunse l'aspetto

che in gran parte conserva ancora oggi: nel 1511, infatti, in seguito ad una violenta scossa di terremoto, l'allora Procuratore di San Marco e futuro doge Antonio Grimani (1434-1523), incaricò il maestro Pietro Bon di ricostruire e rialzare *ex novo*, la cella campanaria, l'attico e la cuspide della torre, questa volta in marmo. A tal proposito scriveva sul finire del 1514 Marcantonio Michiel "compì de refarsi el campaniel de San Marcho... et fu dorada la cima, come solea esser avanti già, et alazado più di quello che l'era avanti al terremoto dal qua tempo el fu cominciato a rifar et aggiuntoli in cima ornamenti"⁷. Tali modifiche determinarono un sensibile incremento del peso complessivo della struttura, che finì per sollecitare in modo crescente le fondazioni antiche, concepite per sostenere un carico ben inferiore, contribuendo nel tempo a indebolire la stabilità della struttura.

Nei secoli successivi, specialmente dopo la caduta della Repubblica, lo stato di conservazione



(Fig.1)Prima pagina de *La Domenica del Corriere* del 27 luglio 1902 (da Archivio storico del *Corriere della Sera*).

conservativo adottato per il patrimonio veneziano in quegli anni.

4 Per approfondire cfr. Beltrami L., *Indagini e studi per la ricostruzione in Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912), pp.105-109.

5 Per approfondire cfr. Gattinoni R., *Storia del campanile di San Marco*. (Venezia: Filippi editore, 1984), pp.1-42.

6 Ivi p.12.

7 Ivi, pp.31-32, pp.34-36.

del campanile peggiorò progressivamente. L'edificio fu più volte oggetto di interventi di restauro tamponativi, volti a mascherare i segni del degrado senza affrontare le cause strutturali. Alla fine dell'Ottocento infatti, il monumento versava in condizioni critiche, in uno stato di semi abbandono sostenuto da un atteggiamento diffuso che venne definito come "fatalismo edilizio"⁸.

Questo atteggiamento si radicava nel clima conservativo del tempo, profondamente influenzato dalle teorie di John Ruskin (1819-1900)⁹ e caratterizzato da un profondo rispetto per l'autenticità storica e dall'avversione verso interventi considerati invasivi. Tale visione, unita a una sensibilità romantica che trasformava i segni del deterioramento in testimonianze poetiche del passato, contribuiva a un diffuso disinteresse per la manutenzione attiva. L'abitudine quotidiana al degrado architettonico rafforzava l'idea che le strutture veneziane potessero reggersi autonomamente, per una sorta di equilibrio naturale e secolare, esente dall'intervento umano. L'atteggiamento è ben descritto dalle parole dell'archeologo Giacomo Boni (1859-1925)¹⁰, il quale criticò aspramente le "vane cure, che, celando le ulcere ne accelerano invece ed aumentano l'effetto"¹¹.

Alla luce di quanto detto, risulta evidente come il crollo del 1902 fosse dovuto alla combinazione di cause intrinseche - quali errori di progettazione, l'eterogeneità dei materiali impiegati nel tempo e la condizione delle fondazioni- ed estrinseche, tra cui l'azione degli agenti atmosferici, interventi di restauro impropri, la carenza di interventi di manutenzione, le oscillazioni prodotte dallo spostamento delle campane e calamità naturali quali fulmini ed incendi.

Nonostante la drammaticità dell'evento, emerse sin dai primi momenti successivi al crollo la determinazione collettiva di restituire alla città uno dei suoi simboli identitari; si aprì dunque un breve ma significativo dibattito circa le modalità della riedificazione. Se una parte dell'opinione pubblica, seppur minoritaria, si oppose fermamente all'idea della ricostruzione definendola persino un "desiderio infantile", un'altra, invece, proponeva soluzioni architettoniche moderne che si discostassero dall'aspetto originario del campanile. Tuttavia, ben presto prevalse la linea della ricostruzione filologica, sostenuta dalla maggioranza delle istituzioni e della cittadinanza. A confermare questa linea di pensiero fu l'intervento di Pompeo Molmenti¹² presso il Parlamento italiano, il quale affermò "La Torre risorgerà, ma nella stessa forma (badi bene, signor Ministro) nella stessa forma e nello stesso luogo"¹³. Con questa dichiarazione si pose fine al dibattito: Il campanile sarebbe stato ricostruito nella formula del dov'era e com'era.

Stabilite le modalità dell'intervento, il Comune di Venezia, con il sostegno dello Stato e di numerosi

8 Fradeletto A., *Prefazione in Il campanile di San Marco riedificato*. (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912) pp. VIII-IX.

9 John Ruskin (1819-1900) è stato un critico d'arte, scrittore e teorico britannico, noto per il suo ruolo fondamentale nel promuovere la conservazione del patrimonio artistico e architettonico. Le sue idee hanno influenzato profondamente il restauro e la tutela dei monumenti, sottolineando l'importanza di preservare l'autenticità e il valore storico delle opere. Ruskin fu anche un sostenitore del legame tra arte, natura e società, e le sue opere hanno avuto grande impatto nel campo della critica e della teoria estetica del XIX secolo.

10 Giacomo Boni (1859-1925) è stato un archeologo e storico dell'arte italiano, celebre per i suoi scavi a Roma, in particolare sul Foro Romano e sull'area dei Fori Imperiali. Boni contribuì in modo significativo allo studio dell'archeologia romana, promuovendo tecniche di scavo innovative e approfondendo la conoscenza della città antica. È ricordato anche per i suoi importanti interventi nella conservazione e valorizzazione del patrimonio archeologico.

11 Boni G., *Sostruzioni e macerie in Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912), p.49.

12 Pompeo Molmenti (1819-1894) è stato uno storico, critico d'arte e politico italiano, noto soprattutto per i suoi studi sulla storia e l'arte veneziana. Fu autore di numerose opere fondamentali per la conoscenza del Rinascimento veneziano e svolse un ruolo importante nella tutela del patrimonio artistico della città. Molmenti fu anche docente universitario e attivo nella politica culturale italiana del suo tempo.

13 Gattinoni R., *Storia del campanile di San Marco*. (Venezia: Filippi editore, 1984), pp.117-121.

Municipi ed enti privati, si fece promotore e principale finanziatore dell'opera di riedificazione del monumento. Le fasi successive del progetto vennero affidate a figure di primo piano nel panorama culturale dell'epoca: Tra cui l'archeologo Giacomo Boni, l'architetto Luca Beltrami e l'ingegnere Gaetano Moretti.

Il primo, archeologo di fama internazionale, tra luglio e dicembre del 1902, si occupò dell'indagine delle fondazioni e dello sgombero della Piazza dalle macerie, occupandosi inoltre del recupero del materiale non danneggiato o di valore storico artistico, tra i quali figurarono i numerosi mattoni bollati di età romana.

A Luca Beltrami, architetto e restauratore di grande esperienza, venne dunque affidata nel marzo del 1903, la progettazione del nuovo campanile, con l'incarico di affrontare le problematiche sia di carattere statico, che quelle di ordine estetico, assicurando così la fedeltà formale all'edificio originario e l'adeguatezza strutturale della nuova costruzione, assicurata grazie ad una più efficace distribuzione dei carichi data anche dall'utilizzo di materiali innovativi. Questi portò a termine l'incarico abbandonando successivamente la carica nel giugno del 1903.

Infine, a seguito della rinuncia di Beltrami, fu l'ingegnere Gaetano Moretti a presiedere ai lavori di completamento della torre, garantendone la prosecuzione nel rispetto del progetto originario. Grazie alla sua guida, l'intervento giunse a compimento, e il 25 aprile 1912, data simbolica per la città di Venezia e coincidente con il millenario dalla fondazione del campanile, il nuovo edificio venne solennemente inaugurato, restituendo alla Piazza San Marco uno dei suoi elementi più iconici.

1.2 Le Indagini di Giacomo Boni al Campanile di San Marco: Gli scavi del 1885 e del 1902.

A seguito del crollo del campanile di San Marco nel 1902, l'archeologo Giacomo Boni venne richiamato a Venezia e nominato Direttore per l'Ufficio Regionale per la conservazione dei monumenti del Veneto¹⁴; assumendo tra il marzo e il dicembre dello stesso anno, la direzione delle operazioni di sgombero e di selezione dei materiali antichi provenienti dal campanile e conducendo parallelamente un'approfondita indagine delle fondamenta del monumento. Già in precedenza, tra il 1885 e il 1889, Boni si era dedicato allo studio del *fundamentum* e della *substructio* del campanile attraverso una campagna di scavo condotta in collaborazione con l'architetto americano Clarence H. Blackall (1857-1942)¹⁵. La campagna di scavo, avviata al fine di approfondire lo studio delle tecniche costruttive in ambiente lagunare, consentì di ottenere una conoscenza dettagliata dell'apparato fondazionale del campanile, documentata mediante accurati rilievi grafici (Fig.2) e di definirne una datazione relativa, evidenziando una notevole antichità della struttura¹⁶. I risultati dell'indagine del 1885 vennero approfonditi e confermati nel corso dello scavo del 1902, avviato a seguito del tragico evento con l'obiettivo di accertare le condizioni delle fondamenta in previsione

14 Pilutti Namer M., *Giacomo Boni: Storia memoria archeonomia*. (Roma: "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER, 2019), p.88.

15 Clarence H. Blackall (1857–1942) è stato un architetto statunitense, noto soprattutto per i suoi innovativi progetti teatrali e commerciali a Boston. Considerato uno dei pionieri nell'uso della struttura in acciaio e nelle tecniche moderne di costruzione, Blackall ha contribuito significativamente allo sviluppo dell'architettura urbana americana nei primi decenni del XX secolo.

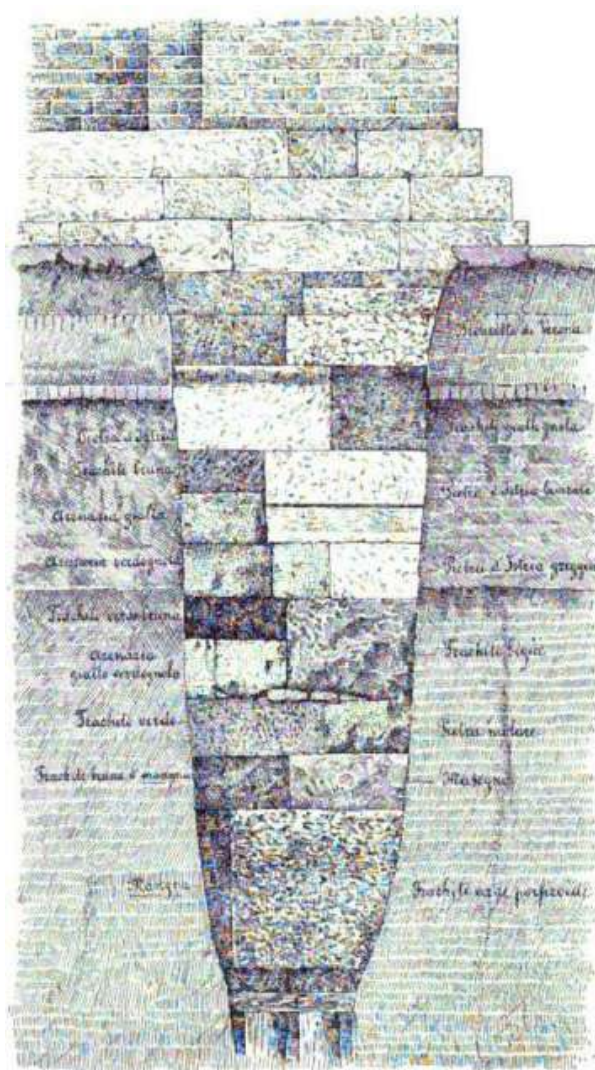
16 Boni G., *Sostruzioni e macerie in Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912), p.36.

di una possibile ricostruzione del campanile. Entrambe le campagne di scavo suscitavano grande interesse sia a livello nazionale che internazionale, contribuendo in modo significativo all'affermazione di Giacomo Boni come archeologo¹⁷. Le operazioni permisero inoltre di chiarire in modo definitivo la reale estensione delle fondamenta del campanile, fino ad allora mai indagate.

L'assenza di dati in tal senso aveva portato molti cronisti del passato a formulare congetture, spesso fantasiose, circa la dimensione delle fondazioni. Secondo il cronista Marco Caccio Sabellico (1436-1506), ad esempio, le fondazioni si configuravano come speroni disposti intorno alla torre, a formare una forma di stella; altri invece arrivarono ad ipotizzare fossero molto profonde ed estese per una superficie pari a quella occupata dalle due piazzette¹⁸.

Lo scavo archeologico restituì un'immagine ben più modesta dell'apparato fondazionale: la profondità complessiva, dallo zoccolo alla palafitta, risultava pari a 5,02 m, con un ampliamento perimetrale di appena un metro tra il contorno dello zatterone ligneo e quello della struttura in laterizio. A partire dal principio della canna in laterizio, il basamento si componeva di cinque gradoni in trachite grigia, due dei quali rinvenuti a circa 2,5 m dall'attuale piano di calpestio. In origine, questi gradoni dovevano essere visibili, poiché l'ultimo risultava direttamente addossato al pavimento antico in *opus spicatum*.

Al di sotto dei gradoni si estendevano le fondamenta vere e proprie, costituite da sette livelli, o "corsi", realizzati con pietrame di varia natura e dimensione ridotta, prevalentemente materiale di reimpiego¹⁹. Il settimo corso, in particolare, era formato da blocchi di trachite verde lavorata a scarpa e più sporgente rispetto agli altri, avente verosimilmente una funzione stabilizzante. Il legante utilizzato consisteva in una malta a base di calce bianca d'Istria e sabbia; quest'ultima non avendo proprietà idrauliche si presentava ancora molle nei giunti delle pietre. L'ultimo corso



Scavi del 1885.

(Fig.2) Scavi del 1885 (da Boni G., 1912, p.31).

17 Pilutti Namer M., Giacomo Boni: *Storia memoria archeonomia*. (Roma: "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER, 2019), p.89.

18 Gattinoni R., *Storia del campanile di San Marco*. (Venezia: Filippi editore, 1984), p.4.

19 Per approfondire cfr. Boni G., *Sostruzioni e macerie in Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912), pp.31-33.

lapideo poggiava su uno zatterone composto da un doppio strato di panconi incrociati in rovere, ciascuno dello spessore di 0.12 m, ottenuti da travi segate a metà. Lo zatterone era infine sostenuto da una palafitta costituita da pali di pioppo lunghi 1,5 metri, alcuni dei quali appuntiti all'estremità. Tale sistema, tipico delle costruzioni veneziane, aveva la funzione di costipare lo strato argilloso denominato caranto, garantendo una distribuzione efficace del peso verso le sabbie alluvionali sottostanti che costituiscono il letto della laguna veneta.

1.3 La cernita dei materiali: il rinvenimento dei bolli laterizi e i successivi spostamenti.

Oltre a rivestire un ruolo fondamentale nelle indagini delle fondazioni, Giacomo Boni fu determinante anche nelle operazioni di sgombero delle macerie all'indomani del crollo del campanile. Tali operazioni, ebbero inizio a partire dal 16 Luglio del 1906 e si protrassero per un periodo di circa sei mesi, durante i quali Boni si dedicò sistematicamente al recupero, alla selezione e all'analisi dei materiali rinvenuti tra le macerie. Queste ultime si accumularono in un'area pressoché quadrangolare attorno al basamento del campanile, formando cumuli alti diversi metri tra i quali si scorgevano antichi laterizi romani, massi di moderna muratura in mattoni d'Oriago²⁰ e numerosi elementi architettonici e scultorei provenienti dal campanile e dalla Loggetta (Fig.3).

Nel corso delle operazioni di sgombero Boni rinvenne numerosi reperti di rilevanza archeologica, tra cui fregi e frammenti architettonici di età romana, bizantina o carolingia. Questi ultimi assieme agli elementi decorativi provenienti dalla Loggetta e al materiale laterizio vennero, in un primo momento, raccolti e organizzati nel cortile di Palazzo Ducale, per poi essere, in un secondo momento trasportati a seconda della tipologia presso le isole di San Giorgio e delle Grazie²¹.

Al contrario, quanto ritenuto irrimediabilmente compromesso e inservibile fu caricato su piroscafi e scaricato in mare, nei pressi della bocca di porto del Lido.

Tra i reperti di maggior interesse, si annoverano i numerosi laterizi di età romana, vari per forma, colore e dimensione²² che Boni selezionò per la singolare modanatura o per la presenza di segni



(Fig.3) Una panoramica di Piazza San Marco dopo il crollo del campanile il 14 luglio 1902.

