

MATERIALI E STRUTTURE

PROBLEMI DI CONSERVAZIONE



LA MATERIA DEL RESTAURO

NUOVA SERIE
ANNO IV
NUMERO 8
2015

SAPIENZA • UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO DI STORIA, DISEGNO E RESTAURO DELL'ARCHITETTURA

MATERIALI E STRUTTURE

PROBLEMI DI CONSERVAZIONE

LA MATERIA DEL RESTAURO



NUOVA SERIE

IV

NUMERO 8

2015

MATERIALI E STRUTTURE. PROBLEMI DI CONSERVAZIONE

© Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura
Piazza Borghese, 9 – 00186 – Roma

Rivista semestrale, fondata nel 1990 da Giovanni Urbani
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 265 del 25/09/2012
Nuova serie, anno IV (2015), 8
ISSN 1121-2373

Direttore editoriale: Donatella Fiorani

Consiglio Scientifico: Giovanni Carbonara, Paolo Fancelli, Antonino Gallo Curcio,
Augusto Roca De Amicis, Maria Piera Sette, Fernando Vegas, Dimitris Theodossopoulos
Comitato di Redazione: Maurizio Caperna, Adalgisa Donatelli, Maria Grazia Ercolino,
Rossana Mancini

In copertina: interno di un edificio nel centro storico di Castelvecchio Calvisio, L'Aquila
(foto D. Fiorani)

La rivista è di proprietà dell'Università degli Studi di Roma «La Sapienza»
© Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura
Piazza Borghese, 9 – 00186 – Roma

Roma 2015 – Edizioni Quasar di Severino Tognon s.r.l.
via Ajaccio 41/43 - 00198 Roma
tel. 0685358444 - fax 0685833591

Per ordini e abbonamenti:
www.edizioniquasar.it
qn@edizioniquasar.it

Sommario

*Fascicolo in memoria di
Giorgio Torracca (1927-2010)*

- 5 EDITORIALE
- DONATELLA FIORANI
- 9 INDAGINI SULLE MALTE AQUILANE FRA XIII E XVIII SECOLO.
IL RUOLO DELLA CONOSCENZA STORICA PER INTERPRETARE
I RISULTATI DELLE INDAGINI DI LABORATORIO
- ALESSIA PLACIDI
- 21 INTERPRETAZIONI STRATIGRAFICHE DI MALTE E INTONACI
NELLE CHIESE RURALI DELLA SARDEGNA: SAN GIOVANNI
BATTISTA A BORTIGALI (NU)
- DONATELLA RITA FIORINO, CATERINA GIANNATTASIO, SILVANA MARIA GRILLO
- 31 BIANCO COME IL CALCARE, NERO COME LA PECE:
PATINE E INCROSTAZIONI SUI FRONTI DEGLI EDIFICI
NEL CENTRO STORICO DI CASTELVECCHIO CALVISIO (L'AQUILA)
- CHIARA PORROVECCHIO
- 43 DURATA E DURABILITÀ DEL CALCESTRUZZO STORICO
NELL'ARCHITETTURA DEL XX SECOLO
- CAROLINA DI BIASI
- 65 LA INVESTIGACIÓN ARQUITECTÓNICA, EL PLAN DIRECTOR
DEL HOSPITAL REAL DE GRANADA (ESPAÑA) Y EL
ANÁLISIS DE TECHOS, ARMADURAS Y ALFARJES PARA
SU CONSERVACIÓN
- JAVIER GALLEGU ROCA
- 81 LO STUDIO DELLE MALTE ANTICHE PER LA FORMAZIONE
MULTIDISCIPLINARE: INSEGNAMENTI ED EREDITÀ DI
GIORGIO TORRACA
- ELISABETTA GIORGI, CARLA BARTOLOMUCCI, MARIA LAURA SANTARELLI
- 95 BIBLIOGRAFIA DEGLI SCRITTI DI GIORGIO TORRACA
- A CURA DI ELISABETTA GIORGI
- 103 TAVOLE
- 121 ABSTRACT

Autori

DONATELLA FIORANI
Prof. Ordinario, "Sapienza" Università di Roma
donatella.fiorani@uniroma1.it

ALESSIA PLACIDI
Ingegnere edile-architetto, Specialista in Beni
Architettonici e del Paesaggio;
Dottoranda di ricerca
alessiaplacidi@hotmail.it

DONATELLA RITA FIORINO
Ricamatore RT, Università di Cagliari
donatella.fiorino@unica.it

CATERINA GIANNATTASIO
Professore Associato, Università di Cagliari
cgiannatt@unica.it

SILVANA MARIA GRILLO
Professore Associato, Università di Cagliari
grillo@unica.it

CHIARA PORROVECCHIO
Dott.ssa in Scienze applicate ai beni
culturali e alla diagnostica per la loro
conservazione; Specialista in Beni
architettonici e del Paesaggio
chiaraporrovecchio@hotmail.com

CAROLINA DI BIASE
Professore Ordinario, Politecnico di Milano
carolina.dibiase@polimi.it

JAVIER GALLEGO ROCA
Profesor Catedrático, Università di Granada
javiergallegorocaarquies@telefonica.net

CARLA BARTOLOMUCCI
Architetto, Ricamatore, Istituto per le
Tecnologie della Costruzione del Consiglio
Nazionale delle Ricerche (CNR-ITC L'Aquila)
bartolomucci@itc.cnr.it

ELISABETTA GIORGI
Architetto, Responsabile Tecnico del
Laboratorio di Analisi dei Materiali
(Sperimentale) del Dipartimento di Storia
Disegno e Restauro dell'Architettura,
"Sapienza" Università di Roma
elisabetta.giorgi@uniroma1.it

MARIA LAURA SANTARELLI
Ricamatore, Direttore del CISTeC,
"Sapienza" Università di Roma
marialaura.santarelli@uniroma1.it

Responsabili Peer Review per il presente numero:

ALDO AVETA, ANNA BOATO, ROBERTA DAL MAS, DAVIDE DEL CURTO,
ROBERTO GARGIANI, ALBERTO GRIMOLDI, NORA LOMBARDINI, CAMILLA MILETO,
FEDERICA OTTONI, ALESSANDRA QUENDOLO, ANDREA UGOLINI, RITA VECCHIATTINI

Editoriale

DONATELLA FIORANI

In due numeri passati di “Materiali e Strutture”, rispettivamente del 1996 (anno IV, n. 1) e del 2003 (n.s., anno I, n. 1) Giorgio Torracca, fra i membri del comitato di direzione della rivista, affrontava il tema dello studio delle malte storiche. Il primo dei due saggi, redatto assieme ad una équipe di esperti con competenze diverse, trattava il tema delle malte pozzolaniche rinvenute nel Mausoleo di Elena, a Roma, allora in corso di restauro; il secondo offriva, sempre con il contributo congiunto di altri autori, un utile confronto fra le tecniche diagnostiche disponibili per lo studio delle malte.

Fra i molti meriti da più parti riconosciuti a Torracca e alla sua lunga attività, conclusasi con l'improvvisa scomparsa, nel settembre del 2010, uno dei principali – condiviso da pochi altri studiosi – è stato la capacità d'interagire trasversalmente con altri specialisti, di comprendere ‘lingue’ diverse, così da essere in grado, lui, chimico, di tracciare scenari problematici ampi, laddove gli spunti offerti dal campo di sua specifica competenza dialogavano con l'architettura, le strutture, la costruzione, la storia, il progetto. Ecco quindi che, per il Mausoleo di S. Elena, si sono riconosciute diverse malte di pozzolana diversa risalenti alle varie fasi di costruzione, trasformazione e restauro, mentre il saggio sulla comparazione delle tecniche analitiche differenti evidenziava particolarmente, nella descrizione di potenzialità e limiti delle varie metodiche investigative, l'onestà intellettuale degli autori, che annotavano come l'“esperimento” non avesse “risolto i problemi dell'interpretazione dei risultati delle analisi delle malte” ma avesse aperto, al contrario, nuove problematiche, pur consentendo di acquisire nozioni utili su approcci dati troppo spesso per scontati.

Il tratto connotativo degli interventi di Torracca, sia che riguardassero più da vicino la caratterizzazione dei materiali e del degrado o che affrontassero piuttosto tematiche ‘esterne’, anche di natura schiettamente storico-critica, è costituito dal rigore logico e irriducibilmente ‘scientifico’ dei suoi ragionamenti, da una prudenza non priva di slanci interpretativi e di creatività, sempre offerti come base su cui lavorare, da sottoporre ad un vaglio serio e approfondito.

Una testimonianza di metodo – e una genuina curiosità intellettuale – che ha nutrito diverse generazioni di architetti e ingegneri, ricondotti alla consapevolezza del ruolo centrale della materia nell'arte, nell'architettura e nel restauro, sia per quel che riguarda le scelte operative sia per il ruolo insostituibile di testimone documentario.

Su queste premesse si sono costituiti i contributi presentati in questo numero della rivista, perlopiù dedicato alle malte dell'edilizia storica e moderna ma anche aperto alle problematiche inerenti altri materiali, nella fattispecie la composizione in legno di un particolare solaio cinquecentesco (Gallego Roca). Si tratta di contributi di natura diversa che, pur servendosi quasi sempre di indagini analitiche di laboratorio, sono soprattutto orientati al chiarimento dei nessi che legano l'analisi del materiale al relativo contesto storico-costruttivo. Tale comune obiettivo presenta però orizzonti diversi, di volta in volta attenti al dato geomorfologico e socio-economico (Placidi) o alla storia della produzione edilizia (Di Biase) o, ancora, alla relazione istituita fra materiale edilizio e apparato costruttivo (Fiorino, Giannattasio, Galli) o alla comprensione di soluzioni di finitura inconsuete e dalla genesi poco chiara (Porrovecchio). L'analisi del materiale si plasma attorno obiettivi e strumenti differenziati che, pur non trascurando il dato scientifico 'duro' e, in alcuni casi, fondandosi nettamente su di esso, attinge alle conoscenze offerte dalla storia, dallo studio geomorfologico del territorio, dall'investigazione archeologica delle tecniche costruttive, dall'approfondimento documentario e diagnostico, dalla ricostituzione delle concatenazioni causali e tecniche che legano assieme le diverse componenti dell'architettura.

In qualche saggio la multidisciplinarietà è denunciata dalla composizione del gruppo di autori; in altri è implicita e richiamata all'interno del testo. In nessun caso i risultati prodotti possono essere ricondotti ad una sola 'lingua' specialistica e, in questo senso, si riconosce la radice comune di quell'approccio poliglotta che fu di Torraca.

Avendo già sviluppato in un precedente numero una riflessione specifica sull'impegnativa presenza dell'immateriale che sembra particolarmente caratterizzare il nostro tempo, anche nel campo del restauro e dell'architettura storica, appare qui pleonastico ricordare come tutti gli scenari delineati in questa sede non sarebbero stati ricostruiti se la materia antica non fosse stata preservata. Occorre comunque farlo, perché alcuni dei temi trattati offrono spunti problematici rispetto a quanto si sta realizzando, in particolare all'interno del cratere aquilano, dove la conservazione di malte e rivestimenti viene difficilmente presa in considerazione. L'esigenza della conservazione materiale non costituisce l'espressione di un puro gusto erudito, rivolto alla meticolosa ricostruzione delle attività del passato, ma un'esigenza strutturale che guarda al destino futuro del nostro patrimonio, come attestano i riferimenti diretti ad alcune proposte operative che sono maturate dalle indagini condotte.

Non sarebbe stato infine possibile affrontare un numero tematico su "la materia nel restauro" senza un ricordo specifico dedicato a Giorgio Torraca, cui molto deve la scuola del restauro a Roma e non solo. Il modo migliore per celebrare tale ricordo è sembrato lasciar spazio ad uno specifico contributo, redatto da tre sue allieve dirette (Giorgi, Bartolomucci, Santarelli), che evidenziassero l'eredità ancora attiva in quanto a metodo e contenuti di ricerca, nonché all'elenco della ricca produzione bibliografica dello studioso, ancora oggi utile strumento di riflessione.

Nell'intrecciare i fili fra un argomento, la materia dell'architettura (e del restauro), e la testimonianza del lavoro di uno studioso 'trasversale' come Torraca, il presente

numero della rivista, attraverso la presentazione di alcuni studi recentemente condotti, vuole soprattutto sottolineare le componenti sulle quali è necessario lavorare ancora molto: multidisciplinarietà, flessibilità ed efficacia della documentazione tecnica relativa all'edificio storico, impiego critico della strumentazione diagnostica, interazione del dato quantitativo con problematiche di natura valutativa e storico-critica. Il perseguimento di questi obiettivi rappresenta infatti in principale antidoto contro il rischio di banalizzazione che insidia continuamente la buona pratica operativa del restauro e, purtroppo, talvolta anche la ricerca stessa.

Indagini sulle malte aquilane fra XIII e XVIII secolo. Il ruolo della conoscenza storica per interpretare i risultati delle indagini di laboratorio

ALESSIA PLACIDI

Premessa

La città dell'Aquila ha subito ingenti danni al patrimonio architettonico in seguito al sisma avvenuto nell'aprile del 2009 che richiederanno interventi diffusi sulle strutture murarie. Di conseguenza, gli intonaci storici di rivestimento corrono il rischio di scomparire definitivamente, sacrificati alle esigenze della sicurezza strutturale dei monumenti. La necessità d'intervenire in maniera estensiva sul patrimonio rende quanto mai opportuna una migliore conoscenza degli intonaci storici e delle malte in generale.

È stata pertanto avviata una ricerca, tutt'ora in corso¹, che vuole fornire un contributo alla conoscenza, sinora piuttosto limitata in Abruzzo, della composizione delle miscele storiche; tale conoscenza può fornire un utile supporto conoscitivo all'attività di restauro da svolgersi.

Lo studio delle malte, comprensivo di analisi in laboratorio su campioni di materiale prelevato *in situ*, richiede di conoscere le vicende storico-architettoniche dell'abitato, così da poter ricostruire il sistema produttivo e le possibili sue modificazioni in epoche storiche diverse. La struttura della società, infatti, determina la provenienza delle manovalanze e condiziona le influenze culturali esistenti, elementi questi determinanti per definire la filiera produttiva della calce.

La storia architettonica dell'Aquila è molto articolata e ancora poco conosciuta, sia per l'esiguità delle fonti documentarie disponibili, sia per la carenza di approfondimenti specifici².

Gli avvenimenti sismici, i più importanti dei quali avvenuti nel 1315, nel 1465 e nel 1703, determinarono significative trasformazioni dell'edificato attraverso una complessa sovrapposizione di fasi costruttive e probabilmente contribuirono a modificare il tessuto sociale ed economico della città, con il conseguente cambiamento degli anelli della filiera produttiva alla base della produzione delle malte: committenti,

¹ La ricerca è sviluppata nell'ambito del XXVIII ciclo del Dottorato in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della "Sapienza" - Università di Roma, coordinato dal prof. Augusto Roca De Amicis, tutor prof.ssa Donatella Fiorani.

² Informazioni sulla storia economica e culturale della città sono contenute in CLEMENTI 1998 e BERRARDI 2005, mentre lo sviluppo architettonico e urbano della città è trattato in MORETTI, DANDER 1974, CLEMENTI, PIRODDI 1986, CENTOFANTI *et al.* 1992.

provenienza della manodopera, profilo dei fabbricatori di calce, cave di approvvigionamento.

In assenza di fonti documentarie, tali vicende devono essere ricostruite in via induttiva, guardando alla cultura del periodo, ragionando per analogia con casi simili e meglio documentati, verificando infine la validità delle ipotesi formulate attraverso riscontri desunti dalle indagini dirette.

Note storiche sulla città dell'Aquila

La città dell'Aquila, che rappresenta un esempio di “sinecismo” urbano, venne edificata come “*civitas nova*” nella seconda metà del XIII secolo per un disegno politico strategico dai contorni ancora non del tutto restituiti che coinvolse Papato e Impero, certamente legato all'esigenza di rinsaldare i confini del regno svevo e poi angioino, indeboliti da una eccessiva frammentarietà territoriale, e alla volontà di unificare sotto un unico dominio la vallata dell'Aterno per consentire lo sfruttamento delle vaste distese a pascolo dell'altopiano del Gran Sasso, principale fonte di ricchezza del territorio³.

Per la creazione della nuova città furono demanializzati i territori appartenenti ai castelli collocati alle pendici delle catene montuose del Velino-Sirente e del Gran Sasso e affacciati sulla vallata del fiume Aterno. Gli abitanti che si trasferirono nel nuovo insediamento erano tenuti ad occupare un lotto assegnato all'abitato di riferimento, denominato come il castello di origine, dove venivano ricostruite le strutture civiche e religiose, quali la fontana per l'approvvigionamento dell'acqua e la chiesa, disposti su una piazza. I locali all'interno della città e i relativi centri d'origine vennero organizzati in quattro ‘Quarti’ ed erano sottoposti allo stesso regime fiscale; il sistema economico, infatti, si basava su un felice connubio fra la città, centro propulsore per i traffici commerciali delle merci prodotte nel territorio, e il contado.

Nel XIV secolo il tessuto urbano era formato da piccole costruzioni, perlopiù case a schiera a due e tre livelli e botteghe, proprietà di artigiani e commercianti provenienti dal contado e ancora intestatari dei terreni e dei diritti acquisiti sullo sfruttamento delle riserve naturali nel territorio⁴. Diverse costruzioni trecentesche, poco documentate, sono ancora presenti nelle parti basse del tessuto storico, in genere risparmiato sia dal sisma che dai successivi interventi di ricostruzione.

Osservando l'edificato medioevale aquilano emerge un'interessante analogia fra gli apparecchi costruttivi e le prescrizioni contenute nei documenti fiorentini coevi⁵. In effetti, l'ipotesi di un forte condizionamento fiorentino della cultura costruttiva aquilana nei primi di vita della città è rafforzata dal riscontro della diffusa presenza,

³ BERARDI 2005.

⁴ MORETTI, DANDER 1974.

⁵ Lo studio delle costruzioni murarie a Firenze nel medioevo con indicazione dei tipi murari diffusi,

delle tecniche costruttive e delle maestranze con puntuali riscontri nella documentazione storica è contenuto in FRATI 2006.

fin dalla metà del XIII secolo, di commercianti toscani nella città e soprattutto dalla nomina a primo Capitano della città di Lucchesino da Firenze. Questi avviò la costruzione delle mura cittadine, certamente l'opera più importante dell'epoca, e può aver influito nella definizione dei precetti costruttivi poi raccolti all'interno dello Statuto di fondazione dell'Aquila⁶.

Il contesto economico e sociale si modificò nel XV secolo. Il fiorente commercio della lana aveva infatti consentito la formazione di un ceto mercantile forte, con importanti contatti culturali, estesi anche oltre i confini della penisola, e stretti legami con la corte angioina i cui rappresentanti soggiornavano spesso in città, sito strategico negli equilibri politici fra Angioini e Aragonesi. Alla metà del secolo, questo ceto promosse l'edificazione dei più importanti palazzi urbani, articolati su due-tre piani e organizzati intorno a cortili oggetto di un particolare impegno figurativo. La sottomissione alla Spagna, nel 1503, segnò l'avvio di una fase di declino della città durante il quale si determinò una recisione del legame fra contado e città e la conseguente modifica progressiva del tessuto sociale: il ceto mercantile, che fino ad allora aveva rivestito un ruolo egemone nella città tramite la Corporazione delle Arti, venne via via sostituito dalla classe di latifondisti, certamente meno attiva negli scambi culturali e commerciali.

Con il sisma del 1703, molte famiglie nobiliari, che avevano conservato il possesso dei terreni nel contado, preferirono tornare nei castelli d'origine e abbandonare le proprietà urbane. La ricostruzione dell'Aquila attrasse invece cittadini provenienti da abitati vicini, interessati alla possibilità di acquisire, insieme alla cittadinanza, i pascoli montani⁷.

Queste dinamiche socio-demografiche, la modifica dell'assetto sociale e, quindi, dei committenti devono aver determinato ricadute importanti sulla produzione delle malte. Nei primi secoli, infatti, il mantenimento dei diritti presso gli abitati nel contado di origine può aver reso più conveniente l'approvvigionamento delle materie prime nei territori attorno L'Aquila, dove forse persistevano concessioni o possedimenti da utilizzare in maniera vantaggiosa, anche considerando l'incidenza delle spese di trasporto. Nel Settecento invece, molti interventi furono condotti da nuovi residenti, che sicuramente dovevano acquisire la calce sul mercato, all'epoca monopolio dei Lombardi, oppure provvedere con soluzioni alternative di cui si parlerà in seguito.

Per quanto riguarda le maestranze, sembra invece possibile rintracciare una correlazione fra le ricostruzioni post-sismiche e l'arrivo in città di operatori forestieri. Ad esempio, l'arrivo delle maestranze lombarde, attestato dalla metà del XVI secolo, sembra seguire gli eventi sismici del 1461-65; maggiori informazioni riguardano l'arrivo in città di maestranze provenienti da Roma e da Napoli per lavorare agli interventi di riparazione dopo il sisma del 1703⁸.

⁶ CLEMENTI 1977.

⁸ PETRELLA 2010.

⁷ BERARDI 2005.

La filiera produttiva della calce

La prima redazione conservata dello Statuto di fondazione dell'Aquila risale al 1315 e consiste probabilmente nella sistemazione di documenti redatti in epoca precedente. Esso contiene una serie di prescrizioni per la costruzione dei nuovi edifici, dimostrando una particolare attenzione per la qualità costruttiva pur nell'evidente necessità di garantire un rapido sviluppo edilizio.

Il sistema produttivo della calce venne organizzato disponendo trentotto fornaci in venticinque località. Per via dell'uso della medesima denominazione sia per i locali assegnati ai castelli all'interno della nuova città, definiti '*intus*', che per quelli d'origine, detti '*extra moenia*', non vi è un'interpretazione univoca sull'effettiva localizzazione di tali fornaci⁹.

Le due attribuzioni differenti, a città e a contado, corrispondono a diverse organizzazioni della filiera produttiva da cui dipendono le materie prime utilizzate e, quindi, la qualità e la resa della calce prodotta. Le fornaci, infatti, venivano generalmente costruite presso i siti di approvvigionamento dei calcari, essendo più elevato il costo di trasporto della pietra rispetto a quello della calce per la naturale riduzione di peso che si verifica con la cottura delle rocce.

La realizzazione delle fornaci all'interno delle mura cittadine avrebbe consentito di ridurre i costi per il trasporto del materiale, ma costringeva poi a utilizzare la pietra disponibile in loco, un calcare detritico denominato 'Breccia dell'Aquila' la cui cottura non dava origine a calce di buona capacità legante. La collocazione delle fornaci nel contado consentiva l'impiego di calcari migliori ai fini della resa della calce prodotta.

La selezione delle località indicata nei documenti appare effettivamente in stretta relazione con le caratteristiche geomorfologiche del territorio aquilano: i venticinque siti individuati, infatti, sono collocati in aree a quote elevate, dove sono disponibili calcari di origine più antica, aventi matrice più pura e una fratturazione lungo le linee di faglia generata nel corso di millenni¹⁰.

La mancanza di documenti non consente di formulare ipotesi più circostanziate, tuttavia alcuni precisi riscontri sembrano confermare l'ipotesi della provenienza della calce dal contado. In questi territori si rintracciano infatti numerosi toponimi che rimandano alla presenza di antiche calcare ad alte quote, in aree ben distanti dagli abitati attuali e, quindi, prescelte in ragione della vicinanza alle cave. Nelle località montane dei castelli di Vigio e Porcinari¹¹, ad esempio, a circa 1300 di altitudine vi è il 'Fosso delle calcare', a poca distanza dal monte denominato 'Pietre bianche'. Nei pressi di Vigliano, località in cui affiora una vena di pregiato calcare bianco, sorgeva il convento di San Silvestro di Pietrabbattuta¹², in cui sono ancora presenti le tracce

⁹ PETRELLA 2005.

¹⁰ Si ringrazia il geologo Giorgio Pipponzi per le indicazioni in merito alle caratteristiche geomorfologiche del territorio interessato.

¹¹ Sia il castello di Vigio che quello di Porcinari compaiono nell'elenco delle località per la produ-

zione della calce contenute nello Statuto di fondazione dell'Aquila.

¹² Il nome "Pietrabbattuta" deriva dalla lavorazione delle pietre che veniva effettuata nell'area. Studi e informazioni sui ruderi del convento e sui resti della fornace sono contenuti in ACONE 2009.

di antiche fornaci da calce. L'abitato di Assergi, sorto in epoca medievale intorno al monastero benedettino di S. Maria *ad Silicem*, è stato edificato nei pressi delle miniere di selce sfruttate sin dall'epoca romana. L'abitato, di origine romana, era anticamente denominato '*Priferum*'¹³, l'etimologia del sito sembra derivare dalla lavorazione della silice, prelevata nel versante teramano del Gran Sasso.

L'aggregato veniva invece ottenuto dalla frantumazione delle rocce prelevate nei pressi del città. Si legge infatti al capitolo 295 dello Statuto la concessione della possibilità di scavare per procurarsi la "rena" da impiegare nelle malte in un'area nei pressi del perimetro fortificato (come si evince dalla raccomandazione di non arrecare danno alle mura).

Anche in questo caso la sopravvivenza di alcuni toponimi costituisce una conferma in tal senso: la Pretara è un sito nella parte nord del centro, dove sono ancora ben visibili tracce di escavazioni eseguite presso il costone roccioso sul quale si erge il perimetro murario (*Tav. 2*)¹⁴. Nella località 'Campo di Fossa' invece, il sisma ha drammaticamente evidenziato con alcuni crolli la presenza di grotte ipogee di origine antropica¹⁵. Le cavità non sono ancora state oggetto di studi specifici finalizzati a comprenderne la genesi e la funzione originaria, ma la dislocazione concentrata presso le mura cittadine appare una conferma di quanto indicato nello Statuto cittadino (*Tav. I*, p. 105). Si ipotizza qui che tali grotte rappresentino le cave da cui venivano estratti i calcari impiegati per la produzione dell'aggregato.

Non solo la città dell'Aquila, ma tutto il contado è caratterizzato dalla presenza di estese cavità nel sottosuolo degli abitati storici, riguardanti soprattutto gli insediamenti ad est, nella pianura compresa fra le pendici dei monti Velino Sirente e del Gran Sasso. Molte cavità non erano note prima del sisma, anche perché in alcuni casi l'originario ingresso dall'esterno era stato chiuso. Gli studi di natura geologica attualmente in corso per sostenere gli interventi di riparazione degli edifici danneggiati dal sisma si stanno rivelando preziose fonti informative. La funzione residenziale e di ricovero di tali ambienti, documentata dai racconti orali, potrebbe essere quindi solo l'ultima funzione attribuita nel tempo. Da una prima disamina delle informazioni ad oggi disponibili è possibile che queste cavità, come nel caso aquilano, siano state create in epoche remote con lo scopo di approvvigionarsi di calcari. Di tale prassi vi sono casi già documentati nel territorio come per un abitato vicino a Filetto, dove vi sono, in località '*riniccio*', i resti di cavità artificiali, inizialmente nate come cave e utilizzate come abitazioni una volta terminata l'attività estrattiva.

Fra gli abitati caratterizzati da questa peculiarità si ritiene esemplificativo il caso di S. Benedetto in Perillis, un insediamento di origine benedettina, collocato nella pro-

¹³ Si ritiene che *Priferum* derivi dalla preposizione latina "*prae*" che sta per "prima ... davanti" e da un fonema che potrebbe essere **gwher-* che sta per "caldo" dal greco "*theros*" proprio per il calore delle fornaci della lavorazione della silice. ROMANELLI 1819.

¹⁴ Ancora oggi il quartiere è denominato Valle Pretara e fino agli anni Cinquanta del Novecento vi è stata una cava di calcare.

¹⁵ Il Dipartimento di Protezione Civile ha effettuato un rilievo, pubblicato in CASTENETTO, NASO 2010, che chiarisce la presenza di estese cavità sotterranee.

pagine meridionale del contado aquilano. L'abitato, caratterizzato da più fasi fortificatorie, venne edificato in posizione strategica per controllare le incursioni saracene e l'antico confine fra i ducati di Spoleto e Benevento. Pur partecipando alla fondazione della nuova città, il rispettivo locale *intus* non venne mai edificato, forse perché l'Ordine benedettino temeva di subire una perdita di potere nel caso in cui la popolazione si fosse trasferita nel nuovo centro.

Il rilievo montuoso su cui sorge l'incastellamento è caratterizzato dalla presenza di estese cavità antropiche all'interno dei calcari marnosi; l'escavazione è particolarmente facile, tanto che può avvenire 'a mano', in quanto, come già detto, lo scorrimento lungo le numerose linee di faglia presenti nell'area ha fratturato nel corso dei millenni le rocce calcaree.

Le cavità, ancora non del tutto rilevate, saranno oggetto di una ricerca finalizzata a restituirne la forma e l'estensione effettive¹⁶. Il completamento del rilievo consentirà di formulare ipotesi più circostanziate, tuttavia, le informazioni ad oggi disponibili porterebbero ad escludere la genesi esclusivamente residenziale degli ambienti ipogei. Le cavità risulterebbero circoscritte in una porzione limitata del versante meridionale della collina in cui sorge l'abitato di San Benedetto in Perillis, all'esterno del nucleo fortificato originario, in un'area presumibilmente rimasta inedita fino alla metà del XV secolo. L'esigenza abitativa sembra quindi incoerente con la localizzazione delle cavità e comunque insufficiente per spiegarne l'ampia estensione. Se si sovrappone inoltre la planimetria del tessuto edificato con quella delle grotte, si osserva una sostanziale incoerenza fra i due livelli.

La conformazione 'organica' delle stesse cavità, il cui andamento è del tutto svincolato dal tessuto murario soprastante, potrebbe derivare, in effetti, dall'andamento delle vene lapidee da cavare, e tale ipotesi rafforza l'idea di un'origine connessa all'attività estrattiva, probabilmente legata alla produzione della calce, da riferirsi in un periodo anteriore al XV e XVI secolo¹⁷. L'elevata distanza dal centro di nuova fondazione e con essa i costi di trasporto della calce nei cantieri aquilani potevano essere compensati dal risparmio ottenuto per la facilità di escavazione. L'appartenenza dell'abitato al monastero di San Vincenzo al Volturno, il cui dominio comprendeva anche Bominaco, Collepietro e Navelli (dove ancora si rintracciano cavità antropiche), potrebbe rivelare la partecipazione diretta dell'Ordine benedettino alla costruzione della città, ipotesi già rappresentate in altri ambiti di studio relativi alla città dell'Aquila¹⁸, riproponendo situazioni già documentate in altri casi, come appunto ancora nella città di Firenze.¹⁹

¹⁶ Gli interventi di messa in sicurezza delle cavità sono oggetto di un finanziamento disposto dal Dipartimento di Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri, posto a valere sui fondi della procedura 8 per mille per l'annualità 2008. Nell'ambito di tali interventi verrà eseguito un rilievo esaustivo delle cavità presenti nel sottosuolo del centro abitato.

¹⁷ San Benedetto in Perillis è annoverato fra le località tenute ad impiantare fornaci nello Statuto cittadino dell'Aquila per produrre la calce da utilizzare nei cantieri dell'erigenda città.

¹⁸ FRATI 2006.

¹⁹ FRATI 2006.

Dai documenti delle epoche immediatamente successive alla fondazione dell'Aquila non emergono informazioni relative a fornaci vicine al centro e ciò potrebbe essere un ulteriore indizio a sostegno dell'ipotetica localizzazione delle fornaci da calce nel contado nel Trecento.

Il mercato della calce, nel XV-XVI secolo, era concentrato ad ovest della città, a circa quindici chilometri dal centro, nei pressi del fiume Aterno. La fornace di calce di Roio, la più vicina alle mura cittadine fra quelle citate nei documenti storici, compare soltanto nel XVIII secolo, in alcuni documenti notarili che descrivono interventi di riparazione con l'uso di calce ivi prodotta, raccomandata per il colore bianco e l'ottima qualità. All'inizio del Settecento, è presumibile che la necessità di provvedere agli ingenti danni provocati dal sisma e la fervida attività edilizia che ne conseguì determinarono l'aumento dei prezzi delle materie prime; ciò potrebbe aver favorito modalità di approvvigionamento alternativi all'acquisto dagli operatori specializzati. È probabile, infatti, che la calce fosse prodotta utilizzando le bozze calcaree derivanti dai crolli: ciò avrebbe consentito di risparmiare i costi del materiale, di smaltire nel contempo le macerie presenti, di evitare l'uso dell'inadatto calcare locale. Alcuni atti notarili documentano la costruzione di fornaci da calce all'interno dei cantieri di ricostruzione, riferendosi anche all'uso di materiali locali²⁰.

Le modifiche intervenute nel corso dei secoli al sistema produttivo della calce possono essere rintracciate nella variazione delle caratteristiche compositive delle malte aquilane impiegate nelle diverse fasi storico-costruttive della città.

L'assenza di fonti documentarie che datino con certezza le strutture indagate e gli eventuali interventi subiti costringe ad un approfondimento storico specifico da condursi sulle singole architetture e, contemporaneamente, ad approfondire estensivamente i rapporti commerciali e culturali della città, in modo da poter collegare in un'interpretazione critica e culturalmente fondata i dati desunti da diversi apporti disciplinari, al fine di ricostruire la filiera produttiva della calce, individuando la provenienza e la formazione delle maestranze, l'estrazione sociale e culturale dei committenti, le cave di approvvigionamento dei materiali disponibili.

Nell'ambito di studi già in corso sulle caratteristiche compositive delle malte aquilane è stata già evidenziato il carattere friabile delle malte dell'edilizia minore, perlopiù di colore ocre, con una bassa resistenza dovuta alla presenza di argilla nel materiale di cottura²¹. Si ritiene tuttavia che esistano interessanti differenze fra le malte prodotte nei diversi secoli e che sia opportuno correlare le indagini sui campioni, non solo con la tipologia edilizia, ma anche con i dati storici relativi al confezionamento della calce.