20 "Fra le macerie, verso il Palazzo Ducale, massi di moderna muratura in mattoni d'Oriago e malta idraulica e cemento che internamente, per contatto coll'antica costruzione, cui mai, per altro, aveva aderito, presentavano forme tondeggianti. I lavoratori della Fabbriceria marciana riconobbero in quelle croste murali le nuove rappendonature estese per tutta la facciata orientale." *Ibidem*.

21 Boni G., *Sostruzioni e macerie in Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912), p.37.

22 *Ibidem*.

decorativi quali impronte animali e umane, decorazioni geometriche o perché bollati in almeno uno dei lati. Più nello specifico si contano: Trentuno laterizi con bollo (di cui quattro iscritti ante cocturam con uno strumento appuntito), quattro mattoni con decorazione geometrica o a piccole onde, un mattone manubriato, dieci mattoni recanti impronte umane o animali di vario genere²³. I laterizi furono oggetto di una documentazione grafica, realizzata dallo stesso Boni (Fig.4), sebbene non sono pervenute riproduzioni fotografiche né indicazioni circa l'esatta collocazione nel campanile. La mancanza di dati in tal senso suggerisce come l'interesse primario dell'indagine fosse incentrato sulla verifica della staticità delle fondamenta del campanile in vista della riedificazione²⁴.



(Fig.4) Riproduzioni a tratto di dieci laterizi con bollo e un laterizio con impronta canina in esame (da Boni, 1912, pp. 39-44).

Ulteriori ritrovamenti furono effettuati nel vano del basamento, nei pressi dei gradoni in trachite: Si tratta di frammenti ceramici, monete, ossa di bue, pecora e maiale, gusci d'ostrica e frammenti vitrei appartenenti ad un calice cinquecentesco a smalti colorati e decorato con motivi zoomorfi e fitomorfi²⁵.

Inoltre, nel 1905, nel corso delle operazioni di scavo e di rafforzamento del masso di fondazione furono rinvenute quattro epigrafi latine di cui solo una è stata oggetto di pubblicazioni approfondite; una seconda risulta edita ma priva di documentazione fotografica ed è attualmente irreperibile; le altre due sono inedite e anch'esse non rintracciabili²⁶.

Nel 1912, al termine dei lavori di riedificazione, i reperti rinvenuti durante le operazioni di sgombero confluirono in una mostra storico-artistica dedicata agli eventi storici del campanile e ai

23 Maritan F.E., *I laterizi iscritti di epoca romana rinvenuti nel crollo del campanile di San Marco. Nuovi dati da vecchi scavi*. In *Pietre di Venezia: Spolia in se spolia in re*. Atti del convegno internazionale (Venezia, 17-18 ottobre 2013). A cura di Monica Centanni e Luigi Sperti (Roma: "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER, 2015, pp. 196-197).

24 *Ibidem*.

25 Boni G., *Sostruzioni e macerie in Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912), pp.62-63.

26 Per approfondire cfr. Calvelli L., *Il reimpiego epigrafico a Venezia: I materiali provenienti dal campanile di San Marco*. In *Riuso di monumenti e reimpiego di materiali antichi in età postclassica: Il caso della Venetia*. Atti della XLII settimana di studi aquilesi, a cura di Giuseppe Cuscito (Trieste: Editreg, 2012).

materiali recuperati. La mostra fu allestita in due appartamenti di Palazzo Ducale, tra cui la Sala del Guariento²⁷. Conclusa la mostra, il materiale avrebbe dovuto essere trasferito presso il Museo Correr all'epoca ancora situato presso il Fondaco dei Turchi. Tuttavia in assenza di documentazione precisa, gli spostamenti successivi all'esposizione rimangono incerti.

Nel 2013, grazie all'analisi di alcuni documenti dell'Archivio Storico della Soprintendenza da parte di Lorenzo Calvelli Professore Associato di Storia antica presso l'Università Ca' Foscari Venezia, è stato possibile ricostruire un trasferimento avvenuto il 10 Luglio del 1952, in questo momento infatti, una parte dei manufatti provenienti dal campanile fu spostata dalle Scuole Elementari Giovanni Zambelli alla Chiesa di San Basso²⁸. Tra questi si contavano alcuni mattoni bollati e una delle epigrafi provenienti dal basamento. Nel corso di un esame autoptico condotto dalla dott.ssa Francesca Maritan e da Lorenzo Calvelli nel febbraio del 2013 è stato possibile associare con certezza tre bolli laterizi a quelli documentati graficamente da Giacomo Boni²⁹.

Dei restanti laterizi non si è avuta notizia fino al 2021, quando dodici bolli, tre mattoni sagomati e un laterizio con impronte animali, sono riemersi nel Magazzino della Soprintendenza, conservati in alcune casse riferite allo scavo della Chiesa di San Nicolò del Lido, diretto da Michele Tombolani nel 1982³⁰. I Sopralluoghi effettuati dalla Dott.ssa Arianna Donà tra il 2022 e il 2024, con la collaborazione della Dott.ssa Cecilia Rossi, della Dott.ssa Sara Bini, funzionarie archeologhe presso SABAP-Ve Lag e della prof.ssa Myriam Pilutti Namer, Università Ca' Foscari e IVBC, hanno permesso di accertare che il materiale non ha subito ulteriori spostamenti e risulta tuttora conservato presso il deposito del Lazzaretto Nuovo. Del nucleo originario risultano oggi dispersi dodici laterizi con bollo, quattro titoli *ante cocturam*, cinque mattoni decorati con motivi geometrici e fitomorfi e nove reperti con impronte digitali e animali³¹.

27 Mostra storico-artistica del Campanile di S. Marco nelle sale delle Munizioni del Consiglio dei Dieci in Palazzo Ducale. A cura di Pier Liberale Rambaldi (Venezia: Officine Grafiche Carlo Ferrari, 1912).

28 Calvelli L., *Il reimpiego epigrafico a Venezia: I materiali provenienti dal campanile di San Marco*. In *Riuso di monumenti e reimpiego di materiali antichi in età postclassica: Il caso della Venetia*. Atti della XLII settimana di studi aquilesi, a cura di Giuseppe Cuscito (Trieste: Editreg, 2012), pp. 182-183.

29 Maritan F.E., *I laterizi iscritti di epoca romana rinvenuti nel crollo del campanile di San Marco*. Nuovi dati da vecchi scavi. In *Pietre di Venezia: Spolia in se spolia in re*. Atti del convegno internazionale (Venezia, 17-18 ottobre 2013). A cura di Monica Centanni e Luigi Sperti (Roma: "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER, 2015), p. 197.

30 Donà A., *Ipsa spolia docent: I lateres erranti provenienti dal campanile di San Marco*. Tesi di Laurea in Conservazione e gestione dei beni e delle attività culturali, Università Ca' Foscari Venezia, 2022/2023, p. 23.

31 Ibidem.

Capitolo II

Il laterizio: Aspetti storici e tecnologici.

2.1 Cenni storici

Il termine laterizio, dal latino *later* (ovvero mattone), indica un materiale da costruzione ottenuto dalla lavorazione e dalla cottura dell'argilla. Impiegato sin dall'antichità, il laterizio costituisce una delle più antiche tecnologie costruttive sviluppate dall'uomo, diffusa soprattutto in aree geografiche caratterizzate da una limitata disponibilità di materiali da costruzione quali la pietra o il legno.

Le origini del laterizio sono rintracciabili nelle civiltà mesopotamiche, dove già a partire dal Neolitico¹, si attestano i primi utilizzi di mattoni crudi, ottenuti attraverso l'impasto dell'argilla con acqua e agenti sgrassanti di origine vegetale (paglia, erba secca, pula di cereali) o minerale (sabbia, ghiaia), successivamente essiccati al sole. Furono i Sumeri, intorno al 3.000 A.C. ad introdurre la tecnica della cottura, segnando un importante perfezionamento tecnologico nella produzione del laterizio. La cottura conferì al materiale migliori prestazioni meccaniche e caratteristiche di impermeabilità. Grazie a queste qualità, il mattone cotto trovò applicazione nelle costruzioni a tenuta stagna, quali bacini e sistemi di canalizzazione, nonché nelle porzioni più delicate degli edifici, o nel rivestimento dei grandi monumenti.

In Italia, le prime attestazioni dell'utilizzo di mattoni cotti come materiale da costruzione sono riferibili ad alcune città dell'Italia meridionale di fondazione greca, in particolare in alcune tombe ellenistiche di Reggio Calabria e in alcune strutture murarie della città di Velia. A Velia, in particolare, si conserva la testimonianza più antica dell'impiego di mattoni cotti, utilizzati a tutto spessore nella costruzione di strutture murarie databili agli inizi del II secolo A.C.².

L'impiego del laterizio in questi contesti risulta legato a influenze culturali della tradizione ellenistica rappresentando un primo ambito di sperimentazione del materiale nel contesto italico.

Parallelamente a quanto accade per l'Italia meridionale, anche nell'area della Cisalpina si assiste a una sperimentazione precoce dell'impiego del laterizio cotto, con attestazioni che anticipano di almeno due secoli quelle di Roma e dell'Italia centrale. In questo contesto, il mattone trova largo impiego soprattutto nella costruzione di cinte murarie, le cui primissime attestazioni risalgono a un periodo compreso tra il III e il II secolo a.C. Tra queste si ricordano le cinte murarie di Ravenna, Aquileia, Modena e Reggio Emilia, realizzate interamente con mattoni cotti a tutto spessore. Oltre alle fortificazioni urbane, il laterizio è documentato anche in edifici pubblici e privati, nonché in infrastrutture idrauliche e fornaci. La precoce adozione di questo materiale può essere in parte spiegata dalle caratteristiche geografiche della regione, prevalentemente occupata da una pianura

1 Cfr. *The Appearance of Bricks in Ancient Mesopotamia*, Athens Journal of History, gen. 2020. Le origini del laterizio in Mesopotamia si collocano nel lungo arco del Neolitico (ca. 10.000–6.000 a.C.), quando nei primi villaggi agricoli del nord del “Crescente Fertile” si diffusero i mattoni crudi in argilla, modellati a mano o in stampi e lasciati essiccare al sole. Nel cosiddetto Neolitico Prececeramico (10.000–7.000 a.C.) compaiono già strutture in mattoni nei siti della Mesopotamia settentrionale e anatolica (ad es. Çayönü, Mureybit, Göbekli Tepe), mentre nel Neolitico Cereceramico (7.000–6.000 a.C.) insediamenti come Hassuna e Samarra mostrano l'uso sistematico del mattone crudo nelle abitazioni. La vera svolta tecnologica si ebbe però solo in età protostorica, con i Sumeri (ca. 3.300–3.000 a.C.), che introdussero la cottura dei mattoni, conferendo loro durezza, resistenza meccanica e impermeabilità, qualità decisive per la costruzione di canali, bacini idrici e rivestimenti monumentali.

2 Acocella U., *Stile laterizio I. Origini e permanenze del mattone nell'architettura contemporanea* (Ferrara, Media MD, 2013), p. 4.

alluvionale, ricca di argille e delle altre materie prime necessarie alla produzione degli elementi fittili³.

Nell'area laziale, e più in generale, nell'Italia centrale, l'impiego di elementi in argilla cotta si affermò con una certa tardività e, almeno fino al I secolo a.C., rimase circoscritto a elementi architettonici specifici. Il laterizio veniva infatti utilizzato prevalentemente per la realizzazione di tegole (*tegulae* e *imbrices*) e di ornamenti fittili destinati alle coperture, come antefisse, acroteri e cornici decorative, sfruttando le proprietà impermeabili del materiale ceramico per la protezione delle capriate lignee. Un altro ambito d'impiego era quello pavimentale, in particolare nelle *pilae* delle *suspensurae* negli ambienti termali, nonché nei pavimenti in *opus signinum*.

Nel corso dell'età repubblicana (III-I secolo A.C), infatti, la prassi costruttiva romana prevedeva, per le strutture in elevato, l'impiego prevalente di mattoni crudi, noti come *ladium*, cui fa riferimento anche Vitruvio nel *De Architectura*⁴; nell'ambito dell'edilizia pubblica, invece, si privilegiava l'uso di materiale lapideo, in particolare pietre locali ampiamente disponibili sul territorio, come il tufo o il travertino. Questi venivano utilizzati sia nelle opere murarie isodome che come paramento dell'opera cementizia (*opus caementicium*) nelle diverse tecniche di apparecchiatura muraria (*opus incertum*, *opus reticulatum*)⁵.

Dal II secolo a.C., si assiste, forse per effetto delle esperienze maturate nelle colonie, all'emergere delle prime innovazioni tecniche in ambito locale. A partire da questo momento, il mattone cotto, fino ad allora riservato prevalentemente agli elementi di copertura, comincia ad assumere un ruolo strutturale sempre più rilevante, trovando impiego nella realizzazione di colonne, semicolonne e pilastri⁶. Un esempio particolarmente precoce e sofisticato di tale impiego, relativo all'area campana, è rappresentato dal colonnato della Basilica di Pompei, edificio pubblico databile al 120 A.C circa. In questo edificio, i fusti scanalati del colonnato sono realizzati attraverso una composizione estremamente regolare di mattoni cotti dello spessore di circa 4,5 cm, accuratamente sagomati. La struttura è costituita da un nucleo centrale circolare attorno al quale si articolano dieci "petali" a base pentagonale, completati da altrettanti segmenti a forma di losanga, dando luogo a una forma complessa, altamente innovativa per l'epoca⁷. La transizione verso l'uso strutturale del mattone nelle murature avviene comunque in maniera graduale: In una prima fase, infatti, nella realizzazione delle cortine murarie si fece ricorso a tegole smarginate (*tegulae fractae*), riutilizzate come elementi murari, per poi passare, in un secondo momento, alla produzione e all'impiego di mattoni quadrati appositamente realizzati.

Questo passaggio prende avvio con l'avvento dell'età imperiale, è nel corso di questo periodo infatti che l'impiego del laterizio diventa sistematico, costituendo uno degli elementi costruttivi principali dell'edilizia romana. Il successo è attribuibile ai numerosi vantaggi offerti dal materiale: La forma regolare e costante, che semplifica le operazioni di confezione e messa in opera; il peso specifico minore rispetto al materiale lapideo, le buone caratteristiche fisico-meccaniche; la porosità, che assicura una buona adesione con le malte nonché la versatilità, che lo rende adattabile alle diverse

3 Per approfondire cfr. Previato C., *Modi e sistemi d'uso e sistemi di messa in opera del laterizio in Italia settentrionale in età repubblicana*, in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, a cura di Bonetto J., Bukowiecki E., Volpe R. (Roma, Edizioni Quasar, 2019) pp. 369-381.

4 *Id est quo nostri utuntur, longum sesquipede, latum pede*. Vitruvio, *De architectura* II, 3,3.

5 Acocella U., *Stile laterizio I. Origini e permanenze del mattone nell'architettura contemporanea* (Ferrara, Media MD, 2013), p. 8.

6 Bianchini M., *L'impiego del laterizio negli edifici di età repubblicana in area campana*, in *Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, a cura di Bonetto J., Bukowiecki E., Volpe R. (Roma, Edizioni Quasar, 2019) pp.182-183.

7 Adams J.P., *L'arte di costruire presso i romani* (Milano, Longanesi, 1984) p. 168.

esigenze costruttive⁸.

Il laterizio, inoltre, rispondeva efficacemente alle nuove esigenze costruttive dell'età imperiale, caratterizzate dalla necessità di tempi rapidi di esecuzione e dalla crescente monumentalità delle opere. Ne sono un esempio alcuni tra le più straordinarie opere architettoniche di età imperiale realizzati in mattoni come i *Castra Praetoria* (edificati sotto Tiberio tra il 21 e 23 D.C), la *Domus Aurea* (64 D.C), le mura interne del Colosseo (79 D.C), il foro e i mercati di Traiano (107-113).

A partire dal I secolo d.C., la crescente diffusione del laterizio si accompagna a una standardizzazione dei formati, con la produzione di mattoni quadrati la cui dimensione si conforma all'unità di misura base rappresentata dal cosiddetto piede romano (il *pes*, pari a 29.6 cm circa). Tra i formati principali si ricordano i *bessales* (2/3 di piede romano), i *pedales* (1 piede romano), i *sesquipedales* (un piede e mezzo romano), i *bipedales* (2 piedi romani).