²⁰ Sono conservati presso l'Archivio di Stato dell'Aquila numerosi atti rogati dal notaio Perseus Capullius sulla costruzione di fornaci da calce. Tutti i lavori per la realizzazione di calcare sono commissionati a Giulio Biondi di Napoli, capomastro delle fornaci da calce nella città dell'Aquila. Cfr. Archivio di Stato dell'Aquila, *Archivio Notarile Aquilano*,

Not. Perseus Capullius de Aquila b. 982, vol. XXXI, cc. 58r-59r; ivi, cc. 69r-70v; ivi, cc. 81r-81v; ivi, cc. 108r-109v; ivi, cc. 112r-112v; ivi, cc. 139r-140r; ivi, cc. 141r-142v; ivi, cc. 164r-165r; ivi, cc. 170r-170v; ivi, cc. 176v-177v; ivi, cc. 179r-181v; ivi, cc. 198r-199v; ivi, cc. 283r-284r; ivi, cc. 299v-301r.

²¹ PECCHIONI, QUARESIMA, FRATINI, CANTISANI 2015.

Al fine di correlare i risultati delle indagini con le varie epoche prima illustrate si è così affrontato lo studio tematico su un edificio storico di rilievo, palazzo Carli Benedetti, rappresentativo delle diverse fasi di trasformazione che hanno interessato gran parte dell'edificato di pregio dell'Aquila.

La caratterizzazione delle malte aquilane. Primi riscontri dagli esiti delle indagini sulle malte di palazzo Carli Benedetti

Situato nella parte più elevata del centro storico dell'Aquila, all'interno del Quarto di Santa Maria Paganica, palazzo Carli (poi denominato Benedetti nel sec. XIX)²² si sviluppa su tre piani, di cui uno seminterrato, intorno ad un chiostro quadrangolare attribuito a Silvestro da L'Aquila (Fig. 1).

L'analisi geometrico-proporzionale delle giaciture murarie, l'osservazione delle tipologie e dei nodi costruttivi, delle tracce riconducibili a strutture preesistenti hanno indirizzato, in assenza di documenti significativi, alcune ipotesi di trasformazione del complesso e consentito di individuare le preesistenze trecentesche conservate al piano seminterrato, costituite da case a schiera e da un palazzetto su tre livelli. La realizzazione del palazzo come tale risale alla seconda metà del Quattrocento; consistenti interventi di riparazione e riconfigurazione sono stati condotti dopo il sisma del 1703.

Durante il cantiere di restauro attualmente in corso sono stati prelevati circa cento campioni di malta pertinenti a intonaci e a malte da allettamento murario. La prima evidente differenziazione fra le malte riferibili alle strutture tre-quattrocentesche e quelle utilizzate negli interventi settecenteschi è nella differente colorazione. I campioni più antichi presentano un colorito bianco e una maggior tenacia e compattezza. Quelli settecenteschi sono di colore bruno/rosato e accludono nell'impasto abbondanti filamenti di paglia e piccoli frammenti di legno, introdotto per conferire una maggior resistenza a trazione, come nella tradizione bizantina; tali malte presentano oggi una consistenza molto friabile, generalmente 'terrosa' e tendente a polverizzarsi al tatto.

L'aggregato, invece, in tutti i campioni di malta prelevati è costituito da calcari bianchi e rosati e appare prodotto localmente dalla frantumazione delle brecce calcaree.

Le indagini condotte osservando al microscopio ottico le sezioni lucide²³ dei campioni di malta prelevati hanno fornito ulteriori utili riscontri. Un primo campione di malta, di colorazione bruna, è stato prelevato presso le murature settecentesche con apparecchiatura regolare in pietra e in mattoni a filari alternati, con elementi di riempimento quali frammenti di coppo e laterizi di diverse dimensioni (Tav. III, p. 106). I primi risultati sconsigliano l'ipotesi di uno scarso uso di legante, caratteristica che viene spesso imputata alle malte dell'architettura povera e dalla consistenza terrosa. Le indagini han-

²² BARTOLOMUCCI, DE CESARIS 2009.

²³ Le indagini sono state effettuate presso il Laboratorio di Analisi dei Materiali interno al Diparti-

mento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Università di Roma "La Sapienza".



Fig. 1. Pianta del piano terra (a sinistra) e del piano primo (a destra) di palazzo Carli Benedetti, con la localizzazione di due dei prelievi effettuati. A piano terra il campione identificato con il numero 15.01 è una malta appartenente ad una muratura a filari sub orizzontali, riferibile alle precedenti schiere medievali. Nel piano superiore è stato prelevato un campione di malta, identificato con il numero 38.01, riferibile ad una muratura pertinente alle riparazioni successive al sisma del 1703, con paramento a filari alternati in mattoni e bozze calcaree (Tav. 3, p. 106).

no invece dimostrato l'impiego abbondante di legante e l'uso di additivi all'impasto per favorire la lavorabilità della malta. Probabilmente la scarsa resa legante può essere legata all'uso di calcari non idonei, come le brecce calcaree che potevano essere prelevate *in situ*. Lo studio mineralogico petrografico, effettuato con l'osservazione della sezione sottile al microscopio polarizzatore ha evidenziato che si tratta di una calce aerea carbonatata caricata con aggregato di natura prevalentemente carbonatica (biocalcareni, calcite spatica, calcari oolitici, calcari marnosi, calcari selciosi), e pochi minerali opachi e frammenti silicatici (quarzo, selce, arenarie quarzose giallastre). La granulometria dell'aggregato varia dalla classe siltoso grossolana (1/16-1/32 mm) a quella conglomeratica micro (4-2 mm) con una leggera prevalenza della frazione arenacea grossolana. La porosità è medio bassa ed è definita da micro fessurazioni e vacui di forma sferica e irregolare e si riscontra una buona coesione (Tavv. IV-V, p. 106).

Per le malte delle epoche precedenti invece, la colorazione bianca già fornisce un chiaro indizio sul diverso approvvigionamento delle materie prime, da indagare ulteriormente in laboratorio (Tav. VI, p. 106).

Conclusioni

I risultati fino ad ora emersi evidenziano una sostanziale variazione nella composizione delle miscele nel tempo e sono stati resi possibili dal sistematico incrocio dei riscontri sui dati materici e storico-documentari.

Il metodo di lavoro che si è scelto di seguire cerca di sistematizzare l'insieme dei dati raccolti, derivanti da indagini di natura costruttiva e diagnostica su una selezione di materiali inevitabilmente discretizzata e limitata, anche attraverso la ricomposizione di uno scenario storico-sociale. Ciò aiuta infatti a contestualizzare e a definire meglio le ragioni delle scelte che sono alla base della particolare declinazione cronologica delle malte aquilane, sottraendole all'indefinitezza della lunga durata, delle identità diacroniche e dell'ineffabile mutevolezza sincronica degli impasti e delle tecniche.

Soprattutto significative sono la consapevolezza della variabilità delle composizioni possibili per le malte e la valutazione di quanto frazioni molto piccole di materiale analizzato siano rappresentative di porzioni ben più ampie di materiale. Tenuto conto che i palazzi storici aquilani presentano più sovrapposizioni costruttive, con edifici minori presumibilmente prodotti da cantieri non specializzati successivamente inglobati in complessi di maggior pregio, tali consapevolezze e valutazioni devono guidare l'intera interpretazione dei dati storico-costruttivi.

L'obiettivo della ricerca è perciò quella di far luce sulle principali caratteristiche delle malte riferibili alle diverse fasi storiche e pertinenti ai diversi tipi dell'architettura locale, per i quali sono valide diverse modalità di approvvigionamento delle materie prime. In base a quanto emerso, infatti, vi è una correlazione fra la variazione delle miscele con i tre momenti storici principali della storia cittadina: la fase di fondazione fra il XIII e il XIV secolo, il periodo di sviluppo della città fra il XV e il XVI secolo e, infine, la riparazione successiva al sisma del 1703. Tale analisi è stata condotta anche in relazione ai siti di approvvigionamento dei materiali edilizi.

La definizione di questo quadro storico-costruttivo non è da intendersi solo come restituzione di uno scenario storiografico, ma mira a fornire uno strumento di aiuto alla conservazione delle superfici storiche, in specie quelle intonacate, che rischiano di scomparire con gli interventi di consolidamento e ricostruzione avviati all'Aquila in seguito al sisma del 2009.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- ACONE 2009: M.R. Acone, *Il Castello di San Silvestro e l'Abbazia di S. Silvestro di Pietrabattuta*, One Group, L'Aquila 2009
- BARTOLOMUCCI, DE CESARIS 2009: C. Bartolomucci, F. De Cesaris, *L'Aquila: palazzo Carli Benedetti: fasi costruttive e storia sismica*, in «Arkos», n. 20, luglio-settembre 2009, pp. 73-79
- BERARDI 2005: M.R. Berardi, *I monti d'oro. Identità urbana e conflitti territoriali nella storia dell'Aquila medievale*, Liguori, Napoli 2005
- CAGNANA 2000: A. Cagnana, *Archeologia dei materiali da produzione*, Società archeologica padana, Mantova 2000
- CASTENETTO, NASO 2010: S. Castenetto, G. Naso (a cura di), Gruppo di Lavoro MS-AQ (2010) *Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana*, Regione Abruzzo Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila 2010
- CENTOFANTI *et al.* 1992: M. Centofanti, R. Colapietra, C. Conforti, P. Properzi, L. Zordan, *L'Aquila, città di piazze: spazi urbani e tecniche costruttive*, Carsa, Pescara 1992
- CLEMENTI 1977: A. Clementi (a cura di), *Statuta Civitatis Aquile*, Istituto Storico Italiano per il Medio Evo, Roma 1977
- CLEMENTI 1998: A. Clementi, *Storia dell'Aquila*, Laterza, Bari 1998
- CLEMENTI, PIRODDI 1986: A. Clementi, E. Piroddi, *L'Aquila. Le città nella storia d'Italia*, Laterza, Roma-Bari 1986
- DAVEY 1965: N. Davey, *Storia del materiale da costruzione*, Il sagggiatore, Milano 1965
- FRATI 2006: M. Frati, *De bonis lapidibus concis, la costruzione di Firenze ai tempi di Arnolfo di Cambio: strumenti, tecniche e maestranze nei cantieri fra 13. e 14. Secolo*, Firenze University press, Firenze 2006
- MANNONI 1994: T. Mannoni, *Caratteri costruttivi dell'edilizia storica*, Escum, Genova 1994
- MANNONI 1994: T. Mannoni, *Archeologia delle tecniche produttive*, Escum, Genova 1994
- MANNONI 1994: T. Mannoni, *Archeologia dell'urbanistica*, Escum, Genova 1994
- MANNONI 1994: T. Mannoni, *Archeometria geoarcheologia dei manufatti*, Escum, Genova 1994
- MORETTI, DANDER 1974: M. Moretti, M. Dander, *Architettura civile aquilana dal XIV al XIX secolo*, L.U. Japadre, L'Aquila 1974
- PECCHIONI, QUARESIMA, FRATINI, CANTISANI 2015: E. Pecchioni, R. Quaresima, F. Fratini, E. Cantisani, *Importance of Mortars Characterization in the Structural Behavior of the Monumental and Civil Buildings: Case Histories in L'Aquila (Italy)*, in G. Lollino, D. Giordan, C. Marunteanu, B. Christaras, I. Yoshinori, C. Margottini, (a cura di), *Engineering Geology for Society and Territory Preservation of Cuultural Heritage*, Springer International Publishing Switzerland, s.l., 2015, pp. 387-391
- PETRELLA 2005: G. Petrella, *Forni da calce nel territorio aquilano*, in «Archeologia Postmedievale», IX, All'Insegna del Giglio, Firenze 2005, pp. 206-207
- PETRELLA 2006: G. Petrella, *La produzione della calce e modalità d'impiego nel cantiere medievale. Primi esempi dal territorio aquilano*, in R. Francovich, M. Valenti (a cura di), *IV convegno nazionale della società degli archeologi medievalisti italiani* (San Galgano, 26-30 settembre 2006), All'Insegna del Giglio, Firenze 2006, pp. 409-414
- PETRELLA 2006-2007: G. Petrella, *De calcariis faciendis. Produzione e uso della calce*, Fonti archeologiche archivistiche e documentarie, Tesi di dottorato in archeologia medievale, Università degli Studi dell'Aquila, 2006-2007

- PETRELLA 2008: G. Petrella, *Produzione di mattoni e pinci da costruzione nel territorio aquilano. Alcuni dati preliminari*, in «Archeologia Postmedievale», XI, All’Insegna del Giglio, Firenze 2008, pp. 189-200
- PETRELLA 2010: G. Petrella, *Produzione e uso della calce nel terremoto aquilano attraverso le fonti scritte: fornaciai prezzi luoghi e modalità di produzione*, in «Bulettno della Deputazione abruzzese di storia patria», L’Aquila 2010, pp. 113-159
- REDI 2003: F. Redi, *Materiali tecniche e cantieri: primi risultati dal territorio aquilano*, in R. Fiorillo, P. Peduto (a cura di), *III congresso nazionale di archeologia medievale* (Castello di Salerno, complesso di Santa Sofia, Salerno 2-5-ottobre 2003), All’Insegna del Giglio, Firenze 2003, pp. 587-593
- ROMANELLI 1819: D. Romanelli, *Antica tipografia Istorica del Regno di Napoli*, Stamperia Reale, Napoli 1819
- VECCHIATTINI 2009: R. Vecchiattini, *La civiltà della calce. Storia, scienza e restauro*, De Ferrari, Genova 2009

Interpretazioni stratigrafiche di malte e intonaci nelle chiese rurali della Sardegna: S. Giovanni Battista a Bortigali (NU)

DONATELLA RITA FIORINO, CATERINA GIANNATTASIO, SILVANA MARIA GRILLO

Gli studi sulle tecniche costruttive tradizionali della Sardegna e le chiese rurali

Il presente studio nasce nell'ambito di un filone di ricerca condotto da circa un decennio dalla cattedra di Restauro della Scuola di Architettura dell'Università di Cagliari, incentrato sulla datazione delle strutture murarie (XII-XIX secolo). Esso scaturisce dalla consapevolezza della scarsità, a livello regionale, di studi analitici sulle tecniche costruttive tradizionali e sui materiali, con finalità mensiocronologiche, i quali, come la letteratura di settore ha ormai ampiamente dimostrato con riferimento ad altri contesti geografici, rappresentano strumenti di conoscenza imprescindibili per la conservazione delle strutture storiche, soprattutto di quelle appartenenti al patrimonio edilizio cosiddetto minore, spesso penalizzate dal mancato riconoscimento dei suoi valori storico-culturali.

Gli studi esistenti sulle tecniche costruttive murarie locali tralasciano quasi sistematicamente i materiali lapidei naturali e artificiali e seguono approcci non sempre finalizzati a mettere tali tecniche e materiali in relazione alle cronologie. Nello specifico, essi seguono tre approcci prevalenti: a) con attenzione agli aspetti tecnologico-costruttivi, volti a definire linee operative per il loro recupero; b) con finalità conoscitivo-conservative, dunque anche con obiettivi cronologici, ma basati sulla sistematizzazione dei dati storici e su valutazioni macroscopiche delle apparecchiature murarie, quasi mai affrontando la questione con sguardo analitico; c) sotto il profilo puramente stratigrafico, privilegiando il dato dimensionale rispetto alle variabili architettoniche e materiche¹. Con riferimento alle ricerche condotte dalle scriventi, esse si sono fino ad ora incentrate prevalentemente su edifici monumentali, strutture difensive e ambienti urbani², tralasciando, non di certo per ragioni culturali, i contesti rurali. Tale scenario ha spinto ad approfondire il tema delle chiese campestri della Sardegna – al momento affrontato dalla letteratura solo in termini storico-architettonici e archeologici³ – fondandosi su un approccio interdisciplinare, con il coinvolgimento e lo stretto confronto tra i settori del restauro architettonico e

¹ Cfr. SANNA 2009; PUTZU 2015; URGU 2015.

² GIANNATTASIO, GRILLO 2011; FIORINO 2014.

³ Cfr. CORONEO 1993; MARTORELLI 2015; MILANESE 2006.

della diagnostica chimico-mineralogica-fisica, al fine di evidenziare le peculiarità di ogni specifico manufatto e di associare ad esse informazioni cronologiche fino alla datazione assoluta.

La sperimentazione di tale protocollo di indagine su malte e intonaci ha restituito significativi risultati per la chiesa di S. Giovanni Battista a Bortigali (*Tav. I*, p. 107), caratterizzata, come la gran parte delle architetture religiose rurali dell'isola, dalla quasi totale assenza di fonti documentarie, dalla difficoltà di individuare in maniera univoca le unità stratigrafiche a causa del frequente reimpiego di elementi di spoglio e della persistenza di tecniche e materiali costruttivi nel tempo, nonché dalla mancanza di riferimenti archeometrici comparativi (i cosiddetti *benchmarks*). Le risultanze archeometriche scaturite dall'integrazione tra i diversi apporti specialistici disciplinari hanno dimostrato l'efficacia del processo metodologico seguito, consentendo di colmare le lacune conoscitive in termini tecnologici e temporali. (CG)

Costanti e varianti nell'evoluzione costruttiva della chiesa di S. Giovanni Battista

Il palinsesto delle chiese campestri della Sardegna si presenta riccamente variegato sia sul piano tecnico-costruttivo che sotto il profilo cronologico. L'attuale diffusione capillare di tali edifici su tutto il territorio regionale deriva da complessi processi storici, le cui dinamiche sono tuttora al centro di studi interpretativi di tipo interdisciplinare. In primo luogo è da ricordare il fenomeno dei villaggi costruiti in età giudicale, documentati a partire dall'XI secolo e già abbandonati dal XIV secolo, di cui la chiesa costituiva il nucleo fondante⁴. Un secondo elemento significativo è stato l'intensificarsi, specialmente in periodo post-tridentino, dei riti devozionali perpetuati nei santuari campestri, fenomeno che ha portato alla nuova edificazione di piccoli complessi religiosi o, più spesso, alla trasformazione o alla ricostruzione di preesistenze abbandonate⁵. Si tratta di nuclei architettonici composti da una chiesa e da un insieme di edifici funzionali – casupole e loggiati – tradizionalmente chiamati *cumbessias* e *muristenes*, costruiti con lo scopo di ospitare i numerosi pellegrini giunti ad onorare il santo patrono⁶.