I mattoni potevano essere impiegati integri oppure, più frequentemente, ridotti, per mezzo di un arnese da taglio in elementi di forma rettangolare o triangolare, e utilizzati come cortina esterna nell'*opus testaceum*. Quest'ultima tecnica edilizia, ampiamente diffusa in età imperiale, prevedeva la realizzazione di due cortine parallele in mattoni di forma triangolare, entro le quali veniva gettato un conglomerato cementizio (*opus caementicium*). A intervalli regolari, venivano poi inseriti mattoni di grande formato, come i *bipedales*, disposti in senso trasversale con il duplice scopo di collegare stabilmente le due cortine e di ripartire i carichi interni⁹. Oltre all'*opus testaceum*, il laterizio trovava impiego anche in tecniche murarie miste, come nell'*opus reticulatum* (pietre disposte a rete con ricorsi in laterizio) o nell'*opus vittatum* (dove il laterizio figura alternato ai blocchetti di tufo).

All'organizzazione crescente della produzione laterizia si affianca, sin dal I secolo a.C., l'uso di bollare i laterizi. Tale pratica consiste nell'imprimere un marchio su un manufatto, il quale può essere definito epigrafico quando reca un testo scritto, oppure anepigrafe quando si limita a un timbro privo di testo. La pratica della bollatura, presente in molte civiltà antiche¹⁰, raggiunge la sua massima diffusione in epoca romana, trovando applicazione su una grande varietà di manufatti tra cui i materiali fittili (come dolia, mortaria) e soprattutto i materiali ceramici da costruzione come tegole e mattoni.

L'uso di imprimere bolli sui laterizi risalirebbe, secondo Alfredo Buonopane¹¹, alla tarda età repubblicana, quando compaiono i primi esempi connessi all'edificazione di edifici pubblici caratterizzati da iscrizioni brevi ed essenziali, per poi diffondersi più intensamente in età imperiale parallelamente al forte sviluppo dell'industria laterizia. In questo periodo la formula del marchio diventa sempre più articolata, includendo diverse informazioni tra cui il nome del proprietario del terreno da cui proveniva l'argilla, il nome del fabbricante, dei consoli in carica, e talvolta formule beneauguranti. Le informazioni contenute nei marchi di fabbrica consentono di ricavare dati preziosi sull'organizzazione produttiva, sui personaggi coinvolti e sulle dinamiche del commercio

8 Giuliani C., *L'edilizia nell'antichità* (Roma, Carocci, 2006), p. 201.

9 Acocella U., *Stile laterizio I. Origini e permanenze del mattone nell'architettura contemporanea* (Ferrara, Media MD, 2013), pp. 10-11.

10 Cfr. Al-Rashid, M. (2025). Bricks in ancient Mesopotamia were sometimes stamped with cuneiform signs using an ancient precursor to a printing press. Bluesky. La pratica della bollatura dei laterizi ha origini antiche e si osserva in diverse civiltà del Vicino Oriente e del Mediterraneo. Già in Mesopotamia, a partire dall'epoca sumera e babilonese (III-I millennio a.C.), i mattoni recavano iscrizioni reali, funzionali a celebrare il re e legittimare le opere pubbliche. In Egitto, dal Nuovo Regno, analoghi bolli riportavano cartigli dei faraoni, spesso associati a grandi costruzioni pubbliche o templari. In Grecia, in età classica e ellenistica, si trovano esempi sporadici di marchi su tegole e materiali ceramici, generalmente per identificare la bottega o la città di produzione.

11 Buonopane A., *Manuale di epigrafia latina* (Roma, Carocci, 2016), pp. 236-237.

dei laterizi. Nel caso dei dodici laterizi bollati oggetto di studio, recenti ricerche condotte dalla Dott.ssa Arianna Donà hanno permesso di formulare delle ipotesi circa le aree produttive di provenienza, sulla base sia della quantità di bolli rinvenuti sia dei confronti epigrafici. Il numero di aree estrattive urbane ed extraurbane accertate nella *Venetia et Histria* risulta infatti esiguo e concentrato soprattutto nella bassa pianura, dove ipoteticamente dovevano localizzate le *figlinae* dei marchi di fabbrica. In tale contesto i bolli laterizi provenienti dal campanile costituirebbero la testimonianza di una produzione dispiegata principalmente nel settore nord adriatico, in particolare agli agri aquileiese, concordiese, patavino e ferrarese¹², in un arco temporale che va dal II sec. A.c al III sec..

2.2 Tecnologia produttiva e bollatura

Come sottolineato nel precedente paragrafo, la crescente diffusione del laterizio come materiale da costruzione in età romana fu strettamente collegata allo sviluppo di una produzione altamente organizzata e specializzata capace di rispondere alle esigenze dell'edilizia pubblica e privata. Tale produzione si svolgeva all'interno di unità produttive denominate *figlinae*. Come osserva Silvia Alegiani, è verosimile ipotizzare che tali impianti si collocassero in prossimità dei giacimenti argillosi, configurandosi come unità a doppia funzione: estrattiva per l'approvvigionamento della materia prima, e produttiva, per l'aspetto produttivo vero e proprio¹³.

Le cave d'argilla si trovavano all'aperto sfruttando giacimenti affioranti, nel caso di impianti ad alta intensità produttiva, come quelli atti a soddisfare le esigenze di grandi città o dei cantieri pubblici, l'attività estrattiva assumeva caratteristiche quasi industriali. L'argilla cavata doveva rispondere a determinate caratteristiche: Secondo quanto afferma Vitruvio, questa non doveva essere né eccessivamente sabbiosa né eccessivamente ghiaiosa, ma composta principalmente da una creta chiara, da una terra rossa o da un sabbione definito "masculo" per le grana grossolana¹⁴. Una volta estratta, l'argilla veniva trasportata in prossimità dell'impianto produttivo, e sottoposta ad una lunga lavorazione: l'impasto veniva irrorato d'acqua e lavorato per mezzo di badili e zappe fino al raggiungimento di un impasto plastico e lavorabile. A quest'ultimo potevano essere aggiunti degli "sgrassanti" minerali, come sabbia, ghiaia fine, frammenti di laterizi o pozzolana. Tali additivi avevano la funzione di ridurre al minimo il fenomeno di fessurazione durante la fase dell'essiccamento e di limitare al minimo il ritiro volumetrico¹⁵.

La formatura avveniva tramite l'utilizzo di casseforme lignee, dette modani, all'interno delle quali l'argilla veniva pressata manualmente. I formati rispondevano a dimensioni per lo più standardizzate (vedi paragrafo 2.1), si ricordino oltre ai mattoni quadrati (*bessales, sesquipediales, bipediales*), le tegole e alcuni elementi fittili per destinazioni specifiche come tubuli (a sezione circolare o rettangolare), i mattoni circolari per le *pilae* delle *suspensurae*, le tegole *mammatae*.

I mattoni formati venivano posti ad essiccare in luoghi coperti e ventilati, al riparo da luce solare diretta e pioggia; è sempre Vitruvio che nel *De architectura*, suggerisce di effettuare l'essiccazione durante l'autunno o la primavera, quando il sole non è troppo forte, così da evitare un'essiccazione

12 Donà A., *Ipsa spolia docent: I lateres erranti provenienti dal campanile di San Marco*. Tesi di Laurea in Conservazione e gestione dei beni e delle attività culturali, Università Ca' Foscari Venezia, 2022/2023, p.55.

13 Alegiani S., *I bolli su laterizio nella Roma antica*. Teoria e pratica (Bari, Edipuglia, 2023), p.38.

14 Vitruvio, *De Architectura*, II,3,3, trad. e comm. Di Amati C. (Milano, 1829), pp. 41-42.

15 Adams J.P., *L'arte di costruire presso i romani* (Milano, Longanesi, 1984), p.62.

troppo rapida e il rischio di screpolature profonde¹⁶.

Per quanto riguarda la fase di sformatura, questa avveniva al raggiungimento del cosiddetto stato cuoio, una consistenza intermedia che ne permetteva la manipolazione senza deformazioni. La sformatura poteva essere agevolata con l'ausilio di un filo, che assicurato al modano, attraversava il fondo del manufatto¹⁷. Il corretto grado di essiccazione dell'argilla veniva verificato in modo empirico, attraverso il tatto o l'impiego di strumenti appuntiti, i cui segni sono talvolta ancora visibili sulla superficie del laterizio. Questi controlli avevano una duplice finalità: da un lato, accertare che il manufatto fosse sufficientemente compatto da poter essere maneggiato senza deformarsi, ad esempio quando veniva posto di taglio per completare l'essiccazione; dall'altro, verificare che fosse pronto a ricevere l'impressione del bollo di fabbrica. Quest'ultimo veniva impresso mediante punzoni, che potevano essere lignei, in particolare di bosso, come attestato da Columella (*De Re Rustica*, VII, 8,7), o più raramente metallici. Le caratteristiche morfologiche del bollo, incavato o a rilievo, così come la forma del cartiglio e il contenuto dell'iscrizione, potevano variare sensibilmente in relazione alla cronologia, all'ambito produttivo e alle esigenze identificative del contesto di fabbricazione.

Infine, i laterizi venivano sottoposti alla cottura: questa avveniva in forni circolari o di forma allungata (Fig.1), con una camera di combustione che poteva talvolta essere parzialmente interrata al fine di limitare la dispersione del calore e di facilitare le operazioni di carico e scarico dei materiali. La parte inferiore del forno è caratterizzata da una camera di combustione che viene rifornita di combustibile attraverso un'apertura che veniva parzialmente murata durante la cottura. La camera di riscaldamento è coperta da una volta in mattoni che forma la suola del forno, dotata di numerosi fori, che fungono da condotto per il passaggio del calore. La parte superiore del forno, dove vengono posti i mattoni o le tegole, chiamata laboratorio, veniva caricata attraverso una porta d'accesso che veniva interamente murata in fase di cottura. La parte sommitale del laboratorio veniva lasciata sempre aperta, in modo da assicurare il tiraggio. I mattoni venivano poi impilati sulla suola lasciando un certo spazio tra uno e l'altro, in modo da assicurare una cottura omogenea (Fig. 1). Durante la fase di cottura il forno raggiungeva una temperatura massima di 800° C in prossimità della suola, e una temperatura minima di 450°c nella zona sommitale¹⁸.

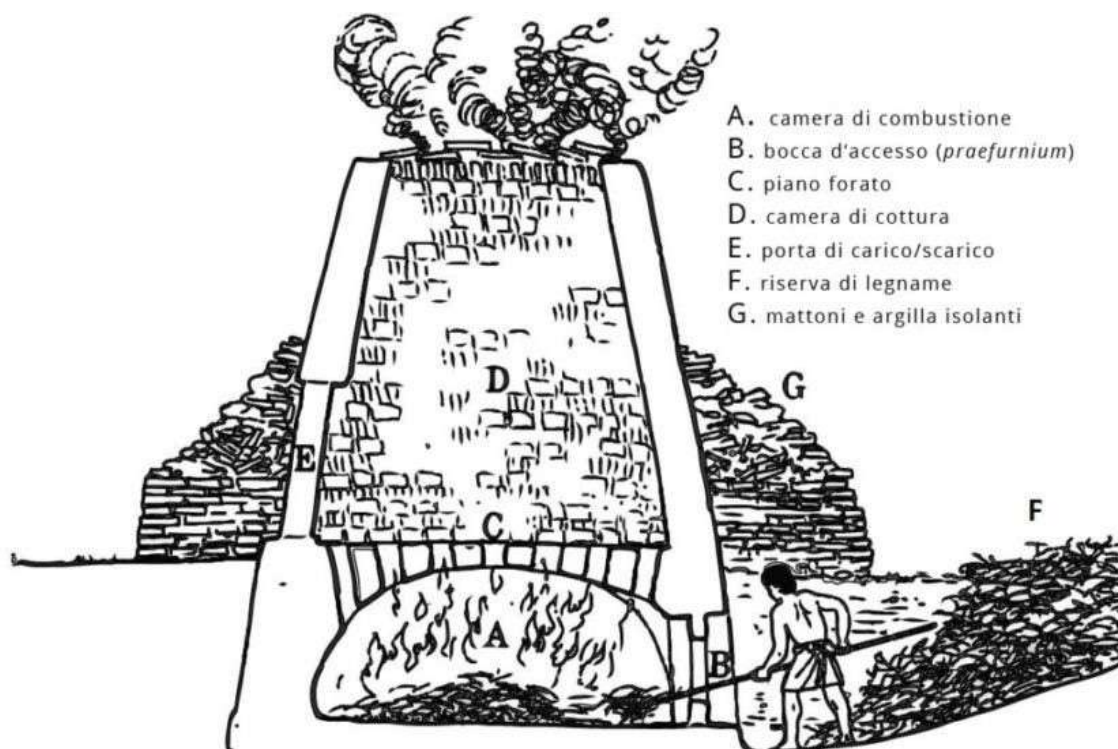
Dalla cottura dipende, in parte, la colorazione del laterizio, la quale è dovuta, oltre che alla presenza più o meno abbondante di ossidi di ferro, dalla variazione della percentuale di ossigeno durante la cottura. A seconda della disposizione in fase cottura i mattoni possono essere definiti:

- Ferrigni (o ferrioli): sottoposti a cottura eccessiva, presentano una colorazione scura, bassa porosità e segni di parziale vetrificazione.
- Forti: disposti immediatamente sopra i ferrigni, risultavano esposti a un'intensità termica ottimale, conferendo loro buone proprietà meccaniche e durabilità superiore.
- Dolci: laterizi di qualità intermedia, con caratteristiche strutturali sufficienti per impieghi non portanti.
- Albasi: collocati nella parte sommitale del forno, erano caratterizzati da una colorazione molto chiara, elevata porosità e limitata resistenza meccanica.

16 Vitruvio, *De Architectura*, II,3,3, trad. e comm. Di Amati C. (Milano, 1829), p. 41.

17 Sheperd E.J., *Laterizi da copertura e da costruzione*, in *Rassegna di Archeologia* 22/B. *Le fornaci del Vingone a Scandicci. Un impianto produttivo di età romana nella valle dell'Arno*, (Borgo San Lorenzo, All'insegna del Giglio, 2008), pp. 179-180.

18 Adams J.P., *L'arte di costruire presso i romani* (Milano, Longanesi, 1984) pp. 65-67.



(Fig.1) Ricostruzione di una fornace per laterizi (da Adam 1989, p.64).

Capitolo III

Il laterizio: Caratteristiche tecniche e problematiche conservative

Il presente capitolo ha lo scopo di approfondire le caratteristiche del laterizio dal punto di vista tecnico, con particolare attenzione agli aspetti legati alla composizione e alle condizioni di cottura che determinano le proprietà finali del manufatto. Successivamente verrà fornito un quadro generale delle problematiche conservative che interessano il laterizio, e più in generale, i materiali fittili. L'ultima parte del capitolo è dedicata all'analisi dello stato di conservazione dei dodici laterizi bollati in esame, con l'obiettivo di evidenziare le criticità specifiche e porle in relazione al contesto più ampio delineato nella parte introduttiva.

3.1 Il laterizio: Composizione mineralogica

Il laterizio è un materiale da costruzione artificiale appartenente alla classe delle ceramiche porose. In ambito tecnico, il termine “ceramica” è definito, secondo quanto stabilito dalla Commissione NORMAL CV, come un “materiale inorganico non metallico, foggato a freddo e consolidato in modo irreversibile mediante cottura”¹. Il laterizio rientra pienamente in questa definizione, poiché è ottenuto attraverso un processo produttivo che prevede la formatura di materie prime argillose, seguita da un'essiccazione controllata e da una successiva cottura, solitamente effettuata a temperature comprese tra 850 °C e 1100 °C.

Le proprietà intrinseche dei laterizi, in particolare le sue caratteristiche fisico-chimiche e la composizione mineralogica, ne influenzano significativamente il comportamento in relazione ai diversi contesti ambientali. Aspetti quali la natura e la proporzione dei minerali costitutivi, la tessitura e la distribuzione della porosità determinano le modalità di interazione con l'ambiente esterno e costituiscono la base per comprendere i meccanismi di degrado a cui il materiale può andare incontro. Tali caratteristiche derivano in larga misura dalla tecnologia di produzione del manufatto, in particolare dalle condizioni di cottura e dalla composizione della materia prima costitutiva: l'argilla. Le argille sono miscele naturali costituite in parte da minerali argillosi, ovvero fillosilicati come caolinite, illite, montmorillonite, responsabili della plasticità del materiale, e in parte da una frazione di minerali non argillosi, prevalentemente ossidi, carbonati e altri silicati presenti in proporzioni variabili. Questi ultimi svolgono un ruolo fondamentale durante i processi di lavorazione e cottura, partecipando in parte alle trasformazioni chimico-fisiche che definiscono la microstruttura e le proprietà del prodotto finale.

Tra i minerali non argillosi principali troviamo il quarzo (SiO_2), il quale svolge una funzione smagante, contribuendo ovvero a moderare la plasticità degli impasti; i carbonati, come la calcite e la dolomite (carbonato doppio di calcio e magnesio), insieme ad alcuni silicati come i feldspati, agiscono da fondenti, favorendo la formazione di fasi vetrose e abbassando la temperatura di fusione della silice e degli altri componenti silicatici. I carbonati, inoltre, durante la cottura decompongono generando specie gassose (come anidride carbonica) che influenzano significativamente la porosità del materiale. Gli ossidi, infine, sono rappresentati principalmente da ossidi e idrossidi di ferro, come goethite ed ematite, presenti sotto forma di particelle molto fini e diffusi nella matrice argil-

¹ La definizione è stata stabilita dalla Commissione Normal CV nella seduta del 20 Ottobre 1992.

losa; essi sono responsabili della colorazione del materiale cotto e possono influire sulle reazioni chimiche che avvengono in atmosfera ossidante o riducente. La composizione mineralogica delle argille può variare sensibilmente a seconda del giacimento e delle peculiarità geologiche locali²; a questa variabilità naturale si aggiunge quella derivante dall'aggiunta intenzionale di componenti inerti all'impasto ceramico, come ad esempio sabbie quarzose o chamotte (frammenti ottenuti dalla macinazione di ceramiche cotte), utilizzati al fine di conferire determinate caratteristiche al prodotto³.

Il processo di cottura riveste un ruolo fondamentale nella definizione delle caratteristiche finali del prodotto ceramico. L'aumento progressivo della temperatura comporta infatti significative trasformazioni dei minerali originari e la formazione di fasi mineralogiche di neoformazione, le quali definiscono le proprietà fisiche e meccaniche del manufatto ceramico.

Nelle prime fasi, nell'intervallo di temperatura tra i 100-200°C, si verifica l'evaporazione dell'acqua adsorbita (ovvero quella contenuta nei pori). La perdita dell'acqua adsorbita non comporta modifiche strutturali tuttavia questa deve avvenire gradualmente in modo da prevenire tensioni interne e dunque la formazione di fessurazioni.

In seguito, tra circa i 400 e i 650°C avviene la deidrossilazione dei minerali argillosi (caolinite, illite, montmorillonite), ovvero l'evaporazione dell'acqua strutturale chimicamente legata, con conseguente collasso parziale della loro struttura cristallina e la formazione di ossidi particolarmente reattivi (Intorno ai 650°C, ad esempio, avviene la decomposizione della caolinite a metacaolinite). Parallelamente, nello stesso intervallo di temperatura, le sostanze organiche presenti nell'impasto, decompongono liberando specie gassose (anidride carbonica) influenzando sulla porosità e sulla colorazione del manufatto ceramico.

Tra i 650-900°C avviene la decomposizione dei carbonati dei metalli alcalini o alcalino terrosi (come calcite e dolomite), l'intervallo di temperatura è molto ampio poiché dipende da molteplici fattori tra cui la natura del metallo, la quantità, la dimensione dei grani e il grado di cristallinità. La decomposizione dei carbonati comporta la formazione dell'ossido del metallo e la liberazione di anidride carbonica (CO₂). La liberazione di specie gassose contribuisce ad aumentare la porosità del materiale, mentre l'ossido formatosi può, a temperature più elevate, reagire con i silicati presenti dando origine a minerali di neoformazione. Tuttavia, la presenza di questi ossidi nel manufatto finito può rappresentare una fonte di degrado, in quanto suscettibili di idratazione e conseguente aumento di volume, che può generare tensioni interne e microfessurazioni nel materiale.

Attorno ai 750°C circa si verifica inoltre la trasformazione degli idrossidi di ferro, come la goethite, in ematite (Fe₂O₃), un ossido di ferro di colore rosso intenso responsabile della colorazione bruno-rossastra del prodotto ceramico. Infine tra i 900 e i 1000 °C si attivano complesse reazioni tra le fasi minerali presenti nell'impasto ceramico, in particolare tra fondenti (ossidi alcalini e alcalino-terrosi) e silicati. Tali interazioni portano alla formazione di una fase vetrosa parzialmente fusa, che si distribuisce nei pori e negli interstizi tra i grani solidi.

La presenza di questa fase fluida favorisce i processi di sinterizzazione, determinando una progressiva coesione tra le particelle, la riduzione della porosità e il consolidamento strutturale del materiale⁴. È necessario ricordare che, nel caso dei materiali ceramici antichi, le tecnologie di

2 Studi recenti hanno evidenziato l'impiego di argille ricche di carbonati nelle produzioni ceramiche antiche, come dimostrato dall'analisi dei laterizi romani di Padova cfr. Pérez-Monserrat E.M. et Al, *Roman brick production technologies in Padua (Norther Italy) along the Late Antiquity and Medieval Times: Durable bricks on high humid enviroins*, Journal of Cultural Heritage, 2022.

3 N.D.A (vedi capitolo II).

4 Campanella L. et al., *Chimica per l'arte* (Bologna,Zanichelli, 2007), pp. 248-251.

cottura non consentivano mantenere condizioni termiche e atmosferiche uniformi nelle varie aree del forno, né tempi di cottura abbastanza lunghi da permettere il completo svolgimento delle principali reazioni di trasformazione. Ciò comporta disomogeneità anche rilevanti nelle proprietà e nell'aspetto dei manufatti anche all'interno del medesimo lotto di produzione⁵.

3.2 Cause ed effetti di degrado dei materiali lapidei artificiali

I manufatti ceramici, pur essendo intrinsecamente stabili dal punto di vista chimico, sono soggetti a un progressivo e inevitabile deterioramento, determinato da uno squilibrio tra il materiale e l'ambiente circostante⁶. L'entità e la velocità di questo processo dipendono, oltre che dall'ambiente di conservazione, anche dalle caratteristiche intrinseche del manufatto, come ad esempio la composizione, la microstruttura e la porosità. Quest'ultima caratteristica, tipica di alcune classi ceramiche come le terrecotte (tra cui i laterizi), costituisce infatti una via preferenziale per la penetrazione degli agenti deteriogeni, i quali innescano meccanismi chimico-fisici capaci, nel tempo, di compromettere la stabilità e l'integrità strutturale del materiale.⁷ Nel caso specifico dei laterizi, pur trattandosi di materiali lapidei artificiali, essi presentano caratteristiche fisiche e meccaniche analoghe a quelle dei lapidei naturali molto porosi, rendendo quindi i relativi meccanismi di degrado sostanzialmente comparabili.

Per comprendere appieno le dinamiche di deterioramento e intervenire in modo efficace sulla conservazione di tali reperti, è utile distinguere le cause di degrado in due categorie principali: intrinseche ed estrinseche. Le cause intrinseche sono legate a difetti e patologie sviluppatesi durante la fase di produzione, mentre quelle estrinseche sono indotte da fattori esterni, come le condizioni ambientali (umidità, escursioni termiche, presenza di sali solubili, inquinamento atmosferico, pioggia battente, vento, proliferazione biologica) e gli interventi antropici (interventi di restauro, degrado per usura).

Per quanto riguarda le cause intrinseche, una delle problematiche più frequentemente riscontrate è la presenza di noduli di calce viva, dovuta alla mancata reazione tra i carbonati, presenti come impurità nell'impasto e i silicati durante la fase di cottura. In presenza di umidità, l'ossido di calcio residuo può idratarsi anche a distanza di tempo, dando origine alla formazione di idrossido di calcio (portlandite), la cui maggiore espansione volumetrica genera tensioni interne nel materiale. Tali tensioni possono causare fenomeni di degrado come bollosità, craterizzazione, esfoliazione e fratturazione. Questo tipo di alterazione è spesso riscontrabile nei laterizi, nella cui produzione e messa in opera è pratica comune quella di immergere il mattone in acqua.⁸

Tra i principali fattori esterni che contribuiscono al degrado dei manufatti ceramici, l'acqua rappresenta uno degli agenti più rilevanti, in quanto responsabile dell'innescare di numerosi processi di alterazione e degrado, sia fisici che chimici. In particolare, nei materiali ceramici a maggiore porosità, l'acqua presente principalmente sotto forma di umidità può attivare meccanismi di degrado fisico come la gelività e la cristallizzazione dei sali solubili, nonché favorire alterazioni chimiche

5 Fabbri B., Ravanelli Guidotti C., *Il restauro della ceramica* (Firenze, Nardini, 1993), p.120.

6 *Ivi* p.100.

7 Bandini G., *Le classi ceramiche. Problematiche di conservazione*, in *Le classi ceramiche. Situazione degli studi. Atti della 10^ Giornata di Archeometria della Ceramica* (Roma, 5-7 aprile 2006), a cura di Gualtieri S., Fabbri B., Bandini G. (Bari, Edipuglia, 2009), pp.199-200.

8 Campanella L. et al., *Chimica per l'arte* (Bologna, Zanichelli, 2007), p. 251.

(ad esempio lisciviazione, riargillificazione, ricarbonatazione) e promuovere attacchi biologici.

Un meccanismo di particolare rilevanza, tra quelli di tipo fisico legati alla presenza di acqua, è rappresentato dai cicli di variazione di stato che si verificano all'interno della porosità del materiale, secondo il fenomeno noto come gelività. Durante il congelamento, l'acqua contenuta nei pori subisce un aumento di volume pari a circa l'8%, generando un'espansione che provoca sollecitazioni meccaniche, principalmente forze di trazione e compressione, potenzialmente superiori alla resistenza del corpo ceramico. La reiterazione ciclica di questo processo favorisce la formazione di microfratture, contribuendo al progressivo indebolimento della struttura interna del manufatto. L'acqua costituisce inoltre il principale vettore di trasporto dei sali solubili. Questi ultimi rappresentano una delle principali cause di degrado nei manufatti ceramici, esercitando un'azione al contempo chimica e meccanica. Tra i sali più comuni, riscontrabili nei reperti archeologici, si annoverano cloruri, nitrati, fosfati, solfati e carbonati, ciascuno caratterizzato da specifiche proprietà di solubilità. La loro presenza varia in base all'ambiente di conservazione: i cloruri, ad esempio, sono frequenti in contesti costieri o lagunari; i nitrati derivano dall'ossidazione dell'azoto proveniente dalla decomposizione della materia organica; i solfati, invece, possono avere origine da leganti presenti nei materiali da costruzione, da rocce contenenti zolfo o da atmosfere marine e inquinate, dove si trovano, ad esempio, sotto forma di solfato di magnesio. Il meccanismo di deterioramento si sviluppa attraverso cicli ripetuti di dissoluzione e cristallizzazione dei sali all'interno del sistema poroso del materiale ceramico.

In presenza di umidità (in particolare per effetto della risalita capillare) i sali si sciolgono e migrano nei pori, quando le condizioni termoigrometriche variano, ad esempio per evaporazione o asciugatura, la soluzione salina può raggiungere la soglia di sovrassaturazione, dando luogo alla cristallizzazione, ovvero alla precipitazione del sale in forma solida. Questo meccanismo può ripetersi ciclicamente nel tempo, generando una crescita progressiva dei cristalli con effetti paragonabili a quelli prodotti dai cicli di gelo/disgelo precedentemente descritti. La cristallizzazione può avvenire in due modalità principali: in superficie, sotto forma di efflorescenze, visibili come depositi biancastri polverosi, che comportano un danno prevalentemente estetico; oppure all'interno del materiale, dando luogo a criptoefflorescenze, che provocano danni strutturali più gravi. Gli effetti prodotti dai cicli di dissoluzione/cristallizzazione sono una perdita di coesione del materiale, con fenomeni di polverizzazione, disgregazione, esfoliazione.

Oltre ai fenomeni fisici legati alla presenza di acqua, altri importanti fattori di deterioramento fisico comprendono le variazioni di temperatura, che possono provocare fessurazioni e distacchi dovuti alle sollecitazioni meccaniche indotte dalla dilatazione termica differenziale tra le diverse fasi cristalline e vetrose costituenti il corpo ceramico; l'azione del vento che comporta l'abrasione progressiva degli strati superficiali ed infine i carichi meccanici, originati da cause naturali o da interventi antropici, possono generare sforzi di taglio, flessione e compressione tali da determinare fratture, fessurazioni e ulteriori danni strutturali, in linea con la naturale fragilità del materiale ceramico⁹.

L'acqua può inoltre indurre un'alterazione di tipo chimico nei materiali ceramici, agendo sia come reagente diretto sia come veicolo per agenti inquinanti, provocando un cambiamento della composizione e della struttura chimica del materiale.

In generale, gli attacchi chimici possono determinare due tipi principali di alterazione della composizione originaria: sottrazione e/o apporto di elementi chimici: nel primo caso, la rimozione selettiva di alcuni componenti porta a una diminuzione del grado di cristallinità e a un indebolimento

9 Fabbri B., Ravanelli Guidotti C., *Il restauro della ceramica* (Firenze, Nardini, 1993), p.105.

della struttura del materiale. Nel secondo caso, l'interazione con elementi provenienti dall'ambiente può causare la formazione di composti di reazione con i costituenti originari, oppure il deposito di nuovi composti all'interno della porosità o sulla superficie del manufatto.¹⁰

Tra i principali meccanismi chimici che interessano i manufatti ceramici si ricordano la riargillificazione, la lisciviazione e la carbonatazione.

- La riargillificazione è un fenomeno tipico dei materiali porosi e a bassa temperatura di cottura, in cui i residui amorfi dei minerali argillosi, formatisi durante la cottura, tendono a riacquisire acqua in condizioni ambientali umide. Questo comporta una parziale riorganizzazione strutturale che può determinare rigonfiamenti, deformazioni e perdita di coesione, fino alla disgregazione della matrice ceramica.
- La lisciviazione consiste nell'asportazione selettiva e l'allontanamento di uno o più componenti chimici dalla ceramica, ad opera di acque meteoriche, freatiche o percolanti ricche di sostanze in soluzione (acidi, sali, inquinanti). Questo processo comporta una progressiva demineralizzazione del materiale e può generare croste, efflorescenze o alterazioni della superficie.
- La carbonatazione è dovuta alla reazione tra anidride carbonica presente nell'aria o disciolta nell'acqua e gli ossidi e gli idrossidi di calcio presenti nel corpo ceramico, portando alla formazione di carbonato di calcio. Il processo non richiede necessariamente la presenza di ossido di calcio nel manufatto appena prodotto, ma può svilupparsi anche in seguito a progressiva dissoluzione dei silicati di calcio, favorita dalle sostanze aggressive contenute nell'acqua con un doppio processo di lisciviazione e precipitazione. Tale trasformazione può provocare incrostazioni, variazioni cromatiche, e in alcuni casi contribuire all'indebolimento della superficie ceramica.¹¹

Infine, l'acqua, può costituire un fattore favorevole alla proliferazione biologica, in particolare da parte di organismi autotrofi come alghe, muschi, licheni e piante superiori, la cui attività vitale può determinare un duplice danno, sia di natura estetica (manifestandosi come alterazioni cromatiche e formazione di patine) sia di tipo strutturale, attraverso processi fisici e chimici che compromettono la stabilità del materiale.

L'incidenza e la gravità delle cause di deterioramento appena descritte possono variare sensibilmente in funzione degli ambienti di conservazione del manufatto, i quali risultano quanto più vari nel caso delle ceramiche archeologiche. Gli studi condotti in ambito conservativo evidenziano come gli ambienti più critici per la stabilità del materiale ceramico siano, in generale, quello subaereo esterno e quello sotterraneo.

A seguire, si propone uno schema che sintetizza le principali cause di deterioramento e la loro incidenza in relazione ai diversi contesti di conservazione (Tab. 1).

¹⁰ *Ivi* p.114.

¹¹ Fabbri B., Ravanelli Guidotti C., *Il restauro della ceramica* (Firenze, Nardini, 1993), pp. 106-107.

Tab 1.