Anche se nel corso del XX secolo diversi manufatti sono stati restaurati o ricostruiti, la maggior parte dei santuari campestri si trova oggi allo stato di rudere. Il disuso protrattosi per secoli ha consentito di mantenere indisturbati *in situ* brandelli di materia originale e, in particolare, malte e intonaci che, come è noto, sono invece i primi materiali di sacrificio nelle operazioni di manutenzione proprie di un uso conti-

⁴ Per una ricostruzione diacronica degli studi sui villaggi abbandonati cfr. MILANESE, CAMPUS 2006.

⁵ MELONI 2007.

⁶ Con i termini *cumbessias* e *muristenes* sono indicate le logge, le tettoie, le casupole e gli edifici modesti che sorgevano accanto alle chiese rurali, in maniera

del tutto analoga a quelli costruiti per soggiornare in campagna durante i lavori agricoli. Molto discussa è l'etimologia dei due termini, sui quali esiste una copiosa bibliografia. Per una descrizione circostanziata del fenomeno e delle architetture si vedano MARTORELLI 2006; KIROVA, TRAMONTIN, BERGAMINI 1984.



Fig. 1. Chiesa di Bortigali, interno dell'aula, vista verso l'altare (impianto del XIII-XIV secolo).



Fig. 2. Chiesa di Bortigali, interno, vista della navata nord (XVI-XVII secolo).

nuativo⁷. Tuttavia, in ambito regionale esiste solo qualche utile, ma sporadico apporto conoscitivo condotto su singoli manufatti⁸.

Il caso della chiesa di San Giovanni Battista a Bortigali⁹, letto 'al microscopio', sintetizza le più rilevanti problematiche e questioni aperte relative allo studio e alla datazione delle architetture tradizionali cosiddette minori della Sardegna.

Il programma conoscitivo, coerentemente con i protocolli consolidati in altri contesti geografici e culturali, ha previsto la ricognizione documentaria, la lettura metrica, materica e stratigrafica, la comparazione del dato storico con i testimoni stratigrafici per la formulazione di fondate ipotesi storico-costruttive, anche attraverso il confronto con capisaldi cronologici significativi sia sotto il profilo metrico che tecnico-costrut-

⁷ Cfr. PALESTRA 1995.

⁸ Il più completo tra gli studi disponibili è illustrato in FRULIO 2006, dove è riportata un'efficace sintesi della condizione del rudere in Sardegna a cura di S. Gizzi e alcune caratterizzazioni delle malte della chiesa di Santa Maria di Curos a Monteleone a firma di P. Mameli, M.R. Langiu e G. Cerri.

⁹ Lo studio fa parte di una ricerca più ampia, denominata *Ecclesie Fabrica*, realizzata all'interno di una Convenzione tra la Provincia di Nuoro e il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura - DICAAR - dell'Università di Cagliari, 2014. Responsabili scientifici D.R. Fiorino e G. Concu. Le linee generali dello studio sono pubblicate in FIORINO, CONCU 2014.



Fig. 4. Chiesa di Bortigali, facciata.

Fig. 3. Chiesa di Bortigali, dettaglio della decorazione d'altare (metà XVIII secolo).

tivo. Per far fronte alle specificità e ai limiti che il contesto sardo pone, si è reso indispensabile calibrare il percorso metodologico, adattandolo alle singolari condizioni al contorno.

Relativamente alle indagini storico-archivistiche, le fonti documentarie disponibili, reperite esclusivamente presso l'Archivio Storico Diocesano di Alghero, sono limitate e frammentarie¹⁰. Il primo documento noto, che tuttavia attesta la sola esistenza della chiesa, è la relazione della visita pastorale del monsignor Diaz de Aux del 1684. Nel 1774 monsignor Radicati, anch'egli in visita pastorale, segnala gravi compromissioni delle coperture. Da una lettera al vescovo di Alghero del parroco di Bortigali, datata 1912, si apprende che la fabbrica, già chiusa al culto da circa quarant'anni, era stata riaperta intorno al 1905 per lo svolgimento dell'annuale festa in onore del Santo, a spese della benefattrice Donna Placida Passino, poetessa sarda che ne aveva il patronato. Tali capisaldi cronologici sono supporti piuttosto deboli per la ricostruzione di un'attendibile storia della fabbrica e per la datazione delle sequenze stratigrafiche, rendendosi per questo necessario il riferimento anche ad altri strumenti investigativi, come quello legato all'analisi comparativa. La lavorazione degli elementi lapidei con-

¹⁰ Archivio Storico Diocesano di Alghero, *Fondo della Curia*, sezione Visite pastorali (1539-1953), Bortigali.

formanti archi, capitelli, architravi, cornici di coronamento, sulla cui iconografia esistono rigorosi riferimenti scientifici rintracciabili negli studi di storia dell'architettura religiosa locale, ha fornito ulteriori elementi di valutazione per l'identificazione della storia costruttiva dell'edificio.

Le indagini condotte sulla fabbrica hanno preso avvio con il rilevamento degli elevati con tecnologia *laserscanner*¹¹, la restituzione grafica in scala 1:50 e 1:20, l'individuazione delle tipologie murarie, l'analisi stratigrafica e mensiocronologica dei paramenti, la campionatura e lo studio delle malte e delle finiture.

I dati scaturiti dal confronto tra la consistenza materica e le limitate informazioni storico-archivistiche hanno portato ad individuare due principali momenti costruttivi (*Tav. II*, p. 107). La fase d'impianto, ascrivibile ai secoli XIII-XIV, doveva essere limitata ad un'aula unica¹² coperta con tetto a due falde in legno. La datazione, avanzata secondo il criterio tipologico e formale, tiene conto dei modelli planimetrici diffusi in Sardegna in quest'arco temporale ed entro la metà del XVI secolo, quando diventa prevalente la tipologia con loggia. Infatti, è proprio in età moderna (entro il 1684) che la chiesa deve essere stata oggetto di ampliamento e consistente riconfigurazione con la demolizione del prospetto settentrionale, la costruzione del setto di spina con pilastri e archi a tutto sesto, l'aggiunta della navata nord e della loggia sud, la cui presenza è associabile al diffondersi dei rituali delle feste campestri. Entro la prima metà del XVIII secolo sono da collocare, per analogia formale¹³, anche le decorazioni a stucco residue della macchina d'altare in parte ormai perduta e la generale intonacatura delle pareti interne. Tali ipotesi sono state formulate a partire da varie discontinuità costruttive, due delle quali appaiono particolarmente significative: nel prospetto est i cantonali che delimitano il perimetro dell'aula sono slegati dalla muratura che delimita la navata nord e la loggia sud; il setto con archi che divide l'aula dalla navata nord e lo stesso paramento del prospetto settentrionale mostrano un uso del materiale lapideo che denuncia l'adattamento di materiale esistente ad una nuova tessitura muraria, evidenziandone il reimpiego.

I problemi di compromissione del tetto denunciati nel 1774 portano a collocare ad un momento successivo a questa data alcuni interventi di manutenzione, tra cui le evidenti riprese nei giunti rintracciabili nel paramento del prospetto nord.

Complessivamente, sono state rilevate quattro tipologie murarie, tutte realizzate con litologie locali (*Tav. III*, p. 108). La fase d'impianto (XIII-XIV secolo) è caratte-

¹¹ Il rilievo tridimensionale del manufatto è stato eseguito sotto il coordinamento scientifico di G. Vacca del DICAAR, all'interno del progetto *Ecclesiae Fabrica*. La restituzione archeologica degli elevati, propedeutica alle analisi tematiche, è stata effettuata da E. Pilia con il coordinamento scientifico di D.R. Fiorino e S.M. Grillo.

¹² In merito al perimetro del fabbricato nella fase di impianto, sarebbe necessaria una indagine archeologica nell'area di sedime, al fine di escludere la

presenza di forme absidate o di confermare il presbiterio quadrato, elementi formali significativi per la definizione dell'ambito culturale di riferimento.

¹³ La datazione è ipotizzabile in base all'evidente relazione formale con le pitture murali realizzate dagli Are, famiglia di pittori e decoratori bosani, autori documentati di opere simili nel santuario dei Santi Martiri di Fonni e in numerose chiese e santuari della fascia compresa fra la città sul Temo e il centro Sardegna. In merito si veda MELE, MELONI 2003.

rizzata da una muratura portante 'a sacco' eseguita mediante paramenti esterni e cantonali in conci squadrate di riolite e basalto di grandi e medie dimensioni – lunghezza [130÷30 cm]; altezza [50÷20 cm] – allettati con un sottile stato di malta di terra – oggi in parte dilavata – e riempimento in pietrame scapolo e malta di terra (tipo 1). Le murature non portanti associate alla stessa fase presentano tessitura molto simile a quella utilizzata nei muri a secco, con pietrame sbozzato di dimensione variabile da medio-grande a piccola – lunghezza [50÷5 cm]; altezza [30÷5 cm] – zeppe e cunei di regolarizzazione, allettati con malta di terra (tipo 2).

Nella fase di riconfigurazione (entro la fine del XVII secolo) le murature portanti sono realizzate a doppio paramento. Lo strato più esterno è in conci squadrate di riolite che si alternano cromaticamente senza alcun disegno precostituito a conci di basalto, allettati con malta di terra; come già accennato precedentemente, gli elementi sono affini per dimensione, lavorazione e provenienza a quelli impiegati nella prima fase, tanto da poter avanzare l'ipotesi che si tratti di materiale di reimpiego, tuttavia distribuito con irregolarità nell'andamento dei corsi orizzontali. Il paramento interno, invece, è realizzato in pietrame a scapoli di piccole e medie dimensioni – lunghezza [20÷5 cm]; altezza [15÷5 cm] – ciottoli e scaglie, zeppe e cunei di regolarizzazione, allettati con malta di terra e calce (tipo 3). La stessa tecnica riscontrata su questo paramento interno è adottata, con la variante 'a sacco', per la costruzione di entrambi i paramenti delle murature non portanti con riempimento in pietrame a scapoli e malta di terra e calce (tipo 4, costruttivamente analogo al tipo 2).

Nonostante la vulnerabilità della malta di terra e calce con cui sono state appa-recchiate le murature, l'edificio, abbandonato entro la seconda decade del XXI secolo, presenta oggi un limitato grado di rudereizzazione, inteso come percentuale di perdita di materia antica¹⁴. Il motivo di tale discreto stato di conservazione si deve ricercare nella cura con la quale sono stati eseguiti i paramenti murari con la sistemazione del pietrame secondo un ordine costruttivo che si avvicina molto a quello utilizzato per la realizzazione dei muri a secco. La variabilità delle pezzature, che favorisce l'ingranamento tra gli elementi lapidei, ha permesso di raggiungere una buona continuità del lapideo nella superficie esterna e di ridurre la dimensione dei giunti, sigillati con la tecnica del rasopietra. (DRF)

Risultanze archeometriche

La precisazione cronologia delle tipologie sopra illustrate deve considerarsi il risultato congiunto della codifica tipologica delle sezioni murarie, della verifica delle interfacce stratigrafiche e dell'analisi microscopica delle malte. Infatti, come si evince dalla precedente descrizione delle tipologie costruttive – secondo quanto spesso avviene per tutta la cosiddetta architettura 'povera' della Sardegna – lo studio stratigrafico è stato reso complesso dall'uso dei lapidei locali in maniera continuativa nel corso del

¹⁴ FIORANI 2009.

tempo, dal fenomeno del reimpiego di elementi lapidei di spoglio, dalla prassi in età moderna di adoperare manovalanza non specializzata assoldata sul posto, come già confermato da studi condotti sulle torri costiere¹⁵.

Per questi motivi, la stessa individuazione delle diverse unità stratigrafiche sarebbe potuta risultare incompleta se fosse stata condotta attraverso il solo esame macroscopico delle murature, in quanto apparecchi costruttivi apparentemente uguali hanno rivelato all'indagine minero-petrografica e geochimica delle malte una certa variabilità nel confezionamento degli impasti; elemento, questo, che rappresenta un significativo indicatore dell'evoluzione costruttiva della fabbrica.

Essendo insostenibile l'esecuzione di una campionatura sistematica, il protocollo di indagine ha previsto una campionatura ragionata, basata su un esame autoptico e sull'interpretazione preventiva *in situ* delle variabili materiche, individuate attraverso il confronto tra professionalità multidisciplinari.

In dettaglio, sono stati eseguiti 15 saggi, distribuiti secondo 5 stratigrafie e 3 campioni isolati (*Tav. II*, p. 107).

Sui campioni, prelevati con piccoli martelli e scalpelli, è stata effettuata una prima indagine macroscopica e allo stereomicroscopio per definirne il colore, la durezza e il grado di coesione. L'analisi mineralogico-petrografica è stata eseguita in sezione sottile al microscopio polarizzatore per lo studio delle caratteristiche strutturali e composizionali ed è stata completata con l'analisi mineralogica attraverso diffrattometria ai raggi X (XRD), al fine di verificare la presenza e la composizione dei minerali non identificabili otticamente¹⁶.

Il protocollo ha riguardato inizialmente l'analisi delle tassellature stratigrafiche – dalla superficie muraria agli interstizi profondi di allettamento – e ha poi selezionato alcuni campioni isolati scelti per confermare le deduzioni stratigrafiche derivanti dalla parallela indagine sui materiali.

La caratterizzazione minero-petrografica condotta sui campioni prelevati ha permesso d'individuare diverse tipologie di malte relative alla stratigrafia delle fasi costruttive.

Nella prima e nella seconda fase, per tutte le tipologie murarie, le malte di allettamento sono risultate in terra con una variante materica, relativa alla fase di riconfigurazione dell'edificio, data dall'aggiunta di una blanda percentuale di calce. Questo aspetto ha consentito di associare tipologie murarie analoghe (tipo 2 e tipo 4) a fasi cronologiche distinte.

¹⁵ GIANNATTASIO, GRILLO, MURRU 2014.

¹⁶ Le analisi sui materiali sono state coordinate da S.M. Grillo ed eseguite presso i laboratori del DICAAR e del LabMast (Laboratorio Mediterraneo per i Materiali e le Architetture Storico-Tradizionali), con microscopio ottico in luce trasmessa Zeiss Atioplan e diffrattometro Rigaku Ultima IV, in ottica parallela, radiazione CuK α a 30mA; pattern 5°-65°. La definizione del colore è stata fatta

mediante il confronto con la *Munsell Soil Color Chart*, mentre la durezza è stata definita mediante la scala di *Bowen* mutuata, nell'ambito dell'analisi architettonica, dalla scala che normalmente viene utilizzata in mineralogia per definire la durezza dei minerali. In questo caso, la durezza è stata valutata in riferimento al composto ma, naturalmente, questa è influenzata dalla natura dei componenti e dal degrado degli stessi.

L'analisi stratigrafica relativa alla muratura di tipo 1 mostra una stilatura dei giunti e la successiva completa intonacatura delle superfici interne mediante una serie di composti di malta grassa con aggregati di riolite (stratigrafia 2, campioni BM05 e BM06). Nella controfacciata è presente, con le stesse funzioni, una malta di calce a medesimo aggregato (stratigrafia 1, campione BI03 e stratigrafia 5, campione BI01), ma con un rapporto aggregato/legante maggiore rispetto a quanto rilevato nelle precedenti, probabilmente in relazione ad una più rilevante esposizione agli agenti esogeni.

In esterno, invece, il primo strato di finitura, prossimo alla superficie lapidea, è sempre riferibile alla fase di ampliamento ed è riconducibile alla tecnica del raso-pietra, comunemente e continuativamente utilizzata in ambito regionale per le architetture minori a partire dall'età moderna. In questa fase, tutte le malte sono caratterizzate da aggregato vulcanico in basso rapporto rispetto al legante di calce (stratigrafia 3, campione BM04) (*Tavv. IV-V-VI*, pp. 108-109). Tale similitudine dei composti esaminati ha consentito di confermare le cronologie dei rivestimenti e dei relativi supporti murari di tipo 3 e 4, già ascritti alla seconda fase.

Due tipologie di malte, diverse rispetto alle precedenti, attestano attività di manutenzione riferibili alla seconda metà del XVIII secolo, in relazione alle già citate fasi di arricchimento della decorazione interna. Si tratta di un composto con aggregato riolitico e aggiunta di cocchiopesto, utilizzato per riprese murarie in interno e di un altro, con aggregato basaltico, adoperato per la sigillatura dei giunti esterni; la differenza nella scelta del materiale non appare legata a specifiche esigenze costruttive, quanto piuttosto a ragioni di accordanza cromatica.