Tipologia di degrado	Cause	Effetti	Ambiente di conservazione
Fisico	Dilatazione termica Cicli gelo/disgelo Cristallizzazione sali Carichi meccanici Variazioni di umidità Radiazioni luminose	Fessurazioni Fratturazioni Distacchi Polverizzazione Deformazioni	Subaereo esterno Sotterraneo Subacqueo
Chimico	Riargillificazione, Attacco da acidi e sostanze aggressive Sali solubili, Inquinamento atmosferico, Anidride carbonica	Opacizzazione Corrosione degli smalti Efflorescenze saline, Formazione di patine e croste, Alterazioni cromatiche Polverizzazione	Ambienti umidi sotterranei e subacquei Aree urbane e industriali, ambienti chiusi e poco ventilati
Biologico	Colonizzazione biologica Vegetazione superiore Depositi organici (guano, insetti)	Macchie Alterazioni cromatiche, Pressioni meccaniche e fessurazioni	Ambienti umidi subacquei o scarsamente ventilati Siti sotterranei e subaerei esposti

3.3 Patologie di degrado dei bolli laterizi in esame

Il lotto di materiali oggetto di analisi è costituito da dodici laterizi bollati, appartenenti al nucleo di materiali recuperati a seguito del crollo del campanile di San Marco nel 1902. I reperti sono giunti in laboratorio sciolti, all'interno di tre casse, privi di imballaggio individuale, ad eccezione di un esemplare, il laterizio con bollo C.CO(---) VE(--.), conservato in forma frammentaria all'interno di un sacco in polietilene¹². Lo stato di conservazione del nucleo in esame risulta eterogeneo, variando da condizioni discrete a pessime. I dodici laterizi presentano dimensioni, forme e colorazioni variabili. La mancanza di uniformità del gruppo è coerente con la loro natura di materiali di reimpiego, riferibili a contesti e fasi cronologiche differenti. L'eterogeneità delle caratteristiche morfologiche, unita alla differente condizione conservativa dei reperti, ha portato all'identificazione di tre macro-gruppi, individuati sulla base delle caratteristiche cromatiche:

- Gruppo A: Costituito da quattro laterizi a cromia dal rosato al rosso intenso;
- Gruppo B: Costituito da quattro laterizi a cromia dal giallo tenue al giallo intenso;
- Gruppo C: Costituito da quattro laterizi a cromia grigiasta.

La cromia è stata assunta come parametro di confronto in quanto possibile indicatore sia delle caratteristiche intrinseche del materiale (composizione mineralogica, condizioni di cottura), che possibile indice di alterazioni fisico-chimiche in atto (nel caso dei laterizi del gruppo C, la colorazione originaria risulta di difficile comprensione a causa della presenza di una diffusa patina di colorazione grigio-brunastra). In generale, quasi tutti i laterizi si presentano lacunosi nel modellato, in almeno uno dei lati, con margini irregolari e frastagliati. Le fratturazioni che hanno determinato tali mancanze possono, nella maggioranza dei casi, ritenersi di origine antica, come suggerito dalla presenza di abbondante deposito superficiale lungo le linee di frattura; non mancano tuttavia casi di fratture più recenti, caratterizzate da linee di frattura pulite e prive di deposito. Lo stato frammentario di diversi esemplari, non consente inoltre di stabilire con certezza la forma originaria dei mattoni. La matrice ceramica dei laterizi risulta frequentemente degradata: si osservano scagliature, lesioni superficiali, fessurazioni e fratture riconducibili ad urti e/o sollecitazioni meccaniche. Sebbene una parte dei danni di natura meccanica sia verosimilmente riconducibile all'evento distruttivo del crollo, non si può



(Fig. 1) Residui di malta di allettamento presenti sulla superficie.
(Osservazione al microscopio digitale Dino-Lite).

¹² Le tre casse contenevano, oltre ai dodici laterizi oggetto di studio, ulteriori reperti pertinenti allo scavo archeologico condotto da Michele Tombolani nel 1982 presso la chiesa di San Nicolò del Lido. In particolare: un elemento architettonico fittile con motivo fitomorfo, una lastra lapidea di colorazione grigio-nera; alcune scaglie di materiale fittile prive di marchio e non riconducibili ad un'unica forma; una tegola embrice; il fondo di un contenitore ceramico invetriato.

escludere che le modalità di stoccaggio abbiano in qualche modo contribuito a tale situazione, favorendo urti accidentali e fenomeni di consunzione reciproca tra i manufatti. Le superfici dei reperti presentano abbondante deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento. Al contempo si osserva la presenza di deposito superficiale coerente, la cui distribuzione varia da reperto a reperto, presentandosi talvolta localizzato in zone circoscritta o distribuito sull'intera superficie. In particolare, quattro esemplari, presentano una patina tenace di colorazione grigio-brunastra che ricopre integralmente la superficie, ostacolando la percezione della cromia originaria.

Sulla totalità dei reperti si rilevano inoltre residui estesi di malte di allettamento di diversa natura (presumibilmente a base di calce, sabbia e talvolta cocchiopesto), che interessano prevalentemente il tergo e le altezze dei laterizi mentre, sulla superficie bollata, si manifestano sotto forma di concrezioni localizzate più o meno estese (Fig.1). La presenza di queste malte rappresenta un elemento di notevole interesse storico e documentario, in quanto testimonianza di una fase della storia dei reperti.

Unitamente a ciò si osserva, in particolar modo sulla superficie bollata, una diffusa presenza di efflorescenze saline, che si manifestano sotto forma di crescite aghiformi, filamentose o a grappolo, accompagnate talvolta da imbianchimenti della superficie (Fig. 2). Al fine di determinare la natura e la quantità dei sali presenti, sono stati effettuati dei prelievi delle crescite dalle superfici di alcuni esemplari, seguiti da test con cartine tornasole. I risultati hanno evidenziato una prevalenza significativa di cloruri (>3000 mg/L) (Fig.3), una minima presenza di nitrati (25 mg/L) (Fig.4), mentre non è stata rilevata presenza di solfati (Fig.5). La massiccia presenza di cloruri risulta coerente con l'ambiente lagunare di conservazione, dove tali sali sono presenti in quantità abbondante e possono essere trasportati attraverso risalita capillare o aerosol marino; i nitrati, invece sono tipici dei terreni di sepoltura. Inoltre la presenza diffusa di residui di malta può, in condizioni di elevata umidità, aver favorito la migrazione di sali nel supporto, in particolare carbonati e solfati.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 2) Dettaglio di efflorescenze saline.

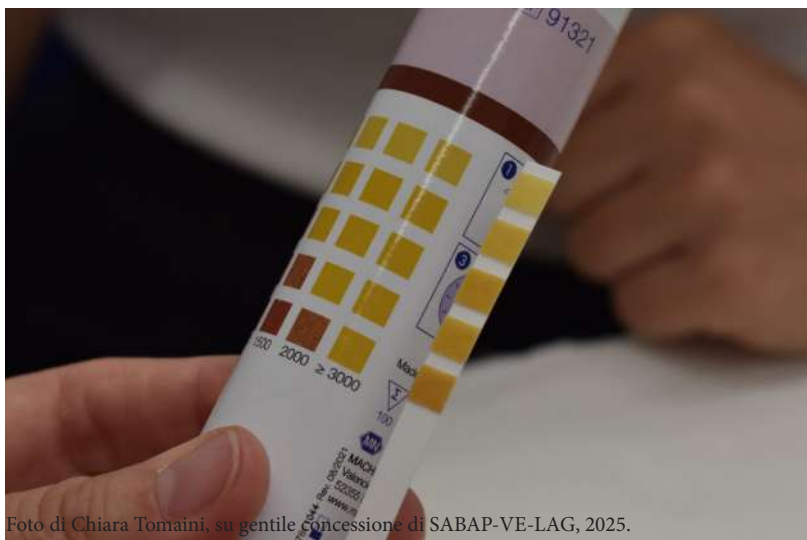


Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 3) Risultato test con cartina reattiva per cloruri (Cl^-).

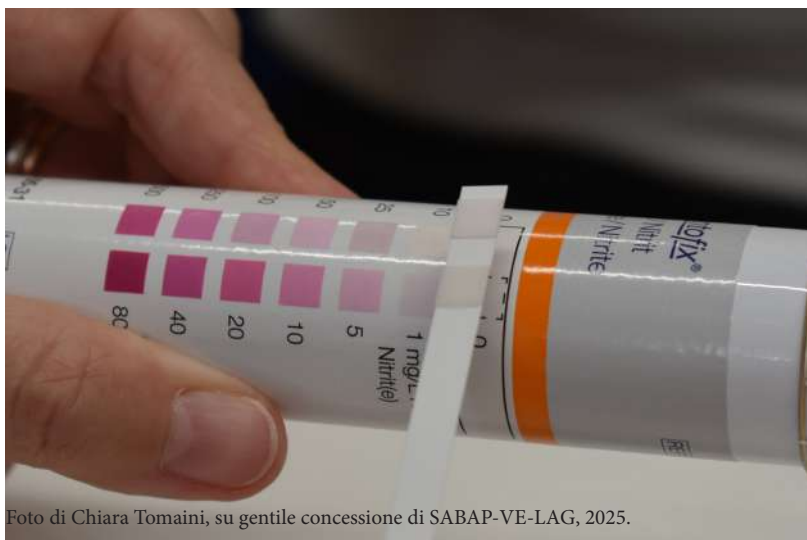


Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 4) Risultato test con cartina reattiva per nitrati (NO_3^-).



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 5) Risultato test con cartina reattiva per solfati (SO_4^{2-}).

L'azione dei Sali solubili, unitamente alla presenza di concrezioni e deposito superficiale di varia natura costituiscono alcuni dei fattori che hanno determinato il grado di conservazione e leggibilità dei marchi di fabbrica. La leggibilità dei bolli, infatti varia da caso a caso: se in alcuni esemplari l'impronta risulta nitida e ben definita, nella maggioranza dei casi essa risulta incompleta o difficilmente leggibile a causa di lacune, abrasioni superficiali e/ perdita di materiale. Nella quasi totalità dei casi i laterizi recano bollo epigrafico impresso o a rilievo, talvolta racchiuso entro cartiglio; in un caso il laterizio è privo di marchio ma presenta impronte animali, in particolare una doppia impronta canina.

In generale, il problema principale riscontrato nel lotto di materiali riguarda la perdita di coesione della matrice fittile, la quale appare gravemente disgregata e interessata da fenomeni di polverizzazione di intensità variabile. L'entità del degrado è stata valutata empiricamente mediante tape test, eseguito a campione su esemplari appartenenti a ciascuno dei tre macro-gruppi individuati. Dal tape test è emerso che il maggiore grado di decoesione interessa il gruppo di laterizi a cromia gialla (gruppo B), seguito dal gruppo di laterizi a cromia rossa (gruppo A), mentre i laterizi caratterizzati dalla presenza di patina grigiastro risultano complessivamente più coesi (Fig.7, 8, 9).

Le differenze osservate tra i vari gruppi possono ipoteticamente essere ricondotte non solo a diverse condizioni di conservazione del reperto, ma anche a caratteristiche intrinseche del materiale, tra cui la composizione mineralogica e il diverso grado di consolidamento della matrice. La patina superficiale presente in alcuni esemplari potrebbe inoltre, aver esercitato un'azione protettiva nei confronti della matrice fittile.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 6) I laterizi all'arrivo in laboratorio.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 7) *Tape test* su laterizio a cromia gialla (gruppo B).



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 8) *Tape test* su laterizio a cromia rossa (gruppo A).



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 9) *Tape test* su laterizio con patina grigia (gruppo C).

Schede dello stato di conservazione dei dodici laterizi

Laterizi a cromia rossa (gruppo A)

1. NER.CLAVD(IVS)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/ interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni
Dimensioni: 25,5x28x6 cm

Impasto: Impasto depurato di colorazione rossa

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio rettangolare non intero.

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso su tutti i lati e presenta margini irregolari e frastagliati. Sullo spigolo in basso a destra si osserva una frattura recente, di cui si conserva il frammento corrispondente. La superficie presenta scalfitture, scagliature, e appare in generale abrasa e molto decoesa, con fenomeni di intensa polverizzazione. È inoltre presente deposito superficiale, sia incoerente che coerente, quest'ultimo localizzato in particolar modo lungo il margine di frattura destro e le altezze del laterizio. Si osservano inoltre tracce di malta di allettamento di colorazione biancastra e granulometria fine (probabilmente a base calce) interessando il tergo e in parte il fronte. Sulle superficie sono inoltre visibili efflorescenze saline con crescite aghiformi e imbianchimento generalizzato del fronte. In linea generale si presenta in un discreto stato di conservazione.



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

2. C.CO(---)VE(---)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 22,5x22x7 cm

Impasto: Impasto depurato di colorazione rosata con presenza di chamotte.

Bollo: bollo in incavo privo di cartiglio.

Stato di conservazione: Il laterizio, giunge in laboratorio all'interno di un sacco in polietilene e si compone di due frammenti combacianti, separati da una frattura recente (in quanto priva di deposito), che attraversa diagonalmente il marchio di fabbrica. La struttura risulta compromessa a causa di numerose lesioni superficiali localizzate principalmente in corrispondenza dell'altezza, e da una lesione passante che attraversa diagonalmente il corpo ceramico compromettendone la stabilità. Inoltre si presenta lacunoso in tutti i lati. La superficie presenta deposito superficiale pulverulento diffuso e deposito coerente localizzato in corrispondenza di tracce di malta di allettamento. Quest'ultima, di colore biancastro e granulometria fine, è presente in zone circoscritte sul fronte, ai margini superiore e inferiore in corrispondenza dell'iscrizione, mentre risulta diffusa sul tergo. In prossimità dell'area soprastante l'iscrizione si rilevano inoltre tracce di pigmento di colore blu intenso. Nonostante le diffuse alterazioni, la matrice ceramica risulta ancora discretamente coesa.

Note: Sulla faccia principale si osservano, sul margine in alto e al centro, un'incisione semicircolare non completa e un'incisione verticale. Quest'ultima potrebbe essere stata realizzata prima della cottura con uno strumento o per mezzo delle dita come contrassegno e/o come manubrio per agevolarne il trasporto.



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.



Foto di Ilana Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

3. P.A(---) S(---)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 19x30x6 cm

Impasto: Impasto depurato di colorazione rosata, in frattura presenta nucleo di colorazione rossastra più intensa.

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio rettangolare non integro nel lato sinistro.

Stato di conservazione: Il laterizio si conserva quasi integralmente integro, ad eccezione di un lato. La superficie presenta un forte grado di usura e abrasione, con perdita diffusa dello strato superficiale, la texture appare rugosa. Si osservano inoltre abbondanti efflorescenze saline, con crescite aghiformi localizzate lungo i margini del fronte. Non si riscontrano depositi o concrezioni significative, ma la cromia della superficie appare alterata in più punti, assumendo una colorazione grigiastra.

4. (---)TI

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/ interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni.

Dimensioni: ? cm

Impasto: Impasto depurato di colorazione rossa intensa

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio rettangolare non integro nel lato sinistro.

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta in uno stato frammentario, i margini si presentano irregolari e frastagliati, a causa probabilmente di urti e/o consunzione. A causa dello stato frammentario non è possibile risalire alla forma originaria. La superficie è interessata da uno spesso strato diffuso di deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento. È inoltre osservabile uno spesso strato spesso di malta di allettamento (probabilmente a base calce) che rende difficoltosa la lettura della superficie originaria e del marchio di fabbrica.



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VB-LAG, 2025.

Laterizi a cromia gialla (gruppo B)



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

5. P.V(---)TE(---)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 14,5x18x6cm

Impasto: Impasto di colore giallo chiaro con chamotte. In frattura il nucleo presenta una colorazione rosata.

Bollo: bollo in incavo privo di cartiglio non integro nel lato sinistro.

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso in tutti i lati, i margini inferiore e laterale destro si presentano irregolari e frastagliati, a causa di probabili di urti e/o consunzione. La superficie è interessata da uno spesso strato diffuso di deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento (l'iscrizione in particolare è interessata da uno spesso strato di deposito) e deposito coerente localizzato sul margine superiore del fronte. Si osservano inoltre tracce di malta di allettamento (probabilmente a base calce) nella zona a destra del fronte e su tutto il tergo, sulle altezze si osservano colature di calce.

Note: : Sulla faccia principale si osservano, nella zona sovrastante il marchio, una doppia incisione semicircolare non completa e un'incisione verticale. Quest'ultima potrebbe essere stata realizzata prima della cottura con uno strumento o per mezzo delle dita come contrassegno e/o come manubrio per agevolare il trasporto.

6. V (---)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 23x15x6,5 cm

Impasto: Impasto di colore giallo chiaro-verdognolo

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio quadrato integro.

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta in uno stato frammentario, con margini di frattura irregolari e frastagliati, a causa di probabili urti e/o consunzione. La matrice si presenta estremamente compromessa a causa di numerose lesioni superficiali a reticolo. Queste ultime, unitamente a fenomeni di scagliatura e distacchi possono essere ricondotti a tensioni interne esercitate dalla cristallizzazione dei sali all'interno della porosità (subfiorescenze), unitamente a ciò si osservano efflorescenze saline diffuse sull'intera superficie con crescite aghiformi e a grappolo. L'effetto dei cicli di dissoluzione e cristallizzazione possono aver contribuito anche alla disgregazione del materiale che si manifesta con fenomeni di intensa polverizzazione. Si osservano inoltre tracce di malta di allettamento (probabilmente a base calce) che interessano la superficie il tergo, sulla zona frontale, al di sotto delle sottili tracce di malta si osserva un'alterazione cromatica della superficie.