Le malte confezionate per le sistemazioni delle coperture, prelevate in corrispondenza dell'attacco delle travi del tetto (stratigrafia 4, campione BI11) si distinguono per un aggregato a grana grossa quarzoso feldspatico con frammenti di metamorfite in altissima percentuale e legante calcitico. Analoga composizione mostrano lo strato più superficiale dell'intonaco interno (stratigrafia 5, campione BI02) e alcune riprese nella muratura esterna della loggia (campione isolato BI07). La natura del materiale, oltre che l'accuratezza dell'impasto e della messa in opera, denunciano una tecnica più raffinata, che porta ad associare la produzione a strumenti di confezionamento più specializzati. Infatti, mentre i materiali relativi alle fasi già descritte mostrano incotti, bottaccioli, fratture da ritiro e distribuzione disomogenea dell'aggregato, questi campioni attestano una tecnologia di esecuzione più vicina alla produzione industriale, propria dell'inizio del XX secolo. Tale ipotesi è coerente con il riutilizzo temporaneo della chiesa a partire dal 1905 dopo circa quarant'anni di chiusura al culto, fatto che avrà certamente richiesto piccoli lavori di manutenzione straordinaria, compatibili con queste riprese. (DRF - SMG)

Conclusioni

In conclusione, lo studio sulle malte e sugli intonaci della chiesa di Bortigali, come caso esemplificativo di un più ampio spettro di investigazioni in atto, ha messo in evidenza le possibilità e i limiti di applicabilità in Sardegna del metodo tradizio-

nale già consolidato in altri ambiti nazionali, producendo contestualmente un primo tassello conoscitivo completo per la costruzione di un quadro di riferimento su cui impostare efficaci matrici archeometriche regionali.

L'esame tipologico-costruttivo effettuato su altri casi analoghi conferma l'importanza di codificare e adottare in maniera sistematica rigorosi protocolli d'indagine basati su un approccio interdisciplinare, unico modo per affrontare la pluralità di aspetti che sono intrinseci al patrimonio architettonico storico.

Inoltre, i risultati emersi attestano la difficoltà d'individuare peculiarità costruttive e materiali associabili a univoci momenti storici, per le ragioni già precedentemente esposte. Pertanto, di fronte a simili realtà ancor più rilevante diventa la costruzione di un mosaico il più vasto possibile, che consenta di giungere a valutazioni statistico-probabilistiche attendibili per la datazione delle architetture storiche del contesto regionale.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- CONCU, FIORINO 2014: G. CONCU, D.R. FIORINO, *Il progetto accessit: l'accessibilità ai ruderi degli edifici di culto della Sardegna. La metodologia 'Ecclesiae Fabrica'*, Isolamediterranea, Cagliari 2014
- CORONEO 1993: R. CORONEO, *Architettura romanica dalla metà del Mille al primo '300*, Ilisso, Nuoro 1993
- FIORANI 2009: D. FIORANI, *Architetture, rovina, restauro*, in M. Barbanera (a cura di), *Relitti Riletti. Metamorfosi delle rovine e identità culturale*, Bollati Boringhieri, Torino 2009, pp. 339-355
- FIORINO 2014: D.R. FIORINO, *Stratigraphic evidence in the ancient urban walls of Cagliari (Sardinia-Italy)*, in C. Brebbia, C. Clark (eds), *Defence Sites II. Heritage and Future*, WIT Transactions on the Built Environment, CXXXXXIII, Southampton 2014, pp. 257-268
- FRULIO 2006: G. FRULIO (a cura di), *Santa Maria di Curo in territorio di Monteleone. Studi e restauri di un edificio allo stato di rudere*, Il David, Firenze 2006
- GIANNATTASIO, GRILLO 2011: C. GIANNATTASIO, S.M. GRILLO, *The Mezzaspiaggia tower (Cagliari-Italy): the dating of structures by the metrological-chronological analysis of masonry and the petro-geochemical stratigraphy of building materials*, in I. Turbanti Memmi (ed), *Proceedings of the 37° International Symposium on Archaeometry*, atti del convegno (Siena, Maggio 12-16 2008), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2011, pp. 489-494
- GIANNATTASIO, GRILLO, MURRU 2014: C. GIANNATTASIO, S.M. GRILLO, S. MURRU, *The Western Sardinian coast defensive towers (16th-17th century): an interdisciplinary approach for the chronological definition of masonries*, in G.T. Papanikos (ed), *Proceedings of 4th Annual International Conference on Architecture* (Athens, July 7-10), Athens Institute for Education and Research, Atene 2014, pp. 3-17
- KIROVA, TRAMONTIN, BERGAMINI 1984: T.K. KIROVA, A. TRAMONTIN, A. BERGAMINI, *Architetture della religiosità popolare nella Sardegna del XVII secolo: «Cumbessias» e «Muristenes»*, in T.K. Kirova (a cura di), *Arte e cultura del '600 e del '700 in Sardegna*, ESI, Napoli 1984, pp. 271-272
- MARTORELLI 2006: R. MARTORELLI, *Il culto dei santi nella Sardegna medievale. Progetto per un nuovo dizionario storico-archeologico*, in «Mélanges de l'École française de Rome: moyen-âge», 118/1, École française de Rome, Roma 2006, pp. 25-36

- MARTORELLI 2015: R. MARTORELLI (a cura di), *Settecento-Millecento Storia, Archeologia e Arte nei "secoli bui" del Mediterraneo Dalle fonti scritte, archeologiche ed artistiche alla ricostruzione della vicenda storica la Sardegna laboratorio di esperienze culturali*, atti del Convegno (Cagliari, 17-19 ottobre 2012), Scuola Sarda Editrice, Cagliari 2015
- MELE, MELONI 2003: M.G. MELE, M.G. MELONI, *Committenti e devoti - Committenza e devozione in Sardegna tra medioevo ed età moderna*, in M. Tosti (a cura di), *Santuari cristiani d'Italia: committenze e fruizione tra Medioevo e età moderna*, École française de Rome; Provincia di Perugia, Ufficio relazioni esterne e editoria, Roma-Perugia 2003, pp. 145-169
- MELONI 2007: M.G. MELONI, *Il fenomeno santuarioale in Sardegna. Un excursus alla luce del censimento dei santuari cristiani d'Italia*, in A. Vauchez (a cura di), *I santuari cristiani d'Italia: bilancio del censimento e proposte interpretative*, École française de Rome, Roma 2007, pp. 203-2015
- MILANESE 2006: M. MILANESE (a cura di), *Vita e morte dei villaggi abbandonati tra Medioevo ed Età Moderna*, atti del Convegno (Sassari-Sorso, 28-29 maggio 2001), All'insegna del giglio, Borgo San Lorenzo 2006
- MILANESE, CAMPUS 2006: M. MILANESE, F.G.R. CAMPUS, *Archeologia e storia degli insediamenti rurali abbandonati della Sardegna*, in M. Milanese (a cura di), *Vita e morte dei villaggi abbandonati tra Medioevo ed Età Moderna*, atti del Convegno (Sassari-Sorso, 28-29 maggio 2001), All'insegna del giglio, Borgo San Lorenzo 2006, pp. 25-58
- PALESTRA 1995: G.W. PALESTRA, *Intonaco: una superficie di sacrificio*, Etaslibri, Milano 1995
- PUTZU 2015: M.G. PUTZU, *Tecniche costruttive murarie medievali. La Sardegna*, L'Erma di Bretschneider, Roma 2015
- SANNA 2009: A. SANNA *et al.* (a cura di), *Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma 2009
- URGU 2015: A. URGU, *Le chiese rurali del nord-ovest della Sardegna. Il contributo dell'archeologia dell'architettura nello studio dei villaggi medievali scomparsi*, in A. Luongo, M. Paperini (a cura di), *Medioevo in formazione. Tra ricerca e divulgazione*, atti del convegno (Somma Lombardo, 10-13 ottobre 2013), Debatte, Livorno 2015, pp. 87-95

Bianco come il calcare, nero come la pece: patine e incrostazioni sui fronti degli edifici nel centro storico di Castelvechio Calvisio (L'Aquila)

CHIARA PORROVECCHIO

*La caratterizzazione di un fenomeno non compreso:
il contributo delle indagini dirette e dello studio del contesto*

Sulle superfici lapidee degli edifici del centro storico di Castelvechio Calvisio, in provincia dell'Aquila, si possono notare alcune alterazioni cromatiche di colore nero, molto scure e ben distinguibili dal colore bianco-grigiastro del calcare e dei rivestimenti¹. Tale fenomeno è dovuto alla presenza di sottili patine opache e di spesse incrostazioni che insistono sui prospetti esterni e nelle pareti interne degli edifici, sia sul materiale lapideo naturale che sulle malte e sugli intonaci (Figg. 1-2). Nel corso di precedenti studi erano stati raccolti alcuni campioni delle superfici alterate, la cui analisi aveva evidenziato la presenza di composti chimici di natura bituminosa².

La ricerca che si presenta nasce dalla volontà di chiarire la natura e le ragioni di questa particolare presenza³. Essa ha preso le mosse da una serie preliminare di sopralluoghi nel centro storico che hanno consentito la raccolta di dati fotografici e l'analisi a vista delle alterazioni e lo studio della loro distribuzione nell'abitato (Fig. 3).

Sulla base di questa prima disamina, è stato possibile riconoscere cinque diverse tipologie del fenomeno, tra patine e incrostazioni: è stato classificato come patina uno strato coerente e molto sottile che altera cromaticamente le superfici, mentre sono

¹ Castelvechio Calvisio è sull'Appennino abruzzese, circa a 30 Km a est di L'Aquila e a 80 Km a ovest di Pescara. La vicenda storica e la descrizione dell'abitato, caratterizzato da un'inusuale forma a pettine racchiuso in un ovale, è in MORICO 2004; GIUSTIZIA, CLEMENTI, FELLER 2001. Approfondimenti relativi agli aspetti costruttivi e alle vicende di trasformazione, nonché riscontri in merito alle questioni conservative poste dall'abitato appenninico sono raccolti CRISAN et al. 2015.

² Alcuni campioni di materiale erano stati raccolti e analizzati mediante spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FT-IR) nel corso dell'elaborazione di due tesi di laurea in Architettura presso "Sapienza" Università di Roma. Tali tesi, entrambe relative al *Restauro di un isolato e propo-*

sta di restauro del borgo di Castelvechio Calvisio, sono state discusse nel 2013 rispettivamente da P. Ratti e G. Poggi Madarena e da P. Sannicandro e G. Tamburro (relatrice prof. D. Fiorani). Gli studi, inerenti fabbricati diversi, erano finalizzati alla redazione di progetti di restauro ed evidenziavano, contestualizzandola, la presenza delle patine. Ringrazio gli autori delle tesi per avermi messo a disposizione il loro materiale per l'avvio della mia ricerca.

³ Il presente lavoro costituisce un estratto di una ricerca da me condotta (2014) per la tesi di Specializzazione per la Scuola in Beni Architettonici e del Paesaggio, "Sapienza" Università di Roma (relatrice prof. D. Fiorani).



Fig. 1. Interno con evidenti incrostazioni bituminose sulle pareti.



Fig. 2. Passaggi coperti in via Borghi Archi Romani, con incrostazioni e patine nere.

state identificate quali incrostazioni tutti i depositi aderenti al substrato con spessore almeno millimetrico. Le suddette tipologie di alterazione vengono qui elencate:

Incrostazione bituminosa vermiforme stalattitica: si tratta di un'incrostazione color nero bruno, avente una superficie lucida e presente su intonaci e malte negli intradossi di volte, archi e architravi, sia all'esterno che negli ambienti interni. La distribuzione discontinua sul substrato d'ancoraggio le conferisce un aspetto vermiforme che si alterna a vere e proprie formazioni stalattitiche. Lo spessore dell'incrostazione varia dai 3 ai 5 mm nella zona vermiforme, mentre la lunghezza delle formazioni stalattitiche è compresa dai 5 ai 10 mm. La particolare conformazione e la distribuzione sull'intradosso di volte archi e architravi lascia pensare a un materiale inizialmente fluido viscoso che scola dall'alto verso il basso per forza di gravità (Tav. I.A, p. 110).

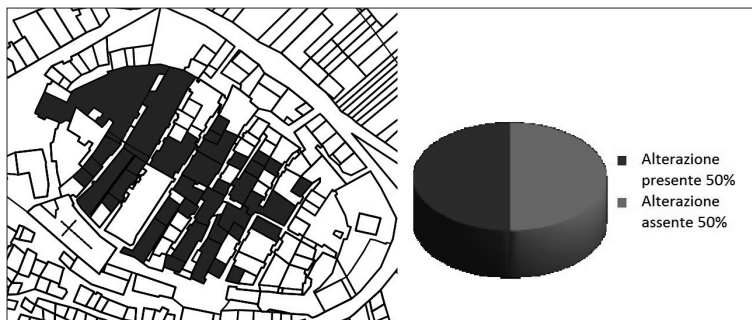
Patina bituminosa lucida compatta: è una patina di colore nero, con superficie lucida, presente su materiale litico (calcare) negli intradossi di volte, negli archi e negli architravi, sia su esterni che all'interno degli ambienti; è sempre associata alle incrostazioni vermiformi stalattitiche osservate sulla malta. La distribuzione su conci e bozze calcaree è continua e omogenea (Tav. I.B-C, p. 110).

Queste prime due tipologie di alterazione sono sempre compresenti, rimandando a un unico fenomeno che interessa l'intera superficie muraria, che si manifesta come incrostazione su intonaci e malte e come patina sulle superfici litiche.

Incrostazione bituminosa vermiforme: è un'incrostazione di colore nero-bruno, avente una superficie lucida, è disposta sugli intonaci che rivestono le pareti verticali, sia all'esterno che all'interno. La sua distribuzione discontinua sul substrato d'ancoraggio le conferisce un aspetto vermiforme. L'incrostazione, di spessore variabile dai 3 ai 5 mm, è anche presente alla base di volte o solai e tende a diradarsi verso il basso. Questa modalità conferma l'ipotesi di un materiale inizialmente fluido-viscoso che scola dall'alto verso il basso per forza di gravità (Tav. II, p. 110).

Patina nera maculata opaca: è una patina disposta solo sugli intonaci e sulle malte dei prospetti esterni, sempre associata a un'altra patina simile, ma continua, presente sui conci e sulle bozze di materiale calcareo. Pur presentando un colore nero intenso,

Fig. 3. Rappresentazione su base catastale della distribuzione delle alterazioni e relativa percentuale sul totale di particelle censite.



risulta visibilmente diversa dalle altre patine bituminose, sempre lucide e spesse qualche millimetro, mostrando al contrario uno spessore micrometrico (Tav. III.A, p. 111).

Patina nera compatta opaca: è una patina disposta solo sui conci e sulle bozze di materiale calcareo dei prospetti esterni. Si trova sempre associata alla patina maculata (Tav. III.B-C, p. 111).

Le ultime due patine definite 'opache' sono sempre compresenti, aparendo con un aspetto maculato, discontinuo, su intonaci e malte, compatto sulle superfici litiche.

Nel corso dei sopralluoghi sono stati poi raccolti numerosi campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio, così da comprendere meglio la natura dei materiali e i processi di formazione delle patine e delle incrostazioni. Naturalmente, nessuna indagine scientifica da sola può spiegare in maniera esaustiva la natura di un fenomeno se i dati non sono interpretati alla luce delle informazioni sulle vicende storiche, sul contesto ambientale, sulla geomorfologia del territorio, non trascurando neppure le caratteristiche antropologiche e le specifiche condizioni climatiche del sito. Le ricerche condotte su Castelvechio Calvisio hanno aiutato a chiarire la cronologia dell'abitato storico⁴, senza tuttavia evidenziare, almeno apparentemente, elementi correlabili alla presenza delle patine e incrostazioni.

⁴ Castelvechio Calvisio si configura nel medioevo come un abitato con impianto ovale ripartito da un asse principale su cui s'innestano strade perpendicolari che distribuiscono gli accessi alle abitazioni. Queste, inizialmente di due o tre piani, presentavano un ambiente di servizio al piano terreno e un unico ambiente abitativo al livello superiore; entrambi i vani avevano ingressi indipendenti, accessibili grazie ad un sistema di scale esterne (profferli). Il borgo, databile al XII secolo, era compreso nella cosiddetta Baronìa di Carapelle, che comprendeva anche i territori di Castelvechio Calvisio, Santo Stefano di Sessano, Calascio e Rocca Calascio. Terremoti e oscillazione demografica determinano le principali trasformazioni

del paese che, fra XIII e XV secolo, si accrebbe prima verso l'alto, con la sovrapposizione di diverse cellule abitative e la trasformazione delle tecniche costruttive, e poi al di fuori dell'ovale originario. Fra XVI e XVIII secolo si verificò la progressiva fusione delle case a schiera, con la realizzazione di alcuni palazzetti e l'ampliamento della struttura residenziale nonché la realizzazione di volte e diaframmi in mattoni a una testa. Attualmente l'abitato, già progressivamente abbandonato nella seconda metà del Novecento, è compreso nel cratere del sisma dell'Aquila del 6.4.2009. Per la ricostruzione delle vicende storiche e delle problematiche conservative si rimanda a FIORANI 2015, ZULLI 2015 e alla bibliografia ivi riportata.