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.



7. LAE(PONII)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza:

Dimensioni: 18x21x7 cm

Impasto: Impasto di colore giallo chiaro

Bollo: bollo impressi in rilievo entro cartiglio rettangolare non integro nell'angolo superiore destro.

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso nel modellato su tutti i lati, questi ultimi si presentano irregolari e frastagliati, a causa di probabili di urti e/o consunzione. Si osserva un ingrigimento diffuso della superficie, dovuto alla presenza di un abbondante deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento e coerente localizzato sulle altezze. Sono inoltre presenti numerose macchie localizzate sul fronte (in particolare in corrispondenza dell'angolo superiore destro dell'iscrizione). Si osservano inoltre tracce di malta di allettamento (probabilmente a base calce) sotto forma di concrezioni spesse che interessano in parte il fronte e in modo più diffuso sulle altezze e su tutto il tergo.

8. LAE(PONII)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 22,5x22x7 cm

Impasto: Impasto di colore giallo chiaro con inclusi brunastri

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio rettangolare non integro nel lato destro.

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso nel modellato in tutti i lati, i margini si presentano irregolari e consunti, a causa di probabili di urti (in antico). La superficie appare estremamente scabrosa e consunta e attraversata da lesioni superficiali. La superficie presenta inoltre abbondante deposito superficiale diffuso e un deposito più tenace localizzato nell'area centrale del fronte e nella zona iscritta. Si osservano inoltre tracce di malta di allettamento di colorazione biancastra (probabilmente a base calce) nella zona centrale del fronte e su tutto il tergo. Sono presenti inoltre degli imbianchimenti superficiali riconducibili alla presenza di sali solubili.



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

Laterizi a cromia grigia (gruppo C)



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

9. L.TITVS PRIMVS IVNIOR

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 22,5x27x6,5 cm

Impasto: Impasto di colorazione rosata-giallognola (la presenza di un abbondante stato di deposito superficiale coerente di colorazione grigia rende difficoltosa la percezione della cromia del supporto) con inclusi.

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio rettangolare quasi completamente integro a esclusione della parte centrale inferiore.

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso nel modellato su due lati, I margini di frattura (si presume siano fratture antiche per la presenza di abbondante deposito superficiale) si presentano irregolari e frastagliati, a causa di probabili di urti e/o consunzione. La superficie è interessata da deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento e deposito coerente diffuso di colorazione grigia che oblitera gran parte della superficie del laterizio. Si osservano concrezioni carbonatiche localizzate soprattutto nell'area a destra del fronte (possibili tracce di malte di allettamento); tracce di malta sono inoltre diffuse sul tergo. In più parti si osservano craterizzazioni.

10. H(---) M(---) S(---)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 29x21x6 cm

Impasto: Impasto di colorazione giallognola (la presenza di un abbondante stato di deposito superficiale coerente di colorazione grigia rende difficoltosa la percezione della cromia del supporto).

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio rettangolare integro

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso nel modellato su tutti i lati. I margini di frattura si presentano irregolari e consunti (si presume siano fratture antiche per la presenza di abbondante deposito superficiale), a causa di probabili di urti e/o consunzione. Leggera deformazione. La superficie è interessata da deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento e deposito coerente diffuso di colorazione grigia che oblitera gran parte della superficie del laterizio. Si osservano tracce di malta diffuse sull'intera superficie sia del fonte che del tergo.



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

11. SAL(VIVS)

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni: 21x11x5 cm

Impasto: Impasto di colorazione giallognola (la presenza di un abbondante stato di deposito superficiale coerente di colorazione grigia rende difficoltosa la percezione della cromia del supporto).

Bollo: bollo impresso in rilievo entro cartiglio rettangolare integro

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso nel modellato su tutti i lati. I margini di frattura si presentano consunti (si presume siano fratture antiche per la presenza di abbondante deposito superficiale). La superficie è interessata da deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento e deposito coerente diffuso di colorazione grigia che oblitera l'intera superficie frontale e le altezze del laterizio. L'ingrignamento risulta non uniforme, ma è più o meno intenso a seconda della zona. La superficie appare abrasa (soprattutto nella zona del marchio) con frequenti scalfitture. Si osservano tracce di malta diffuse soprattutto sul tergo.



Foto di Daria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG/2025

12. Doppia impronta canina.

Materiale: Terracotta.

Tipologia: Materiale da costruzione, mattone.

Provenienza: Campanile di San Marco, Venezia. Muratura esterna/interna e/o masso di fondazione. Recuperato a seguito del crollo del 1902 dall'archeologo Giacomo Boni

Dimensioni:

Impasto: Impasto di colorazione giallognola (la presenza di un abbondante stato di deposito superficiale coerente di colorazione grigia rende difficoltosa la percezione della cromia del supporto).

Bollo: Impronta canina (zampe anteriori)

Stato di conservazione: Il laterizio si presenta lacunoso nel modellato su un lato con margini irregolari e consunti (si presume siano fratture antiche per la presenza di abbondante deposito superficiale), a causa di probabili di urti e/o consunzione. La superficie appare estremamente usurata, con presenza di numerose incisioni e scalfitture. È presente deposito superficiale incoerente dall'aspetto pulverulento e deposito coerente diffuso di colorazione grigia che oblitera gran parte della superficie del laterizio. Le macchie sono distribuite in modo non uniforme e assume in alcuni tratti una conformazione dendritica (possibili ossidi di manganese). Si osservano tracce di malta localizzata sull'angolo in alto a destra del fronte e su tutto il tergo.



Foto di Ilaria Voltolina, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

Capitolo IV

L'intervento conservativo

4.1 L'intervento

Il presente capitolo illustra l'intervento conservativo condotto su alcuni bolli laterizi di età romana, reimpiegati nella struttura del Campanile di San Marco e recuperati a seguito del crollo dello stesso nel 1902. I dodici bolli laterizi, oggetto della presente ricerca, rientrano tra i materiali individuati dall'archeologo Giacomo Boni (1859–1925) durante le indagini archeologiche da lui stesso condotte, e selezionati per la loro rilevanza storico-documentaria¹. Grazie agli studi condotti successivamente sui reperti in esame, è possibile datare i bolli tra il I secolo a.C. e il II secolo d.C., un arco cronologico ben precedente alla costruzione del campanile, a conferma del diffuso fenomeno del reimpiego nell'area lagunare. I reperti in esame, conservati fino al 2021 presso il Magazzino della Soprintendenza situato nei pressi dell'isola del Lazzaretto Nuovo e successivamente trasferiti alle Prigioni di Palazzo Ducale, sono giunti in laboratorio il 27 maggio 2025. L'intervento, condotto tra il luglio e settembre del 2025 sotto supervisione della Dott.ssa. Chiara Tomaini presso il laboratorio dell'Istituto Veneto per i Beni Culturali, rientra nell'ambito di un tirocinio extracurricolare attivato grazie alla convenzione con la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Venezia (SABAP) e lo stesso Istituto. I paragrafi successivi illustreranno nel dettaglio l'intero *iter* operativo, dalle fasi di documentazione fotografica, alle fasi di pulitura e consolidamento, ponendo particolare attenzione ai criteri metodologici che hanno orientato le scelte operative, in aderenza ai principi fondamentali del restauro archeologico conservativo.

4.2 Documentazione fotografica

Tutte le operazioni di restauro sono state precedute e accompagnate da una sistematica campagna fotografica, volta a documentare lo stato di conservazione dei reperti e a monitorare le diverse fasi operative. Per ogni laterizio sono state eseguite riprese dell'insieme in luce diffusa di entrambi i lati, sia nella fase precedente che al termine del restauro, al fine di consentire un confronto diretto tra le condizioni iniziali e finali del reperto. La documentazione è stata realizzata con macchina fotografica digitale *Nikon*, impiegando un set fotografico composta da *Light box* e flash, così da garantire un'illuminazione omogenea e controllata. I parametri di scatto (ISO, tempo di esposizione e diaframma) sono stati mantenuti costanti, assicurando in tal modo una confrontabilità delle immagini². Sono state inoltre effettuate delle fotografie di dettaglio dei bolli in diverse condizioni di illuminazione, sia in luce diffusa che a luce radente: quest'ultima si è rivelata particolarmente efficace nel rendere leggibili alcuni marchi che risultavano poco marcati o parzialmente compromessi. Nel corso della fase di analisi dello stato di conservazione, ulteriori riprese sono state condotte con microscopio digitale *Dino-Lite*, il quale ha permesso di osservare con maggiore chiarezza le superfici e le patologie presenti. Tutte le fasi del restauro sono state accuratamente documentate, con l'obiettivo di registrare la progressione del lavoro e valutare l'efficacia dei trattamenti. Infine, uno

¹ N.D.A. cfr. Capitolo I.

² Le fotografie in luce diffusa, d'insieme e di dettaglio, sono state realizzate con parametri di scatto ISO 100, apertura *f*8 e tempo di esposizione pari a 1/200, mentre per le riprese in luce radente sono stati mantenuti gli stessi valori di ISO e apertura, variando il tempo di esposizione a 1/6.

dei laterizi bollati è stato oggetto di una campagna fotografica a 360°, finalizzata alla realizzazione di un modello tridimensionale fedele all'originale, utilizzato per la progettazione di un supporto espositivo³.

4.3 Pulitura

La prima fase dell'intervento ha riguardato la pulitura dei reperti. Questa fase, particolarmente delicata nell'ambito del restauro archeologico, ha come obiettivo l'eliminazione di sostanze estranee e dannose, o potenzialmente tali, al corpo ceramico, quali sali solubili, incrostazioni, e macchie, responsabili del degrado estetico e materico del manufatto⁴. Data la sua natura irreversibile, l'operazione richiede l'adozione di metodologie calibrate e l'impiego di prodotti compatibili e rispettosi delle caratteristiche del materiale.

Per la pulitura dei laterizi oggetto di studio è stata adottata una metodologia il più possibile unitaria, combinando tecniche di pulitura meccaniche e/o chimiche, adattate in funzione delle caratteristiche specifiche dei singoli casi. Le operazioni si sono articolate in due momenti principali: la rimozione dei depositi superficiali e l'estrazione dei sali solubili.

La prima fase, volta all'eliminazione del deposito superficiale incoerente e coerente, è stata condotta in maniera graduale e differenziata. In un primo momento si è proceduto con una pulitura a secco per mezzo di pennelli a setole morbide e spazzolini, volta all'asportazione di eventuali efflorescenze saline e del deposito pulverulento (Fig.1). Qualora le condizioni della superficie lo permettessero, si è effettuata una pulitura umida con tamponcini di ovatta imbevuti in soluzione 3A (alcol etilico, acetone, acqua in proporzione 1:1) che è risultata particolarmente efficace per la



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 1) Rimozione del deposito pulverulento con pennello a setole morbide.

³ Delle modalità di realizzazione del supporto espositivo si parlerà nel capitolo successivo.

⁴ Istituto Centrale per il Restauro, *Tecniche di pulitura*, consultato nel 2025, <https://iscr.beniculturali.it>.

rimozione di depositi coerenti (Fig.2). Nei casi di incrostazioni particolarmente tenaci, si è ricorso, previo tassello di prova, ad impacchi localizzati di soluzione chelante a base di EDTA tetrasodico (acido etilendiamminotetracetico) al 2% in acqua demineralizzata, applicati per mezzo di carta giapponese per 5-10 minuti e successivamente risciacquati. Questa procedura ha permesso, in alcuni casi, di ammorbidire le concrezioni, favorendone l'asportazione controllata per mezzo di bisturi (Fig 3). In alcuni laterizi, in particolar modo in quelli caratterizzati da un deposito grigiastro molto aderente, a seguito della pulitura sono emerse delle disomogeneità cromatiche del supporto, che interessavano soprattutto le zone con tracce di malta. Tali alterazioni sono state interpretate come esiti di alterazioni chimiche, probabilmente in parte influenzate dalla presenza della malta stessa. In questi casi si è ritenuto opportuno preservare tali disomogeneità, al fine di non compromettere la matrice ceramica.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 2) Rimozione puntuale del deposito coerente per mezzo di bisturi.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 3) Dettaglio della pulitura a tampone con soluzione 3A del bollo.

La seconda fase della pulitura ha previsto l'eliminazione dei sali solubili, principali responsabili del degrado dei reperti. Il trattamento ha previsto l'applicazione di impacchi a base di polpa di cellulosa e acqua demineralizzata, ripetuti più volte e seguiti da un'asciugatura graduale (Fig.4,5). L'efficacia dei trattamenti estrattivi, ampiamente riconosciuta e suggerita in letteratura⁵, si basa sul principio dell'osmosi: l'acqua demineralizzata contenuta nella polpa, a contatto con la superficie favorisce la solubilizzazione dei sali e la loro successiva migrazione verso il materiale assorbente grazie al fenomeno della capillarità dell'evaporazione. Il trattamento è stato ripetuto più volte, monitorando sistematicamente le condizioni del supporto, sospendendolo qualora questo non consentisse ulteriori cicli. I laterizi che si presentavano particolarmente compromessi e decoesi non sono stati sottoposti al trattamento. L'estrazione dei sali solubili ha perseguito un duplice obiettivo: da un lato ridurre la loro concentrazione, limitando i fenomeni di degrado strutturale ad essi connessi, dall'altro favorire una migliore penetrazione del prodotto consolidante. In alcuni casi, il trattamento di desalinizzazione ha determinato la comparsa di ulteriori sali superficiali. È importante sottolineare che la comparsa di ulteriori sali superficiali durante o immediatamente dopo un trattamento di desalinizzazione non costituisce un indice di inefficacia del procedimento. Tale fenomeno trova spiegazione nei meccanismi di migrazione ionica e diffusione nei materiali porosi. In materiali come laterizi o reperti archeologici, i sali solubili non sono distribuiti uniformemente, ma possono essere localizzati in strati profondi o all'interno di pori capillari di dimensioni variabili. L'applicazione di impacchi impregnati di acqua demineralizzata genera un gradiente di concentrazione che favorisce l'osmosi: i sali si dissolvono nell'acqua e migrano verso la superficie. In questo processo, l'estrazione dei sali superficiali iniziali può facilitare la mobilitazione di sali precedentemente "intrappolati" negli strati interni, i quali diventano così visibili. Questo fenomeno, noto in letteratura come estrazione progressiva dei sali, è intrinsecamente correlato alla porosità del materiale e al principio dell'equilibrio ionico. Pertanto, la comparsa di nuovi sali durante cicli successivi di trattamento costituisce in realtà un indicatore della continuità e dell'efficacia del processo di desalinizzazione, richiedendo un monitoraggio accurato piuttosto che una sospensione anticipata del trattamento.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 4) Applicazione dell'impacco desalinizzante.

⁵ Mora P., *Conservazione di intonaci, stucchi e mosaici di scavo*, in *La conservazione sullo scavo archeologico*, a cura di C.C.A. (Roma, Centro di Conservazione Archeologica, 1986) p.112.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 5) Rimozione dell'impacco desalinizzante.

4.4 Consolidamento

Come evidenziato in precedenza, gran parte dei laterizi bollati presentavano una perdita di coesione della matrice ceramica, con fenomeni di polverizzazione superficiale più o meno marcati. La seconda fase dell'intervento si è pertanto concentrata sulla scelta del prodotto consolidante più idoneo a ristabilire le proprietà meccaniche dei manufatti, assicurando al contempo una compatibilità con le caratteristiche del materiale.

Al fine di comprendere i criteri che hanno guidato le scelte operative, si ritiene pertanto utile fornire una panoramica dei principali prodotti consolidanti utilizzati nel restauro dei manufatti lapidei, con particolare riferimento ai materiali fittili nell'ambito del restauro archeologico.

4.4.1 Panoramica sui metodi di consolidamento per materiali lapidei e fittili

Con il termine consolidamento si intendono, in senso stretto⁶, l'insieme delle pratiche volte a ristabilire un adeguato grado di coesione all'interno della microstruttura del manufatto che, a seguito di processi di degrado naturali o indotti, ha subito una compromissione delle proprietà meccaniche⁷. Tali operazioni prevedono generalmente l'impregnazione del materiale poroso mediante un liquido consolidante che, una volta penetrato, è in grado di solidificare ristabilendo la coesione interna del supporto⁸. Secondo le raccomandazioni NORMAL 20/85, un prodotto consolidante deve:

1. Assicurare un'impregnazione profonda e uniforme, evitando gradienti nelle proprietà fisico meccaniche che possano generare tensioni interne;
2. Essere chimicamente e fisicamente compatibile con il substrato e con le condizioni ambientali esterne (coefficiente di dilatazione termica e sensibilità all'umidità simili a quelle del materiale);
3. Preservare l'aspetto e le caratteristiche cromatiche del manufatto;
4. Essere ritrattabile, ovvero non pregiudicare trattamenti futuri⁹.

I prodotti impiegati per il consolidamento dei materiali lapidei naturali e artificiali si distinguono, a seconda della loro natura chimica, in consolidanti inorganici, consolidanti organici, e consolidanti a base di silicio (questi ultimi possono essere organici, inorganici o a caratteristiche intermedie). A questi si affiancano i più recenti consolidanti nanostrutturati, tra cui si annoverano nanodispersioni acquose a base di polimeri organici o di silice colloidale.

Consolidanti inorganici:

I consolidanti inorganici hanno trovato largo impiego soprattutto in passato e rappresentano una delle prime categorie di prodotti utilizzate nel restauro dei materiali lapidei naturali e artificiali. Essi vengono generalmente applicati in soluzione acquosa e, a seguito di reazioni chimiche con

⁶ In questa sede il termine consolidamento è utilizzato esclusivamente per indicare l'operazione volta a ristabilire un adeguato grado di coesione della microstruttura del manufatto, escludendo le altre accezioni comunemente associate al termine, quali il fissaggio di scaglie o piccoli elementi distaccati e il ripristino macroscopico di strutture compromesse.

⁷ Matteini M., Moles A., *La chimica del restauro* (Firenze, Nardini Editore, 2007), p. 217.

⁸ *Ivi* p.195.

⁹ Per le operazioni di consolidamento si preferisce parlare di *ritrattabilità* piuttosto che di *reversibilità*, in quanto l'operazione di consolidamento, per sua natura, è irreversibile.

l'acqua o con alcuni componenti dell'atmosfera precipitano all'interno della porosità del materiale sotto forma di sali insolubili (tali composti non possono essere rimossi, neppure parzialmente, caratterizzando così un intervento di natura permanente)¹⁰. I principali punti di forza di questi prodotti risiedono nella loro affinità chimico-fisica con il substrato, nella stabilità nel tempo e nella capacità di penetrare in profondità all'interno della porosità. Tali aspetti positivi si accompagnano tuttavia ad alcune criticità. La stabilità chimica si traduce infatti in una limitata adesività: i consolidanti inorganici tendono infatti a riempire i pori senza instaurare legami forti con le pareti, determinando un'azione consolidante meno efficace rispetto ad altri prodotti. L'occlusione della porosità può inoltre generare disomogeneità interne e tensioni meccaniche tra zone trattate e zone non trattate. Non va trascurata infine la possibilità che durante il processo si formino sottoprodotti dannosi, sotto forma di sali solubili che, migrando in superficie, possono dare origine a efflorescenze. Tra i consolidanti inorganici maggiormente utilizzati, in particolare per materiali lapidei di natura carbonatica, si ricordano l'idrossido di calcio e l'idrossido di bario.

Consolidanti organici

I consolidanti di natura organica sono costituiti prevalentemente da polimeri sintetici, impiegati in soluzioni o in dispersione, capaci di formare all'interno della porosità del materiale film coerenti o reticoli tridimensionali in grado di inglobare le parti decoese e "saldarle" tra loro. Fin dai primi utilizzi questi prodotti hanno mostrato caratteristiche molto vantaggiose, quali una buona elasticità, un'elevata adesività, una discreta resistenza meccanica e in molti casi, la capacità di conferire caratteristiche di idrorepellenza unendo all'azione consolidante anche un'azione protettiva.

In base alla loro struttura molecolare le resine sintetiche (o materie plastiche) si distinguono in termoplastiche o termoindurenti. Le prime presentano una struttura lineare che conferisce caratteristiche di flessibilità e solubilità in determinati solventi organici anche a temperatura ambiente. Una volta penetrati all'interno della matrice, non subiscono ulteriori processi di polimerizzazione mantenendo, almeno in linea teorica, la possibilità di rimozione e quindi un certo grado di reversibilità. Le resine termoindurenti, al contrario, formano strutture reticolari tridimensionali che conferiscono elevata resistenza meccanica e forte potere adesivo. Tuttavia risultano poco elastiche, tendono a diventare fragili e la loro insolubilità ne limita la possibilità di rimozione, rendendole di fatto irreversibili; vengono perciò impiegate soprattutto come adesivi strutturali.

Un limite comune dei consolidanti di natura organica risiede nella minore durabilità chimica rispetto a quelli di natura inorganica. I polimeri, infatti, sono soggetti nel tempo a processi di invecchiamento (dovuti all'azione combinata di ossigeno, raggi UV, umidità, biodeteriogeni) che comportano una progressiva perdita delle prestazioni meccaniche e alterazioni cromatiche della superficie. A ciò si aggiunge la difficoltà di penetrazione, condizionata dalle dimensioni molecolari elevate. All'interno della categoria dei consolidanti organici rientrano i polimeri acrilici e metacrilici, i polimeri vinilici e le resine epossidiche.

Tra i più diffusi nel campo della conservazione dei materiali ceramici in ambito archeologico si colloca la resina acrilica Paraloid B72, un copolimero di etilmetacrilato e metilacrilato, tradizionalmente diluito in acetone a basse percentuali utilizzato sia nei preconsolidamenti che nei consolidamenti. Quest'ultimo polimerizza *in situ* per evaporazione del solvente e, oltre a garantire un effetto consolidante, conferisce alle superfici trattate anche una moderata idrorepellenza.

¹⁰ Lazzarini L., Tabasso L.M., *Il restauro della pietra* (Padova, CEDAM, 1986), p. 182.

Consolidanti a base di silicio

La classe più vasta di consolidanti è rappresentata dai prodotti a base di silicio, che comprendono formulazioni di natura inorganica (tra cui si ricordano i silicati alcalini e i fluosilicati) , organica (alchil-alcossi silani; polisilossani o resine siliconiche) e con caratteristiche intermedie (silicato di etile). I prodotti a base di silicio sfruttano la capacità dei silicati di formare silice idrata all'interno della porosità del materiale in presenza di acqua (sotto forma di umidità) attraverso una serie di reazioni di idrolisi e condensazione. La silice formata si deposita nella matrice e supporta e lega i granuli del materiale mediante legami elettrostatici o per reazioni di condensazione, contribuendo a migliorarne la coesione¹¹. Tra i consolidanti a base di silicio il più diffuso, soprattutto per il trattamento dei materiali fittili, è il tetraetossisilano (TEOS), noto anche come silicato di etile. La diffusione del silicato di etile si deve alla capacità di consolidare efficacemente il materiale lapideo senza generare sottoprodotti dannosi (durante la reazione si formano infatti acqua e alcol), alla compatibilità chimica con i materiali lapidei di natura silicatica e per la sua ottima capacità di penetrazione (dovuta alle piccole dimensioni delle molecole).

Infine negli ultimi anni la ricerca si è orientata verso lo sviluppo di prodotti nanostrutturati, in particolare nano-dispersioni di silice colloidale, impiegati sia come consolidanti che come protettivi. Tali prodotti, grazie alle dimensioni ridotte delle particelle (dell'ordine dei nanometri), consentono di superare uno dei limiti più significativi dei consolidanti tradizionali, ossia la ridotta profondità di penetrazione, garantendo al contempo vantaggi in termini di compatibilità chimico fisica e di durabilità.

4.5 Prove di consolidamento dei laterizi bollati in esame

Sulla base delle considerazioni relative alle proprietà e ai limiti dei diversi consolidanti, e con l'obiettivo di individuare il prodotto più idoneo al trattamento dei manufatti in esame, sono state condotte prove comparative su quattro consolidanti di diversa natura chimica, tra quelli più utilizzati nel trattamento del materiale fittile: **Paraloid B72**¹², **Estel 1000**¹³, **NanoEstel**¹⁴ e **Nanosilo Corave**¹⁵. Quest'ultimo, un preparato innovativo a base acquosa contenente nanosilice funzionalizzata e terbutrina microincapsulata, è stato incluso per la sua duplice funzione consolidante e protettiva,

11 *Ivi* pp.190-210.

12 Resina acrilica al 100% a base di Metilacrilato-Etilmetacrilato con ottime caratteristiche di durezza, brillantezza e adesione sui più svariati supporti. Il Paraloid B 72 viene utilizzato per il consolidamento e la protezione di oggetti ed opere d'arte in legno, pietra, marmo, metallo ecc. Paraloid B 72 è solubile in chetoni, esteri, idrocarburi aromatici e clorurati.

13 Prodotto consolidante pronto all'uso a base di silicato di etile in soluzione in white spirit D40. Estel 1000 è particolarmente indicato per il trattamento consolidante e preconsolidante di materiali lapidei di natura silicatica, laterizi e intonaci degradati.

14 Dispersione acquosa colloidale di silice di dimensioni nanometriche ad effetto consolidante e fissativo per pietre naturali, mattoni, terracotta, malte e intonaci. Può essere applicata in ambienti umidi, ed ha un tempo di presa di 3-4 giorni.

15 NANO SILO CORAVE è un preparato idrofobico e preservante a base acquosa contenente nanosilice funzionalizzata con gruppi silossanici e terbutrina microincapsulata, da utilizzare per la protezione combinata dalla pioggia battente e dall'attacco microbiologico di superfici quali materiali lapidei, malte e intonaci, affreschi, mattoni. Il prodotto, è frutto del "Progetto di ricerca Co.R.A.Ve. - Conservazione dei Ruder Archeologici nei contesti Vegetali", condotta con il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino, in collaborazione con la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la provincia di Viterbo e l'Etruria meridionale e il Parco Archeologico di Cerveteri e Tarquinia.

già sperimentata in ambito archeologico su materiali analoghi¹⁶.

I test sono stati eseguiti su una porzione del tergo di due laterizi, uno a cromia gialla e uno a cromia rossa, entrambi caratterizzati da intensi fenomeni di polverizzazione superficiale. Le porzioni sono state dunque suddivise in campi di eguali dimensioni e trattati a pennello fino a rifiuto, seguendo attentamente i protocolli indicati dalle rispettive schede tecniche.

Per valutare l'efficacia dei consolidanti, sono state condotte osservazioni empiriche. In particolare, il *tape test* è stato eseguito sia prima sia dopo l'applicazione dei prodotti: questo metodo consiste nell'applicare un nastro adesivo sulla superficie del materiale e nel rimuoverlo immediatamente, osservando la quantità di particelle distaccate. La comparazione tra i risultati ottenuti prima e dopo il trattamento permette di apprezzare direttamente il miglioramento della coesione superficiale. Parallelamente, è stata attentamente monitorata la stabilità cromatica dei manufatti: eventuali variazioni di tonalità sono state rilevate sia a occhio nudo sia mediante osservazione ravvicinata con l'ausilio di Dino-Lite, confrontando le porzioni trattate con quelle non trattate.

Dall'analisi dei risultati è emerso quanto segue:

- Le porzioni trattate con Paraloid B72 (A) hanno mostrato un buon recupero della coesione, ma hanno provocato un lieve ingiallimento della superficie in entrambi i laterizi.(Fig.10,11)
- Le porzioni trattate con NanoEstel (C) hanno evidenziato fenomeni di ricristallizzazione superficiale e lucidatura, con penetrazione limitata, probabilmente a causa della presenza di sali residui.(Fig.10,11)
- Le porzioni trattate con Nanosilo Corave (D) hanno mostrato un miglioramento limitato della coesione, lasciando aree di polverizzazione, e sbiancamenti superficiali. (Fig.10,11)
- Le porzioni trattate con silicato di etile (B) hanno fornito i migliori risultati, con consolidamento efficace senza alterazioni cromatiche. (Fig. 10,11).

Alla luce di questi risultati, per i manufatti in esame è stato scelto il silicato di etile. Quest'ultimo è stato applicato a pennello sull'intero manufatto fino a rifiuto(Fig.7). Al termine del trattamento l'efficacia del trattamento è stata valutata con *tape test* (Fig.12,13).



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 6) Iniezioni di Paraloid B72 nelle lesioni passanti.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig.7) Applicazione a pennello di Estel 1000.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 8) Laterizio rosso prima del trattamento consolidante.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig.9) Laterizio giallo prima del trattamento consolidante.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 10) Laterizio rosso dopo il trattamento consolidante.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 11) Laterizio giallo dopo il trattamento consolidante.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 12) *Tape test* dopo il consolidamento con Estel 1000.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 13) *Tape test* dopo il consolidamento con Estel 1000.

4.6 Stoccaggio

L'ultima fase dell'intervento ha riguardato lo stoccaggio dei reperti. Come precedentemente evidenziato, questi ultimi giungevano in laboratorio sciolti all'interno di casse, privi di imballaggi o sistemi di protezione. Tale condizione può aver compromesso, almeno in parte, la conservazione dei manufatti, esponendoli a sollecitazioni meccaniche quali urti accidentali e abrasioni dovute al contatto reciproco. Alla luce di queste criticità, durante la fase conclusiva dell'intervento è emersa la necessità di predisporre soluzioni di stoccaggio atte a garantire l'integrità dei reperti sia durante il trasporto sia nel successivo deposito. A tal fine si è fatto ricorso all'utilizzo di pannelli in ethafoam, posizionati sia ai lati interni delle casse che a protezione degli spigoli di ciascun laterizio. I reperti sono stati disposti orizzontalmente all'interno delle casse, intervallando ogni strato con fogli di carta acid-free, al fine di evitare contatti diretti e ridurre al minimo l'attrito (Fig.14). Per uno dei laterizi, selezionato per essere esposto in occasione della presentazione del progetto, è stato realizzato un supporto su misura mediante la sagomatura di un pannello di ethafoam, modellato per aderire perfettamente al profilo del reperto, assicurandone la stabilità e la protezione durante l'esposizione.



Foto di Chiara Tomaini, su gentile concessione di SABAP-VE-LAG, 2025.

(Fig. 14) Stoccaggio dei reperti.

Capitolo V

Proposta di un supporto espositivo ecosostenibile per i laterizi bollati

Negli ultimi anni la crescente consapevolezza della crisi climatica ha imposto una riflessione anche nel settore dei beni culturali. Sempre più spesso, infatti, istituzioni legate all'ambito dei beni culturali come musei, soprintendenze e istituti di ricerca si trovano nella necessità di integrare nei propri processi una vera e propria *green attitude*, intesa come un insieme di pratiche e scelte orientate alla riduzione dell'impatto ambientale.

Il comparto museale contribuisce in parte alle problematiche legate alla sostenibilità, sia per l'elevato consumo energetico, dovuto in particolare ai sistemi di climatizzazione, illuminazione e conservazione delle opere, sia per l'impiego di materiali non riciclabili negli allestimenti e nelle esposizioni temporanee. Supporti, piedistalli, cavalletti e telai realizzati su misura sono infatti spesso prodotti in materiali plastici come il polimetilmetacrilato affini, difficilmente riutilizzabili in altri contesti e caratterizzati da una bassa riciclabilità¹. È dunque evidente come il settore museale contemporaneo sia sempre più chiamato oggi a confrontarsi con la sostenibilità, non solo come principio etico, ma come direttrice operativa. Questa riflessione si traduce nella messa in atto di strategie ecosostenibili, nella gestione responsabile dei materiali e nell'adozione di soluzioni innovative a basso impatto ambientale: in questo contesto, il ruolo tradizionale del museo come custode del passato si amplia, trasformandosi in un attore attivo nella promozione di pratiche sostenibili orientate al futuro².

È in questa direzione che si inserisce il progetto pilota “*Un Passato Sostenibile: Supporti e Imballaggi Sostenibili per la Conservazione dei Reperti*”, promosso dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio di Venezia in collaborazione con l'Istituto Veneto per i Beni Culturali. Il progetto, presentato in occasione del XL Convegno Scienza e Beni Culturali dal titolo “*Le Prossime Sfide per i Beni Culturali: Ricerca, Competenze e Professioni a Fronte di Cambiamenti Climatici, Sostenibilità e Transizione Digitale*”, ha come obiettivo la creazione di supporti innovativi concepiti secondo i principi dell'economia circolare e della riduzione dello spreco di risorse. L'iniziativa punta allo sviluppo di supporti espositivi versatili, in grado di adattarsi a diverse tipologie di reperti, garantendo stabilità e sicurezza, ma al tempo stesso riducendo l'utilizzo di materiali plastici non riciclabili. In tal modo, si propone un modello alternativo di allestimento museale e conservazione archeologica, capace di coniugare esigenze di tutela e valorizzazione con quelle, ormai imprescindibili, della sostenibilità ambientale³. A partire da questi presupposti, il progetto ha previsto la sperimentazione di soluzioni espositive su misura, con l'obiettivo di testare l'efficacia di materiali e tecnologie a basso impatto ambientale applicati a casi concreti.