In altri precedenti studi era stata giustificata la presenza di bitume in una chiesa di Camogli in Liguria, correlandola alla lavorazione di tale materiale al suo interno in un lungo periodo in cui l'edificio non era più adibito al culto⁵. Sebbene nel caso ligure il bitume servisse al trattamento del legno per le imbarcazioni, uso non plausibile nel territorio di Castelvechio, si è posta la necessità di verificare se tale materiale fosse mai stato una risorsa sfruttata dalle popolazioni abruzzesi.

Si è pertanto accompagnata all'acquisizione dei dati storico-costruttivi disponibili, una ricerca d'archivio relativa alla distribuzione dei giacimenti petroliferi in Abruzzo e al loro sfruttamento. Tali giacimenti sono soprattutto concentrati in provincia di Pescara e Chieti (presso gli abitati di Cigno, Cantalupo, Lettomanoppello, Manoppello) e vicino Teramo. Essi sono stati sfruttati fin dall'epoca romana e una vera e propria attività di tipo industriale è sorta dalla metà dell'Ottocento ed è continuata per oltre un secolo⁶.

La disponibilità di bitume in Abruzzo dovrebbe collegarsi pertanto alla presenza di questo materiale sulle superfici edilizie di Castelvechio Calvisio e degli altri comuni del territorio; le stesse alterazioni sono state infatti riscontrate anche a Santo Stefano di Sessanio, Castel del Monte e Carapelle Calvisio. Tale presenza non risultava però sufficientemente chiarita, né si comprendeva ancora, prima del presente studio, se fosse dovuta ad origini naturali o antropiche. Si è pertanto cercato di raccogliere ulteriori indizi intervistando la popolazione locale in proposito⁷, individuando in tal modo una grotta le cui pareti sono costituite da scisto calcareo contenente consistenti incrostazioni dall'evidente natura bituminosa (*Tav. IV*, p. 111). La grotta è stata fotografata e sono stati prelevati diversi campioni di materiale.

⁵ CAVACIOCCHI *et al.* 2008.

⁶ Nel museo archeologico di Chieti si trova un blocco squadrato di bitume cavato in età romana, rinvenuto a Scafa, in provincia di Pescara. Nello stesso territorio, scavi archeologici hanno identificato un opificio di epoca romana in contrada Pignatara a Lettomanoppello, dove lo sfruttamento di questo giacimento si è protratto nei secoli. Il bitume cavato venne commercializzato nel XII secolo con la Repubblica marinara di Amalfi che l'utilizzava per calatafare le proprie navi. Flavio Biondo, nella sua *Italia illustrata* (1482 circa) indica l'esistenza di una sorgente di petrolio e bitume presso il castello di Cantalupo, vicino a Tocco da Casauria, sempre in Abruzzo, utilizzato per le sue virtù medicamentose. Con la "Legge de' 17 ottobre 1826, sulla ricerca e scavo delle miniere nel Regno" (art. 1) vennero liberalizzati la ricerca e sfruttamento delle risorse minerarie, fra le quali fu incluso il bitume. Sul versante orientale della Maiella (nelle contrade Manoppello e San Valentino) si avvia nel 1844 lo sfruttamento

industriale dei giacimenti; il bitume era coltivato anche a Rocca Morica, nei dintorni della Majella, e veniva raccolto nel vallone detto Monte Morone, in contrada 'Rocca', nel tenimento di Tocco, dove scorreva liberamente in forma liquida. Nel 1955 venne scoperto, in provincia di Pescara, il giacimento petrolifero di Cigno dove furono rinvenute alla profondità di 700 metri calcareniti impregnate di petrolio e furono pertanto perforati 25 pozzi. Nel 1958 vennero scoperti ulteriori giacimenti nella provincia di Teramo. L'attività mineraria nelle miniere abruzzesi di Roccamorice e Lettomanoppello proseguì fino alla metà degli scorsi anni sessanta. Oggi rimane soltanto testimonianza di alcuni resti di archeologia industriale (BOSELLINI, 2001; CIANFARANI, 1978).

⁷ Particolarmente utile è risultata la testimonianza di Gustavo D'Ettore, che ha segnalato la presenza di una grotta dalle cui pareti colava "una sostanza nera e appiccicosa" e che ha avuto la cortesia di accompagnarmi sul posto.

Le conoscenze acquisite in merito ai giacimenti di rocce asfaltiche presenti nell'appennino abruzzese, i dati rilevati nel corso del sopralluogo nella grotta e l'effettiva vicinanza di questa alle miniere sfruttate nell'Ottocento (*Tav. IV*, p. 111), hanno suggerito l'ipotesi che i materiali da costruzione utilizzati in Castelvecchio Calvisio fossero stati cavati in loco e presentassero, pertanto, una naturale impregnazione bituminosa. Il medesimo materiale, se opportunamente riscaldato, avrebbe quindi potuto rilasciare all'esterno tale sostanza organica. In effetti, le conformazioni e le distribuzioni osservate nelle incrostazioni vermiformi negli edifici ricordano un naturale fenomeno di percolamento, simile a quello osservato in grotta, e l'addensamento delle incrostazioni sugli intradossi delle volte e degli architravi, nonché nelle zone alte delle pareti laterali interne, confermerebbe tale ipotesi.

Le patine opache, invece, non presentavano una natura bituminosa evidente e si è allora ipotizzato che fossero dovute ad altra causa.

La campagna diagnostica

La campagna diagnostica per l'indagine sulla natura delle patine e delle incrostazioni svolta nei laboratori ha consentito l'osservazione diretta dei campioni al microscopio ottico e le analisi spettroscopiche in radiazione infrarossa FT-IR. Queste ultime sono particolarmente indicate per lo studio dei materiali di tipo organico quali quelli appartenenti alla famiglia dei bitumi⁸.

Sono stati inizialmente analizzati i campioni provenienti dalla grotta nelle campagne di Castelvecchio Calvisio, così da poter disporre di un riferimento per valutare le patine e le incrostazioni rilevate nel centro storico. Il risultato delle analisi FT-IR condotte su campioni di una formazione stalattitica bituminosa della grotta mostra una composizione chimica pertinente con quella di un bitume naturale puro⁹ (*Tav. V*, p. 112).

I campioni d'intonaco con incrostazioni vermiformi e vermiformi-stalattitiche sono stati dapprima sezionati trasversalmente per osservarne la stratigrafia (*Fig. 4*).

⁸ Le analisi diagnostiche sono state condotte nel Laboratorio di Analisi dei materiali del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della "Sapienza", Università di Roma, sotto la supervisione dell'arch. Elisabetta Giorgi, e nel Laboratorio di Analisi chimiche presso l'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR, Roma), sotto la supervisione del dott. Fabio Talarico.

⁹ I maggiori giacimenti italiani di rocce asfaltiche e scisti bituminosi si trovano in Sicilia e in Abruzzo. Il bitume si rinviene generalmente in natura sotto forma d'impregnazioni viscosi all'interno di rocce sedimentarie quali arenarie (rocce asfaltiche, molto porose e impregnate di bitumi migrati da accumuli di petrolio sottostanti) e calcari (scisti

bituminosi, formati per contemporanea deposizione, in bacini chiusi, di materiale inorganico di tipo carbonatico e di idrocarburi densi e ossidati, intrappolati fra due strati successivi di deposito). Il bitume è un'emulsione (ovvero una miscela disomogenea di due sostanze) viscosa semisolida di colore nero bruno; presenta caratteristiche termoplastiche ed è completamente insolubile all'acqua. Dal punto di vista chimico contiene carbonio (circa 80%) e idrogeno (circa 10%) e altri elementi minoritari (zolfo, ossigeno, azoto), variabili a seconda dei fattori ambientali e delle caratteristiche geochimiche dei giacimenti. Si può affermare quindi che non esistono bitumi naturali chimicamente identici, se non provenienti dal medesimo giacimento (MORBIDELLI 2003).



Fig. 4. Campione di intonaco incrostato, fotografato in sezione.

si è potuto notare come le incrostazioni fossero miscelate al materiale carbonatico dell'intonaco. Gli spettri FT-IR hanno confermato tale riscontro, rivelando la presenza di carbonato di calcio e bitume, con prevalenza del primo, denunciato da un segnale più forte (*Tav. VI*, p. 112).

La composizione chimica delle incrostazioni è quella di un miscuglio di bitume e carbonato di calcio; la natura dei campioni prelevati non è quindi unicamente bituminosa, diversamente da quanto si è osservato in quelli prelevati dalla grotta. Il netto rilievo della stratificazione e la sua composizione chimica mista di bitume e carbonato di calcio indicano una stesura intenzionale a caldo sull'intonaco.

Fra le possibili ragioni di questa presenza sui fronti edilizi del centro storico di Castelvevchio Calvisio, la più convincente appare la necessità di ricavare calce per malte da intonaco e da allettamento dai litotipi impregnati di bitume disponibili *in situ*. La particolare composizione del materiale calcareo rendeva difficoltoso il processo di spegnimento della calce viva che richiedeva l'aggiunta di acqua per formare il grassello di calce. L'eccessiva presenza di materiale bituminoso impregnante nell'impasto non avrebbe infatti consentito la reazione con l'acqua degli ossidi di calcio, a ragione della natura fortemente idrofoba del composto.

La produzione di calce deve pertanto aver richiesto l'accurata selezione di litotipi scarsamente impregnati e la separazione a caldo della componente bituminosa dal calcare¹⁰. Veniva in tal modo prodotta, come materiale secondario, una significativa

Quest'ultima ha mostrato una netta separazione tra fase carbonatica bianca e fase scura bituminosa. Tale netta differenziazione ha smentito l'ipotesi iniziale secondo cui le patine e le incrostazioni potessero derivare da una migrazione spontanea in superficie delle sostanze bituminose contenute nel materiale da costruzione. Il bitume, piuttosto, sembra impregnare solo lo strato esterno del materiale, spesso da 2 a 5 mm.

Per analizzare la composizione chimica di questo strato superficiale mediante spettroscopia FT-IR, la fase incrostata è stata grattata dal substrato. Già dall'osservazione allo stereomicroscopio

¹⁰ In miniera l'estrazione del bitume avveniva principalmente individuando delle grandi vene sotterranee da cui prelevare il materiale puro, tuttavia fu messo a punto anche un processo di estrazione dai calcari asphaltici: la roccia asphaltica, ridotta

in frammenti grossolani, veniva introdotta in piccole caldaie dotate di camicia riscaldante che provvedevano a fondere, alla temperatura di 200-210° C, il bitume contenuto nel minerale, rendendolo completamente fluido. Successivamente la roccia

quantità di bitume fluido, di cui si dovette immaginare un possibile uso. Probabilmente per tale ragione si arrivò a prefigurare l'applicazione a caldo del bitume sullo strato di finitura degli intonaci, di cui evidentemente si doveva apprezzare qualche funzione specifica che verrà ulteriormente valutata in seguito.

L'osservazione diretta e, ancor più, lo studio allo stereomicroscopio di alcuni campioni d'intonaco incrostato hanno inoltre mostrato la presenza di un ulteriore strato carbonatico sottile sovrapposto, spiegabile con la probabile disposizione di scialbo bianco al di sopra dello strato bituminoso scuro.

Durante il sopralluogo nel centro storico di Castelvecchio Calvisio e nel corso del prelievo dei campioni erano state osservate, come già detto, diverse patine nere opache al di sopra dei prospetti esterni degli edifici. Tali patine presentano un colore nero intenso e uno spessore micrometrico, quindi appaiono visibilmente diverse dalle altre patine bituminose, sempre lucide e spesse. L'analisi spettroscopica FT-IR delle patine sottili ha rivelato in tal caso una composizione chimica del tutto diversa da quella delle incrostazioni, compatibile con quella di patine ad ossalati (*Tav. VII*, p. 113).

L'interpretazione dei risultati delle analisi

Riconosciuta, mediante analisi spettroscopica FT-IR, la natura delle incrostazioni sulle superfici interne ed esterne e identificata, tramite osservazione diretta allo stereomicroscopio, la presenza di due strati soprastanti l'intonaco (consistenti in bitume e latte di calce), occorre spiegare le ragioni pratiche che hanno promosso questa soluzione atipica.

L'impiego di bitume in architettura ha soprattutto sfruttato le capacità leganti del materiale, ma non sono mancate anche applicazioni particolari come quella, perlopiù settecentesca, per la realizzazione di pavimenti¹¹. Erano comunque note nel passato anche le sue capacità biocide e le proprietà impermeabili, caratteristiche che possono indirizzare meglio le ragioni della sua presenza in Castelvecchio¹².

veniva macinata finente, poi riscaldata e colata in forme esagonali attraverso setacci man mano più selettivi che separavano meccanicamente la fase polverosa minerale dalla fase oleosa bituminosa. Il bitume così estratto veniva poi depurato mediante processi chimici e ridensificato in panetti, per raffreddamento. (MORBIDELLI 2003).

¹¹ L'uso del bitume come legante è attestato già in epoca paleolitica in area mediorientale e appare più tardi anche in Egitto, a Tebe, ma sono le costruzioni mesopotamiche di Ur, Lagash e Babilonia a mostrare una consistente presenza di questo materiale sia come legante dei mattoni in terra cruda che come adesivo delle decorazioni alle murature. Con le civiltà greca e romana l'utilizzo del bitume in campo edilizio si perde. L'uso di mattonelle pavimentali in

bitume in edifici settecenteschi è presente in Sicilia, nella zona del ragusano, geologicamente ricca di giacimenti asphaltici. Ad esempio, nella chiesa di San Giovanni a Ragusa, il pavimento è bicolore, prevalendo il calcare grigio bituminoso su quello bianco normale (Cfr. SPADOLA 1977; RULLKÖTTER, NISSENBAUM 1988; SCHWARZ, HOLLANDER, STEIN 1999).

¹² Nella civiltà egizia, il bitume è soprattutto utilizzato per l'impregnazione dei tessuti cutanei nel processo di mummificazione. I sarcofagi stessi venivano poi accuratamente sigillati con colate di sostanze bituminose. In epoca medievale e moderna permane l'impiego del materiale a scopi terapeutici, ad esempio nella profilassi per la peste. In quanto alle proprietà impermeabili, nella Bibbia questo materiale viene citato in occasione del rac-

La prima ipotesi, su cui si è a lungo ragionato, è legata all'alta idrofobia del materiale, in grado d'impermeabilizzare le superfici sulle quali esso viene applicato. È pertanto possibile interpretare lo strato di bitume rilevato come rivestimento di finitura degli intonaci; in tal caso, le incrostazioni vermiformi e vermiformi stalattitiche attualmente riscontrate potrebbero costituire i residui di una stesura uniforme di materiale introdotta per impermeabilizzare le pareti. Tale ipotesi, tuttavia, appare poco compatibile con la modalità di distribuzione del rivestimento, la cui presenza risulta ancora evidente nelle volte interne e nei sottovolti dei passaggi coperti all'esterno. Manca invece qualsiasi traccia di esso sulle murature esposte alla pioggia, come i prospetti esterni. Questi riscontri porterebbero così a escludere l'impermeabilizzazione quale fine dell'applicazione dello strato bituminoso.

Si è quindi vagliata la possibilità che questo trattamento sia stato legato alla necessità di igienizzare gli ambienti, date le spiccate proprietà antibatteriche e antimicotiche del bitume. Tale funzione igienizzante è stata però tradizionalmente affidata al trattamento a calce delle murature ma, ancora una volta, la totale assenza della stesura bituminosa sui prospetti esterni degli edifici porta a escludere tale possibilità.

Si è infine ipotizzato che qualche caratteristica interna delle murature rendesse necessario questo trattamento particolare e si è quindi guardato alle caratteristiche intrinseche degli intonaci studiati, ipotizzando la presenza interna di sali. Tale presenza è stata quindi verificata lavorando con soluzioni di acqua deionizzata, polvere d'intonaco e di malte raccolte al di sotto delle incrostazioni bituminose. I test effettuati sono risultati effettivamente positivi ai nitrati¹³.

La presenza di nitrati nelle murature degli edifici di Castelvechio Calvisio può derivare da molteplici fattori, tutti legati al ristagno di materiale organico al piano terreno degli edifici. Fra le ragioni più probabili di questo ristagno possiamo indicare lo scarico di liquami organici nelle intercapedini esistenti fra le case a schiera, il ricovero di animali o la produzione artigianale di generi alimentari¹⁴.

La stesura di uno strato di bitume, soprattutto ai piani bassi degli edifici, dove effettivamente si riscontra tuttora una forte presenza di patine e incrostazioni, avrebbe

conto della vicenda del piccolo Mosè, adagiato in un cestello di papiro spalmato appunto di bitume, per essere poi abbandonato sulla riva del Nilo. Il bitume, del resto, proprio grazie alle sue proprietà impermeabili, è stato costantemente utilizzato nel trattamento del legno per le barche fino ad epoche relativamente recenti (Cfr. RULLKÖTTER, NISSENBAUM 1988).

¹³ Per verificare l'effettiva presenza di ioni salini e stimarne la quantità sono state preparate cinque soluzioni con polvere d'intonaco e malta disciolta in acqua deionizzata a diversa concentrazione. I test sono stati effettuati con stick cromatografici selettivi che si colorano più o meno intensamen-

te in base alle concentrazioni saline; questi sono risultati positivi ai nitrati, con concentrazione di 5 mg/l.

¹⁴ Gli edifici del centro storico di Castelvechio Calvisio sono distanziati l'uno dall'altro da strette intercapedini, dette rue, molte delle quali oggi risultano tamponate. La funzione di queste rue potrebbe essere stata in un primo momento quella di convogliare e raccogliere le acque meteoriche, sfruttando l'inclinazione costante del terreno. Si può supporre che, abbandonato questo tipo di utilizzo, con gli intasamenti intercorsi a partire dal XV secolo, le rue siano state utilizzate per smaltire liquami organici e rifiuti.

funzionato da barriera per il contenimento dei sali penetrati all'interno della muratura per il contatto con le sostanze organiche derivanti dalle attività produttive e dagli scarti. Si ritiene quindi che si volesse con la stesura del bitume evitare la fuoriuscita di questi sali negli ambienti interni e nelle zone non esposte alle acque meteoriche, come i sottovolta dei passaggi coperti. Sui prospetti esterni tale lavorazione non si è resa necessaria perché i sali venivano comunque dilavati dalle piogge.

L'osservazione empirica dei fenomeni deteriorativi sulle pareti, che determinavano l'estrema deperibilità degli intonaci e richiedevano quindi il frequente rifacimento degli stessi, ha probabilmente spinto gli abitanti di Castelvechio e del territorio circostante a ricorrere a questa insolita procedura di rivestimento, così da scongiurare l'oneroso rifacimento periodico degli intonaci e dover ricorrere soltanto a una frequente ritinteggiatura a calce delle superfici trattate¹⁵.

Nel restauro, previsto dai Piani di Ricostruzione post-sismici, del centro storico di Castelvechio Calvisio andrà naturalmente ripristinata la funzione abitativa delle cellule edilizie storiche. Nella quasi totalità degli interni si trovano tracce, anche consistenti, del trattamento a bitume sulle pareti; tale presenza appare ormai poco compatibile con la destinazione d'uso residenziale, sia per motivi estetici, sia per questioni igieniche e di sicurezza, possedendo il bitume un indice di tossicità basso, ma non trascurabile. Lo strato bituminoso ha comunque ormai perso la sua ragion d'essere: le cause della presenza di sali solubili nelle murature, infatti, non sussistono più e il lungo tempo di esposizione all'aperto della maggior parte delle murature ha probabilmente favorito l'espulsione dei sali un tempo presenti. I resti stessi del rivestimento hanno inoltre perso continuità ed elasticità, fessurandosi e distaccandosi dal substrato a causa dell'invecchiamento dovuto all'ossidazione. La conservazione delle tracce di questa lavorazione non avrebbe ad oggi alcun vantaggio pratico e, dal punto di vista storico-artistico, la sua evidenza non risulta del tutto appropriata, in quanto lo strato bituminoso appariva comunque ricoperto dallo scialbo di calce¹⁶. Permane, naturalmente, il valore di testimonianza di una rara e sconosciuta pratica edilizia del passato che potrebbe comunque permanere inalterata riproponendo una nuova stesura di latte di calce, previo consolidamento, pulitura e trattamento desalinizzante dell'intonaco originale (*Tav. VIII*, p. 113).

Le incrostazioni potrebbero essere inoltre mantenute allo *status quo*, come testimonianza storica evidente di questa inconsueta pratica d'inibizione delle efflorescenze saline, nei sottovolta dei passaggi coperti in esterno, dove l'applicazione dello scialbo sarebbe difficile e, soprattutto, poco durevole (*Tav. IX*, p. 114).

¹⁵ Lo scialbo superficiale, essendo chimicamente non affine allo strato bituminoso sottostante, non era destinato a durare nel tempo, tendendo a distaccarsi facilmente. Si può stimare che la manutenzione ordinaria di tale finitura richiedesse interventi ogni due/cinque anni. Per accertare una più verosimile durata nel tempo di tali finiture, occorrerebbe effet-

tuare delle prove di invecchiamento artificiale, riproducendo la stratigrafia intonaco, bitume, scialbo, su campioni in laterizio, sottoponendoli a cicli ad alta temperatura e/o ad alto tenore di umidità relativa.

¹⁶ Si potrebbe immaginare di destinare uno degli edifici a casa museo, in cui preservare l'aspetto attuale come testimonianza.

Un'ultima considerazione deve essere fatta in merito alla diffusa presenza degli ossalati sulle superfici esterne dell'abitato. Tale presenza costituisce un tema largamente trattato nella letteratura scientifica¹⁷. All'origine della formazione di patine ad ossalati è stata identificata l'applicazione di sostanze organiche a scopo protettivo sulle superfici esterne degli edifici: tali patine sono state prodotte dalla decomposizione dell'acido ossalico in seguito alla loro reazione con il carbonato di calcio. La particolare procedura manutentiva si è particolarmente diffusa tra XVII e XIX secolo e appare chiaramente documentata come 'pittura di latte', composta di caseina, in uso sull'architettura nobile e sull'edilizia minore.

Probabilmente anche a Castelvechio Calvisio, dove la caseina rappresentava un materiale disponibile in abbondanza, derivando dalla produzione di latticini e formaggi, questa procedura manutentiva è stata ampiamente utilizzata. Essa dovrebbe risalire, come la stesura del bitume, a un arco temporale che va dalla metà dell'Ottocento ai primi anni del Novecento. Tale periodo, infatti, corrisponde al momento di maggiore attività estrattiva del bitume in Abruzzo e, nel contempo, all'epoca di dismissione delle 'rue'. Sempre nello stesso periodo, si conserva il ruolo economicamente dominante della pastorizia, legata alla produzione artigianale di generi alimentari, quali soprattutto formaggi.

Le patine ad ossalati sono insolubili in acqua e in molti acidi. La loro resistenza e tenacia le rendono protettive nei confronti del substrato su cui si formano. D'altronde, la loro rimozione totale è molto invasiva, in quanto richiede trattamenti aggressivi, come sabbiature o acidi concentrati. Pertanto, il più delle volte si decide di mantenerle in sito, malgrado l'alterazione estetica da esse determinata sulle superfici.

Si può quindi pensare di mantenere lo *status quo* anche sui fronti di Castelvechio Calvisio nel corso di un possibile restauro. Tuttavia, diverse ristrutturazioni già eseguite mostrano la rimozione totale delle patine, dagli esiti piuttosto opinabili. Si potrebbero proporre soluzioni intermedie, che tendano ad attenuare l'effetto delle alterazioni cromatiche sulle pareti senza rimuovere del tutto le patine. Questo effetto di attenuazione può essere ottenuto con tecniche che sfruttano la capacità di alcuni microrganismi di decomporre gli ossalati di calcio per ricavarne nutrimento¹⁸. Tuttavia essendo molto sofisticate e costose, queste tecniche sarebbero difficilmente applicabili in un contesto di edilizia minore diffusa. In alternativa, si possono considerare trattamenti meno efficaci, ma con costi più contenuti, quali l'applicazione sulle superfici d'impacchi di acidi molto diluiti (tipo EDTA), che non rimuovano completamente le macchie, attenuandone solo il colore, senza attaccare il substrato (*Tav. X*, p. 114).

¹⁷ Una parte importante di letteratura scientifica, relativa alle patine ad ossalati e alla conservazione delle superfici architettoniche, è stata raccolta in articoli scientifici presentati nei simposi internazionali, organizzati periodicamente fin dal 1989 dal centro CNR "Gino Bozza" di Milano.

¹⁸ Le tecniche biologiche di pulitura delle patine ad ossalati consistono nello sfruttamento di mi-

croorganismi in grado di decomporre e metabolizzare gli ossalati di calcio. Mediante la produzione di speciali enzimi, tali colonie riescono a dissolvere le molecole di ossalato, assorbendo come nutrimento lo ione ossalato e lasciando precipitare sul substrato formazioni di carbonato di calcio, facilmente asportabili (CANEVA, NUGARI, SALVADORI 2012).

Conclusioni

Lo studio condotto ha chiarito la natura e le ragioni di un fenomeno prima non del tutto compreso: sebbene, infatti, la natura asfaltica dei litotipi utilizzati in edilizia nel territorio di Castelvechio Calvisio fosse già nota, il processo che ha portato alla formazione delle patine e incrostazioni oggi visibili sulle superfici non era stato altrettanto chiarito.

Aver riscontrato due tipi di patina, una effettivamente di natura bituminosa, l'altra composta da ossalati di calcio, può ora permettere di distinguere i due fenomeni e trattarli, in eventuali interventi di restauro, nel modo più consona. La dimostrata intenzionalità di entrambe le patine apre inoltre la strada a riflessioni circa le modalità di trattamento future, facendole di fatto ricadere nel processo di trasformazione storica dell'abitato ad opera delle generazioni passate.

L'approccio multidisciplinare con cui è stata affrontata l'indagine ha permesso di giungere alle suddette conclusioni. L'importanza dello sforzo di sintesi da condursi nell'elaborazione dei risultati di sopralluoghi, rilievi, analisi a vista, raccolta diretta d'informazioni sul territorio, indagini archivistiche e di diagnostica strumentale appare evidente nell'esito positivo della problematica affrontata. Allo stesso modo, la valutazione di un qualsiasi fenomeno di natura chimico/fisica in un contesto complesso richiede procedure multidisciplinari strettamente interrelate per giungere a risultati utili e convincenti.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- BOSELLINI 2005: A. Bosellini, *Storia geologica d'Italia*, Zanichelli, Bologna 2005
- CAMPANELLA *et al.* 2011: L. Campanella, A. Casoli, M.P. Colombini, R. Marini Bettolo, M. Matteini, L.M. Migneco, A. Montenero, L. Nodari, C. Piccioli, M. Plossi Zappalà, G. Portalone, U. Russo, M.P. Sammartino, *Chimica per l'arte*, Zanichelli, Bologna 2011
- CANEVA, NUGARI, SALVADORI 2012: G. Caneva, M.P. Nugari, O. Salvadori, *La biologia vegetale per i beni culturali*, Nardini editore, Firenze 2012
- CAVACIOCCHI *et al.* 2008: P. Cavaciocchi, R. Guastella, C. Lastrico, G. Pesce, R. Vecchiattini, *La chiesa di S. Nicolò di Capodimonte (Camogli - Ge): un approccio multidisciplinare al problema del restauro di un edificio restaurato*, in *Scienza e Beni culturali, Restaurare i restauri. Metodi, Compatibilità, Cantieri*, Atti del XXIV convegno di studi (Bressanone, 24-27 giugno 2008), Edizioni Arcadia Ricerche, Venezia 2008, pp. 501-508
- CIANFARANI 1978: V. Cianfarani, *Culture adriatiche antiche di Abruzzo e di Molise*, De Luca, Roma 1978
- CLEMENTI, FELLER, GIUSTIZIA 2001: F. Giustizia, G. Clementi, L. Feller, *Homines de Carapellas, storia e archeologia della Baronia di Carapelle*, Japadre, L'Aquila 2001
- CRISAN *et al.* 2015: R. Crisan, D. Fiorani, L. Kealy, S.F. Musso (a cura di), *Restoration/Reconstruction. Small Historic Centres. Conservation in the Midst of Change*, EAAE IV meeting and workshop (Roma - Castelvechio Calvisio, October 28-31, 2013), EAAE, Hasselt (Belgium) 2015

- FIORANI 2015: D. Fiorani, *Castelvecchio Calvisio: the global meaning of a case-study*, in R. Crisan, D. Fiorani, L. Kealy, S.F. Musso (a cura di), *Restoration/Reconstruction. Small Historic Centres. Conservation in the Midst of Change*, EAAE IV meeting and workshop (Roma - Castelvecchio Calvisio, October 28-31, 2013), EAAE, Hasselt (Belgium) 2015, pp. 10-29
- MATTEINI, MOLES 2003: M. Matteini, A. Moles, *La chimica nel restauro*, Nardini editore, Firenze 2003
- MORBIDELLI 2003: L. Morbidelli, *Le rocce e i loro costituenti*, Bardi editore, Roma 2003
- MORICO 2004: W. Morico, *Castelvecchio Calvisio, storia e territorio*, Japadre, L'Aquila 2004
- RULLKÖTTER, NISSENBAUM 1988: J. Rullkötter, A. Nissenbaum, *Dead Sea asphalt in Egyptian mummies: molecular evidence*, in «Naturwissenschaften», 75, 1988, pp. 618-621
- SCHWARTZ, HOLLANDER, STEIN 1999: M. Schwartz, D. Hollander, G. Stein, *Reconstructing Mesopotamian Exchange Networks in the 4th Millennium BC: Geochemical and Archaeological Analyses of Bitumen Artifacts from Hacinebi Tepe, Turkey*, in «Paléorient», vol. 25, n. 1, 1999, pp. 67-82
- SPADOLA 1977: M. Spadola, *L'asfalto*, vol. 1, Erea, Ragusa 1977
- ZULLI 2015: S. Zulli, *The urban scale of conservation*, in R. Crisan, D. Fiorani, L. Kealy, S.F. Musso (a cura di), *Restoration/Reconstruction. Small Historic Centres. Conservation in the Midst of Change*, EAAE IV meeting and workshop (Roma - Castelvecchio Calvisio, October 28-31, 2013), EAAE, Hasselt (Belgium) 2015, pp. 29-37

Durata e durabilità del calcestruzzo storico nell'architettura del XX secolo

CAROLINA DI BIASE

Attualità del restauro

Nel suo *Le bellezze del cemento armato* (1992) Jacques Gubler proponeva un'ipotesi stimolante: "L'attualità del cemento armato potrebbe essere oggi il suo restauro, e cioè il suo auto-restauro". Il degrado del calcestruzzo, fessurato, disgregato, con i ferri di armatura esposti all'aggressione degli agenti atmosferici, diventato sempre più diffuso ed evidente, apriva, a fine secolo, nuovi scenari. Ma se "la sua attualità rimanda al problema della durata, sul tavolo da cento anni a questa parte, è possibile" – scrive ancora Gubler –, che il restauro delle opere in calcestruzzo armato "possa proporre un alto livello di elaborazione concettuale"¹. Quella ipotesi, formulata quasi un quarto di secolo fa, era scaturita da una serie di circostanze: in primo luogo, dalla consultazione della letteratura tecnica, con riferimento a un testo appena pubblicato, sul quale torneremo, che recava nel titolo un'equazione delineata da tempo nel mondo dell'ingegneria del calcestruzzo armato: *Durability of Concrete Structures. Investigation, Repair, Protection*; Geoff Mays, curatore del volume, era stato responsabile del Civil Engineering Group al Royal Military College of Science (Cranfield, UK)². Una seconda ragione era la rinnovata attenzione degli architetti al tema del rivestimento, inteso anche come strato di protezione. In occasione di un seminario sponsorizzato da Italcementi (1991), Luciano Semerani aveva affermato: "i costruttori sanno che la costruzione finita deve essere protetta, rivestita e anche colorata per ragioni di durata e di praticità"³. La terza circostanza, era il numero crescente di imprese edili che si specializzavano "nel trattamento chirurgico da choc dei ferri corrosi e nell'applicazione di nuovi rivestimenti". Gli ingredienti di un discorso sul restauro dei calcestruzzi armati, sul processo che ne caratterizza l'azione progettuale (dalle fasi conoscitive e diagnostiche, a quelle di riparazione e protezione), sulla rilettura dei manufatti attraverso il disegno e l'applicazione di rivestimenti concepiti anche come possibile alternativa a pratiche di intervento fortemente invasive, appaiono delineati. Insieme, tornavano allora di attualità, sia pure in un nuovo contesto tecnologico, temi antichi e ricorrenti nella storia del restauro, tra tentativi di *restauration à l'identique* e proposte di conservazione dei ma-

¹ GUBLER 1992.

² MAYS 1992.

³ GUBLER 1992.



Fig. 1. Il Ponte di Gueroz, Vernayaz, Svizzera, in costruzione, 1933-34 [GUBLER 1991].



Fig. 2. Il ponte in calcestruzzo armato costruito negli anni '30 affiancato dal nuovo ponte (1994) <http://goo.gl/fQl37w>.

nufatti del XX secolo: nel caso della Chiesa di Saint-Antoine (1925-27, architetto Karl Moser) a Basilea, la prima costruita in Svizzera interamente in calcestruzzo armato a vista, le autorità tutorie avevano ordinato che le superfici grezze così come emerse dal disarmo rimanessero inalterate, e la conservazione dell'immagine avrebbe perciò richiesto la realizzazione di un'impronta in resina da collocare nella cassaforma, prima del nuovo getto destinato ad integrare le membrature. Viceversa, per conservare il Ponte di Gueroz (1931-1933), "monumento del genio civile elvetico" (Fig. 1) progettato dall'ingegnere Alexandre Sarrasin, senza che ne fosse alterato il sistema strutturale, gli ingegneri dei Ponts et Chaussées avevano concepito e avrebbero costruito un nuovo ponte, separando il traffico automobilistico da quello pedonale e ciclabile (Fig. 2); così, scrive ancora Gubler, "le deuxième pont révèle le premier"⁴, enfatizzando il significato di "luogo" di un paesaggio naturale dalla bellezza sublime, la gola di Trient.

A distanza di oltre due decenni, la caducità manifesta dei rivestimenti – intonaci, coloriture, ceramiche –, fenomeno anch'esso largamente diffuso, pare ricondurre anche gli strati di finitura dei calcestruzzi cementizi al ruolo di superfici di sacrificio. Il distacco dal supporto interviene in un numero relativamente breve di anni anche nel caso di interventi di integrazione e protezione eseguiti per contrastare il degrado e completare le lacune, e potrebbe essere esso stesso oggetto di specifiche ricerche interne al tema della durabilità.