Proprio in questo quadro di ricerca e sperimentazione trova spazio la proposta di un supporto espositivo progettato digitalmente e poi stampato in 3D per i bolli laterizi oggetto della presente ricerca. La proposta rappresenta un banco di prova ideale per mettere in pratica i principi promossi dal progetto pilota, coniugando funzionalità, sostenibilità e valorizzazione dei reperti. Il supporto pensato

1 Bini S., Tomaini C., *Un passato sostenibile: supporti e imballaggi ecologici per la conservazione dei reperti archeologici*, in *Atti del XL Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali. Le prossime sfide per i beni culturali. Ricerca, competenze e professioni a fronte di cambiamenti climatici, sostenibilità e transizione digitale*, Bressanone, 17-20 giugno 2025.

2 *Ibidem*.

3 *Ibidem*.

per i bolli laterizi si presenta come un elemento di piccole dimensioni, discreto ma funzionale (Fig. 1). Un profilo a “N” inclinato ed estruso forma un piano obliquo che fa da appoggio posteriore al reperto mentre un bordo rialzato a novanta gradi funge da fermo e supporto. Dal punto di vista concettuale, la forma del supporto si ispira al leggio, la scelta non è puramente estetica, ma trova fondamento nella volontà di valorizzare il reperto in maniera analoga a come un leggio valorizza un testo scritto, ovvero ponendolo in una posizione stabile e facilmente leggibile.

Nella definizione della geometria del modello si è fatto riferimento alle linee guida elaborate dal *Metropolitan Museum of Art* (MET), secondo cui un supporto museale deve rispettare tre criteri fondamentali: sostenere strutturalmente l’oggetto, mantenerlo nella migliore angolazione visiva e risultare il più possibile invisibile, così da non distogliere l’attenzione dal reperto⁴. L’inclinazione del piano di appoggio è stata fissata a 30°, valore individuato sulla base di una valutazione ergonomica personale, considerando le altezze medie degli espositori museali orizzontali, che si aggirano intorno ai novanta centimetri⁵. Tale configurazione garantisce una visione ottimale del reperto consentendo inoltre una fruizione agevole anche a bambini e a persone con disabilità motorie. Dal punto di vista produttivo, i supporti sono stati concepiti per essere realizzati tramite stampa 3D a deposizione di filamento fuso (FDM - *Fused Deposition Modeling*). Questo processo produttivo consiste nella fusione ed estrusione di un filamento termoplastico che, depositato strato dopo strato, ricostruisce il modello digitale con grande fedeltà geometrica. Il modello può essere realizzato tramite un software di modellazione digitale (in questo caso è stato utilizzato il programma *3D Studio Max*) e poi elaborato tramite un software di *slicing*, che lo suddivide in strati sottili, indicando quindi alla stampante il percorso da seguire per costruire ogni livello dell’oggetto. Questa tecnologia offre numerosi vantaggi sia in termini progettuali che a livello di impatto ambientale: a differenza della produzione tradizionale per stampaggio a iniezione, che prevede l’impiego di stampi metallici costosi sia dal punto di vista economico che energetico, difficili da ammortizzare nella produzione di pochi esemplari, la stampa 3D si rivela più economica e sostenibile per realizzazioni su piccola scala. La produzione additiva, infatti, utilizza soltanto il materiale necessario alla costruzione del pezzo, riducendo drasticamente gli scarti e quindi l’impatto ambientale. Per la stampa sono stati presi in considerazione dei filamenti a basso impatto ambientale, in particolare bioplastiche come il PLA (acido polilattico), derivato da amido di mais e canna da zucchero, e materiali innovativi proposti da realtà come Krill Design, una *startup* milanese, che si occupa dello sviluppo di biopolimeri e biomateriali a partire da materiali di scarto come scarti di legno o cellulosa, ceneri da biomassa o da combustione industriale o sottoprodotti agroalimentari (bucce di agrumi, fondi di caffè, gusci di molluschi) favorendo in tal modo un’economia circolare e la riduzione dell’emissione di anidride carbonica⁶. Queste soluzioni consentono di coniugare resistenza meccanica, durabilità e sostenibilità, riducendo l’impatto ambientale del supporto e al tempo stesso garantendo la sicurezza e la stabilità del reperto. Un ulteriore aspetto qualificante del progetto riguarda la modularità. Sono state infatti sviluppate delle varianti che permettono l’utilizzo del supporto singolarmente o in coppia, adattandosi così a bolli laterizi di diverse forme e dimensioni. Infine, la geometria dei sup-

4 Belair S., *The art of Display: Mounting Arms and Armor in The Royal Hunt, The Metropolitan Museum of Art (MET)*, 2 dicembre 2015, <https://www.metmuseum.org/perspectives/the-artof-display>.

5 Smithsonian Institution, *Guideline for Accesible Exhibition Design*, 2023, <https://www.sifacilities.si.edu/sites/default/files/Files/Accessibility/accessibile-exhibition-design1.pdf>.

6 Per un approfondimento sul processo di produzione dei biopolimeri cfr. Bini S., Tomaini C., *Un passato sostenibile: supporti e imballaggi ecologici per la conservazione dei reperti archeologici*, in *Atti del XL Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali. Le prossime sfide per i beni culturali. Ricerca, competenze e professioni a fronte di cambiamenti climatici, sostenibilità e transizione digitale*, Bressanone, 17-20 giugno 2025.

porti è stata studiata per garantire una facile impilabilità durante le fasi di stoccaggio e trasporto. Il progetto dei supporti per bolli laterizi dimostra come sia possibile ripensare le pratiche espositive e conservative in chiave sostenibile. Attraverso l'uso della modellazione digitale e della stampa 3D, è stata sviluppata una soluzione tecnica che integra funzionalità, adattabilità e riduzione dell'impatto ambientale, anche grazie alla scelta di materiali biodegradabili o riciclati. L'attenzione all'ergonomia, alla modularità e all'accessibilità conferma la volontà di proporre un modello replicabile e consapevole, capace di coniugare tutela del patrimonio e responsabilità ambientale. In questo senso, la tecnologia non è solo uno strumento operativo, ma un mezzo per tradurre in pratica i principi dell'economia circolare all'interno di un settore, quello dei beni culturali, sempre più chiamato a rispondere alle sfide del presente



(Fig.1) *Rendering* del supporto espositivo per bolli laterizi (vista laterale).



(Fig.2) *Rendering* del supporto espositivo per bolli laterizi (vista posteriore).

Conclusione

Alla luce di quanto emerso nel corso dell'intervento di restauro, è stato evidente come le patologie riscontrate sui reperti, in particolare la massiccia presenza di sali solubili e la significativa perdita di coesione della matrice ceramica, richiedessero una soluzione specifica e mirata. Si è reso infatti necessario individuare un prodotto consolidante capace di ristabilire un adeguato grado di coesione, al fine di prevenire ulteriori perdite di materiale, ma che al contempo non occludesse la porosità del materiale. Questo parametro si è rivelato particolarmente cruciale, poiché lo stato di conservazione dei reperti unito alla massiccia presenza di sali e alle tempistiche limitate dell'intervento non hanno consentito una completa asportazione dei sali. Per tale ragione, l'utilizzo di un prodotto che preservasse la traspirabilità del materiale risultava fondamentale per evitare, in futuro, fenomeni di cristallizzazione salina interna (subfiorescenze). A seguito di test comparativi, la scelta è ricaduta su un consolidante a base di silicato di etile, che si è dimostrato efficace nel ristabilire la coesione del materiale senza alterarne significativamente la porosità, anche nei casi in cui l'estrazione dei sali non è stata pienamente possibile. Alla luce di quanto indicato sopra, si raccomanda che i reperti vengano conservati in un ambiente il più possibile controllato, al fine di limitare i cicli di dissoluzione e ricristallizzazione salina che potrebbero compromettere ulteriormente la stabilità dei materiali.

La scrivente auspica che questo intervento possa rappresentare un passo concreto verso una più ampia tutela di tali reperti, tutela che non può prescindere da una loro valorizzazione. Restituire questi manufatti alla comunità, per la prima volta dal 1912, significherebbe infatti narrare un capitolo fondamentale della storia della città, creando un ponte tra una memoria antica e un evento più recente e profondamente sentito dalla cittadinanza: il crollo del campanile. È proprio attraverso la valorizzazione che il patrimonio culturale torna a dialogare con il presente. In quest'ottica, il progetto di supporti espositivi ecosostenibili si inserisce in un disegno più ampio, in cui la riflessione sul passato si intreccia con una visione consapevole e responsabile del futuro, più che mai in linea con le sfide del presente.

Bibliografia e sitografia

Acocella U., *Stile laterizio I. Origini e permanenze del mattone nell'architettura contemporanea* (Ferrara: Media MD, 2013).

Acocella U., *Stile laterizio II. I laterizi fra Cisalpina e Roma* (Ferrara: Media MD, 2013).

Adams J.P., *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche. Ediz. illustrata*. Tradotto da M.P. Guidobaldi (Milano: Longanesi, 1984).

Alegiani S., *I bolli su laterizio nella Roma antica. Teoria e pratica* (Bari: Edipuglia, 2023).

Bandini G., *Le classi ceramiche. Problematiche di conservazione*, in *Le classi ceramiche. Situazione degli studi. Atti della 10^a Giornata di Archeometria della Ceramica* (Roma, 5-7 aprile 2006), a cura di Gualtieri S., Fabbri B., Bandini G. (Bari: Edipuglia, 2009).

Beltrami L., *Indagini e studi per la ricostruzione*, in *Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia: Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912).

Beltrami L., *Settantadue giorni al Campanile di San Marco* (Milano: Tip. U. Allegretti, 1903).

Bianchini M., *L'impiego del laterizio negli edifici di età repubblicana in area campana*, in *Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, a cura di Bonetto J., Bukowiecki E., Volpe R. (Roma: Edizioni Quasar, 2019).

Bini S., Tomaini C., *Un passato sostenibile: supporti e imballaggi ecologici per la conservazione dei reperti archeologici*, in Atti del XL Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali. *Le prossime sfide per i beni culturali. Ricerca, competenze e professioni a fronte di cambiamenti climatici, sostenibilità e transizione digitale* (Bressanone: Arcadia Ricerche, 2025).

Boni G., *Sostruzioni e macerie*, in *Il campanile di San Marco riedificato*. A cura di Antonio Fradeletto (Venezia: Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912).

Buonopane A., *Manuale di epigrafia latina* (Roma: Carocci, 2016).

Calvelli L., *Il reimpiego epigrafico a Venezia: I materiali provenienti dal campanile di San Marco*, in *Riuso di monumenti e reimpiego di materiali antichi in età postclassica: Il caso della Venetia*. Atti della XLII settimana di studi aquilesi, a cura di Giuseppe Cuscito (Trieste: Editreg, 2012).

Campanella L. et al., *Le ceramiche*, in *Chimica per l'arte* (Bologna: Zanichelli, 2007) pp. 218-278.

Donà A., *Ipsa spolia docent: I lateres erranti provenienti dal campanile di San Marco*. Tesi di Laurea in Conservazione e gestione dei beni e delle attività culturali, Università Ca' Foscari Venezia, 2022/2023.

Fabbri B., Ravanelli Guidotti C., *Il restauro della ceramica* (Firenze: Nardini, 1993).

Fradeletto A., *Prefazione*, in *Il campanile di San Marco riedificato* (Venezia: Officine grafiche Carlo Ferrari, 1912).

Gattinoni R., *Storia del campanile di San Marco* (Venezia: Filippi editore, 1984).

Giuliani C., *L'edilizia nell'antichità* (Roma: Carocci, 2006).

Hnaihen K.H., *The appearance of Bricks in Ancient Mesopotamia*, in *Athens Journal of History* (Athens: Athens Institute for Education and Research, 2020), 6, 1, pp. 73-96.

Lazzarini L., Tabasso L.M., *Il restauro della pietra* (Padova: CEDAM, 1986).

Maritan F.E., *I laterizi iscritti di epoca romana rinvenuti nel crollo del campanile di San Marco. Nuovi dati da vecchi scavi*, in *Pietre di Venezia: Spolia in se spolia in re. Atti del convegno internazionale* (Venezia, 17-18 ottobre 2013). A cura di Monica Centanni e Luigi Sperti (Roma: "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER, 2015), pp. 196-197.

Matteini M., Moles A., *La chimica del restauro* (Firenze: Nardini Editore, 2007).

Pérez-Monserrat E.M. et al., *Roman brick production technologies in Padua (Northern Italy) along the Late Antiquity and Medieval Times: Durable bricks on high humid environs*, in *Journal of Cultural Heritage*, 53 (2022), pp. 212-220.

Pilutti Namer M., *Giacomo Boni: Storia memoria archeonomia* (Roma: "L'ERMA" di BRETSCHNEIDER, 2019).

Previato C., *Modi e sistemi d'uso e sistemi di messa in opera del laterizio in Italia settentrionale in età repubblicana*, in *Alle origini del laterizio romano. Nascita e diffusione del mattone cotto nel Mediterraneo tra IV e I secolo a.C.*, a cura di Bonetto J., Bukowiecki E., Volpe R. (Roma: Edizioni Quasar, 2019).

Sheperd E.J., *Laterizi da copertura e da costruzione*, in *Rassegna di Archeologia 22/B. Le fornaci del Vingone a Scandicci. Un impianto produttivo di età romana nella valle dell'Arno* (Borgo San Lorenzo: All'insegna del Giglio, 2008).

Vitruvio, *De Architectura*, II,3,3, trad. e comm. di Amati C. (Milano: Pirola G., 1829).

Belair S., *The art of Display: Mounting Arms and Armor in The Royal Hunt, The Metropolitan Museum of Art (MET)*, 2 dicembre 2015, <https://www.metmuseum.org/perspectives/the-artof-display>.

Istituto Centrale per il Restauro, *Tecniche di pulitura*, consultato nel 2025, <https://iscr.beniculturali.it>.

Smithsonian Institution, *Guideline for Accesible Exhibition Design*, 2023, <https://www.sifacilities.si.edu/sites/default/files/Files/Accessibility/accessible-exhibition-design1.pdf>.

Ringraziamenti

Molte sono le persone a cui desidero esprimere la mia gratitudine.

In primis, un ringraziamento speciale va alla professoressa Chiara Tomaini, per avermi guidata con competenza e disponibilità nella stesura di questa tesi, e per avermi trasmesso, attraverso i suoi preziosi insegnamenti, la passione per il restauro archeologico.

Desidero inoltre ringraziare la Soprintendenza Archeologia Belle arti e Paesaggio di Venezia, in particolare la Dott.ssa Bini, per avermi dato l'opportunità di lavorare su materiali così significativi. Un sincero ringraziamento va anche a tutto il personale e ai docenti dell'Istituto Veneto per i Beni Culturali, per la costante disponibilità e per aver messo a disposizione i materiali per il restauro.

Un grazie sincero a chi ha collaborato al trasporto dei reperti, permettendo che arrivassero integri in laboratorio.

Un pensiero va alle persone che hanno reso questo percorso più leggero e speciale: ai miei compagni di corso, tutti, compagni di avventura che hanno reso questo percorso unico e da cui ho tratto preziosi insegnamenti. Vi porterò tutti nel cuore.

Un ringraziamento particolare va a Natasha e Mirka, che in questo percorso sono state molto più che compagne di studi: vere amiche, con cui ho condiviso fatiche e soddisfazioni, ma anche tanti momenti di leggerezza. La vostra amicizia ha reso questa esperienza unica e preziosa.

A Elena, che in questo percorso si è rivelata un'amica sincera: grazie per i bei momenti condivisi, per il sostegno in ogni occasione, per le parole che hanno saputo incoraggiarmi e per la pazienza, infinita, che hai avuto nei miei confronti.

Al mio compagno di vita, Riccardo, va la gratitudine più profonda: grazie per aver sempre creduto in me, per l'incoraggiamento costante e per la forza che mi hai dato. La tua presenza è stata per me un sostegno fondamentale.

Infine, il ringraziamento più grande va alla mia famiglia, a mamma Roberta e papà Stefano, per l'amore e il sostegno incondizionati. Questo traguardo è dedicato a voi.