⁴ GUBLER 1991.

Le figure chiamate in causa dall'urgenza del problema, nel mondo della professione e in quello della ricerca, sono le stesse che hanno fatto parte della storia della costruzione in calcestruzzo armato: gli industriali dei materiali da costruzione e le imprese, gli ingegneri e gli architetti, i laboratori delle *Hautes Ecoles*, dei centri di ricerca pubblici e privati, i proprietari e i fruitori. Vi si può aggiungere, oggi, il ruolo degli architetti della tutela, il cui punto di vista sostanzia queste note.

Durata, durabilità

La durata delle malte e dei conglomerati cementizi del XX secolo, in opera con e senza armature, ha una sua importante storia, e così la durabilità, ossia la "qualità e condizione di ciò che può durare". La parola durabilità è antica (dal latino *durabilitas-atis*) e suona in modo simile in diverse lingue (*durabilité, durability, durabilidad ...*); la sua radice rimanda alla capacità di resistenza, alla durezza, oltre che alla durata temporale. Il termine compare da tempo nella ricerca sui materiali da costruzione e sulle loro prestazioni. Lo troviamo, ad esempio, nel programma del laboratorio di prove dei materiali del Politecnico di Milano, rinnovato e aggiornato nel 1899, nel quale si afferma l'importanza per l'insegnamento della Scienza delle Costruzioni dello "studio sperimentale delle qualità specifiche di resistenza e di durabilità dei materiali da costruzione ..." ⁵, e tra essi il cemento armato, che, sia pure lontano dalla nobiltà dei materiali della tradizione (marmi, pietre, terrecotte e laterizi), esemplifica l'approccio di tipo 'industriale' che anche presso le istituzioni politecniche rappresenta il futuro della costruzione. Negli ultimi trent'anni del XIX secolo l'industria dei cementi appariva fiorente anche nel Nord Italia, sia nella produzione di cementi naturali, che di cementi artificiali di tipo Portland, e di conseguenza dei componenti più svariati per l'edilizia. Agli allievi ingegneri dell'Istituto Tecnico Superiore si offriva la possibilità di visitare gli stabilimenti, di seguire il processo produttivo dalle cave alla composizione delle miscele cementizie, all'impiego dei conglomerati, di vedere realizzate le strutture in calcestruzzo armato, di assistere, infine, alle sperimentazioni compiute negli stessi laboratori del Politecnico.

È possibile che la diffusione della parola durabilità si debba anche all'uso che ne proponevano testi sicuramente fondativi: *Le béton armé et ses applications*, che Paul Christophe (1870–1957), Ingénieur des Ponts et Chaussées, pubblica a cavallo del secolo, prima nelle «Annales des Travaux publics de Belgique» (1899), poi nel celebre volume del 1902 ⁶, menziona i fattori che possono compromettere la *durabilité* o la *durée* del composto calcestruzzo-acciaio, anche se nel bilancio tra "vantaggi e inconvenienti", che si ripeterà in molti altri manuali e testi, la tecnica del *béton armé* esce vincente anche in termini di affidabilità. Il volume, rapidamente adattato in lingua olandese (1902), è tradotto in diverse altre lingue, tra le quali il russo (1903), il tede-

⁵ R. ISTITUTO TECNICO SUPERIORE DI MILANO. PROGRAMMA, 1899-1900.

⁶ CHRISTOPHE 1902.

sco (1905). Fritz von Emperger scrive sulla sua rivista, l'autorevole «Beton und Eisen», che il testo rappresenta sicuramente "il contributo più importante per assicurare che il calcestruzzo armato si diffonda sempre di più"⁷. Ampi stralci del lavoro di Christophe erano stati pubblicati anche nelle prime due annate de «Le Béton Armé», organo dell'Agence Hennebique⁸. Nel 1901, la stessa rivista pubblicava nell'articolo *La durée du béton armé* i risultati della *Enquête officielle sur la conservation du béton de ciment*. La durata del calcestruzzo armato, si asseriva, "è assicurata dal solo calcestruzzo di cemento, senza la presenza del ferro, e questo perché il calcestruzzo cementizio continua a indurire, e più invecchia, più diventa resistente"; ma anche la durata del ferro, persino in condizioni particolarmente problematiche, può essere dimostrata. Luogo della dimostrazione è Grenoble, città di produzione di grandi cementi naturali e artificiali a rapida e lenta presa, e il caso di studio è scelto tra quelli che presentano condizioni di esercizio più svantaggiose: tubazioni in calcestruzzo armato sottoposte sia alla pressione interna dell'acqua sia alle condizioni del terreno umido; le tubazioni, realizzate con il sistema 'Monier' nel 1889, non erano state oggetto di riparazione. Alla presenza di esperti di istituzioni pubbliche e di imprese private, di produttori e di amministratori, i manufatti, descritti nelle loro dimensioni e componenti, sono oggetto di investigazioni dirette e di saggi che provano come, dopo 15 anni di esercizio, il ferro non presenti ossidazione, appaia perfettamente conservato e ben aderente al calcestruzzo⁹. I principali requisiti richiesti al *béton armé* – l'aderenza tra barre metalliche e involucro, il ferro ancora passivato dal calcestruzzo, l'integrità dei componenti, la resistenza del materiale –, appaiono dunque soddisfatti.

Al di là delle azioni di propaganda, la sfida per assicurare la durabilità della *pierre factice* e soprattutto del *béton armé*, materiale composito (cemento di tipo Portland, acqua, sabbia, pietrisco o ghiaietto, ferro d'armatura) particolarmente complesso, ha inizio dunque fin dagli esordi, e testimonia pienamente lo sforzo che la ricerca scientifica intraprende per dare fondamento al mito del materiale invulnerabile ed eterno: "Quantunque le più vecchie costruzioni in siderocemento non contino che poco più di trent'anni, la logica e la pratica sono perfettamente d'accordo per far presumere che la loro durata sarà lunghissima"¹⁰, avrebbe scritto nel 1914 Armando Landini, assistente del più celebre Silvio Canevazzi, Professore di Scienza delle Costruzioni all'Università di Bologna. Allora, sulle qualità del calcestruzzo armato – la resistenza strutturale e agli incendi, il comportamento monolitico, l'impermeabilità, l'igiene, la rapidità e l'efficienza di costruzione, l'economia, l'affidabilità, la versatilità – sembrava non sussistessero dubbi. Di là a poco, gli architetti moderni ne avrebbero rivelato la prerogativa di consentire la generazione di nuove forme in architettura.

La ricerca dei requisiti fisico-chimici e meccanici ottimali trova riscontro nei regolamenti, che a partire dal primo decennio del XX secolo, in Germania, in Francia¹¹

⁷ EMPERGER 1905.

⁸ CHRISTOPHE 1899, 1900.

⁹ REDAZIONALE 1901.

¹⁰ LANDINI 1914.

¹¹ *Instructions Ministérielles relatives à l'emploi du ciment armé* 1906.

e subito dopo in Italia, avrebbero garantito la correttezza del processo di realizzazione delle strutture in calcestruzzo armato; diretti innanzitutto agli ingegneri responsabili delle opere pubbliche, i capitoli delle prescrizioni riguardano la qualità dei materiali e il corretto proporzionamento dei componenti; il calcolo delle armature (cui si dedica lo spazio più ampio) che doveva dimostrare il rispetto delle tensioni ammissibili; le modalità di confezionamento dell'impasto; i tempi e modi di esecuzione delle opere, della stagionatura e del disarmo. I difensori della nuova tecnica tendono ad attribuire difetti e debolezze strutturali alla mancata osservanza delle regole, sostenendo che l'ignoranza dei procedimenti e l'approssimazione compromettono la durabilità di strutture che vanno, al contrario, attentamente progettate, calcolate, eseguite alla costante presenza di tecnici specializzati e con la sorveglianza degli ingegneri cui è delegato il progetto.

Tuttavia, mentre nel giro di pochi decenni il calcestruzzo armato diventa il materiale di maggiore impiego in edilizia, le prime intuizioni sui difetti che compromettono la durabilità dei calcestruzzi si tramutano in altrettanti temi di ricerca. Questi si concentrano sulle cause e i meccanismi, interni ed esterni, che in misura e con gravità diverse ne pregiudicano l'integrità, e quindi la durabilità e la sicurezza strutturale: le fessurazioni da ritiro, la decomposizione delle malte causata dalle acque pure o dalle acque di mare, l'azione delle componenti alcaline del sottosuolo, le sorgenti acide, gli effetti del gelo, la temperatura al momento del getto e della stagionatura, il rapporto acqua/cemento, gli agenti che causano la perdita di coesione tra ferro e calcestruzzo, gli effetti dell'insufficiente inviluppo del ferro (più tardi, spessore del copriferro), i fenomeni elettrolitici risultanti da differenze di potenziale, l'addizione di sale da cucina per contrastare gli effetti del gelo. Le indagini sulle cause intrinseche e ambientali del degrado, proseguite per decenni, svelano via via il volto fragile dei materiali cementizi che hanno fatto la storia edilizia del XX secolo.

Negli anni '20 i laboratori pubblici di vari paesi avviano importanti ricerche, delineando una metodologia di indagine – dati raccolti in sito, informazioni derivate da fonti scritte e orali, test di diverso tipo effettuati in sito e in laboratorio e loro interpretazione (Fig. 3) –, che sarà via via perfezionata. Tra gli studi pubblicati nei decenni seguenti¹², la sperimentazione di Eugene Freyssinet sul *fluage* o *creep* delle strutture in calcestruzzo armato¹³, e l'identificazione dell'insidiosa reazione alcali-aggregati, dovuta a sabbie e ghiaie di natura silicea o a scisti e calcari impuri, in grado di reagire agli alcali contenuti nel cemento e causare espansioni e fessurazioni, fino alla disgregazione del calcestruzzo.

Nei primi decenni del secondo dopoguerra, nelle Conferenze internazionali dedicate alla durabilità confluiscono le diverse ricerche che definiscono più globalmente la fenomenologia del degrado e la sperimentazione di prodotti (cementi speciali,

¹² YOUNG 1928; DAVIS 1930; STANTON 1940, POWERS 1944-45; TREMPER 1947.

¹³ FREYSSINET 1930.

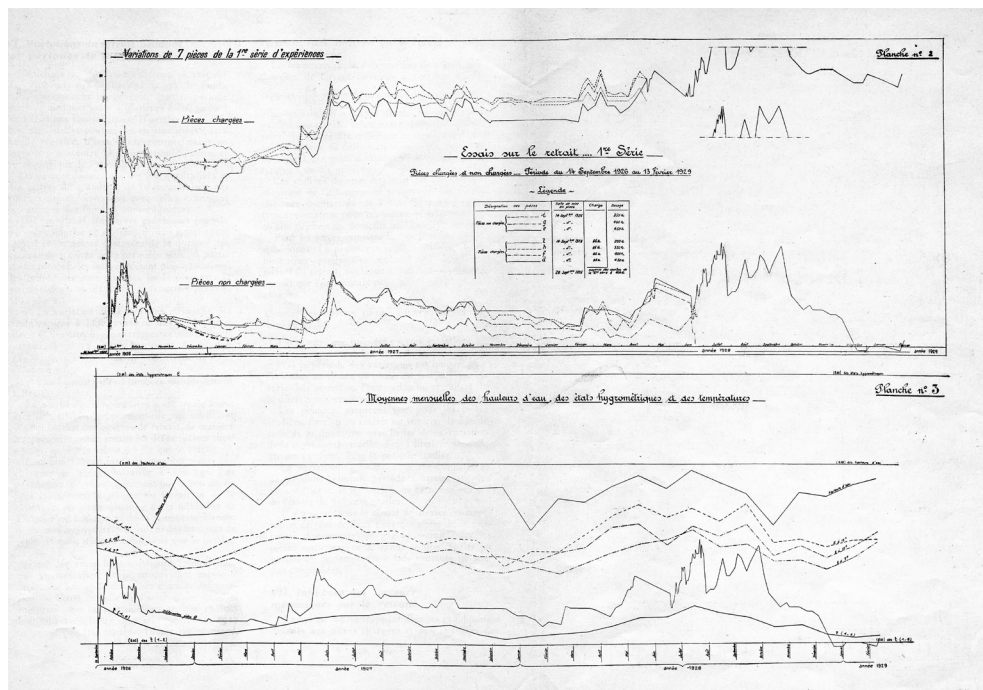


Fig. 3. Saggio sul ritiro. 1ª serie di esperimenti sulla “deformazione lenta” (*fluage, creep*). Grafico relativo al comportamento di campioni di calcestruzzo caricati e scarichi [FREYSSINET 1930].

additivi, miscele diverse, ecc.) e metodi atti a contrastarne la comparsa nelle nuove costruzioni. Concludendo il I Simposio RILEM sulla durabilità del calcestruzzo (Praga 1961), Oldřich Valenta (Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Science, Prague) ammetteva: “non siamo stati capaci di affrontare il problema in tutte le sue peculiarità – come la resistenza al fuoco, l’azione delle correnti elettriche, l’influenza dei diversi agenti chimici. Né abbiamo analizzato in dettaglio la questione importante delle miscele di ogni tipo. Il campo della durabilità è amplissimo, tuttavia non dobbiamo tagliarlo in troppi settori separati tra loro. E se questo dovesse essere necessario, non dobbiamo dimenticarne l’interdipendenza con altri fattori e proprietà”¹⁴. Il 2° Simposio RILEM sulla durabilità (Praga 1969) elencava gli ambienti aggressivi, classificava come principali cause del degrado la corrosione delle armature, gli effetti delle acque solfatiche, l’alternanza tra stato secco e umido, gli effetti degli acidi e la resistenza al gelo, e definiva alcune peculiarità del calcestruzzo, quali la permeabilità e la capacità di assorbimento (*absorption*) capillare legata alla struttura e alla topografia dei pori del calcestruzzo. Un approccio olistico richiede il lavoro comune di diverse comunità scientifiche. Su queste basi, gruppi costituiti dall’associazione di laboratori e

¹⁴ VALENTA 1962.

centri di ricerca internazionali metteranno a punto i protocolli di indagine e di prova che consentono oggi la possibilità di confronto scientifico tra i metodi e i risultati delle ricerche.

La normativa vigente, in particolare, UNI EN 206-2006, con la tabella delle classi di esposizione ambientale per calcestruzzo strutturale ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, European standard for repair (EN1504-9:2008), ha origine anche negli studi e nelle ricerche ricordati.

La sfida della durabilità prosegue dunque in molte direzioni: “La durabilità dei calcestruzzi resta una questione aperta e merita che i giovani ricercatori vi si impegnino... durevolmente”¹⁵, ha dichiarato di recente Hugues Hornain, fondatore del LERM (Laboratoire Indépendant d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux), ma il suo significato, aggiunge, si estende oggi oltre la resistenza del materiale all'azione del tempo, e considera gli aspetti ambientali ed economici della produzione e dell'impiego del cemento nel settore delle costruzioni. La produzione globale di calcestruzzo in volume nel 2006 è stata pari a 8 Km³ all'anno (47% in Cina) con un impatto notevole sull'ambiente, e naturalmente sui paesaggi. Il consumo di risorse (l'acqua, tra le prime) che occorre alla produzione di cemento e poi a quella di calcestruzzo è altrettanto alto, con un bilancio energetico rilevante: se in 1 m³ di calcestruzzo vi sono circa 300 Kg di cemento, la produzione di 1000 kg di cemento comporta l'emissione di 800-1000 Kg di biossido di carbonio (50% circa per la combustione nelle fornaci, 50% proveniente da reazioni chimiche), pari all'8% delle emissioni totali di CO₂¹⁶. Il concetto di durabilità s'intreccia dunque a quello di sviluppo sostenibile, dal momento che “il calcestruzzo ha una vita precedente (sfruttamento della materia prima per la fabbricazione del cemento), una presente (manutenzione, riparazione) e una seguente alla vita della costruzione (divenire dei prodotti di demolizione)¹⁷: al riuso, alla rimessa in efficienza, alla manutenzione e alla riparazione dei manufatti esistenti, si aggiunge la pratica del riciclo, tramite la quale la struttura torna a scomporsi in una serie di materiali resi ancora utilizzabili nel processo edilizio. Sul fronte della pianificazione, la riduzione di emissione di CO₂ si accompagna ai tentativi di riduzione del consumo di suolo.

I calcestruzzi storici. Ricerche

La produzione edilizia che ha trasformato nel secolo scorso i territori e il pianeta rappresenta oggi, nonostante le valutazioni controverse che hanno accompagnato i decenni della grande crescita, una risorsa globalmente importante in termini economici. Superata la boa del nuovo millennio, il “materiale del XX secolo”, servito a costruire edifici, città, infrastrutture in quantità mai registrate prima nella storia, diventa “historical concrete” e come tale apre molteplici questioni conoscitive e progettuali.

¹⁵ HORNAIN 2013.

¹⁶ SILFWERBRAND 2012.

¹⁷ HORNAIN 2013, Ivi.

Lo studio della letteratura specialistica del XX secolo, da proseguire sistematicamente, costituisce un primo passaggio per definire la molteplicità dei “calcestruzzi storici”. Lo spoglio delle riviste tecniche può essere di grande utilità anche in riferimento ai materiali e ai procedimenti utilizzati nella fabbricazione di manufatti in calcestruzzo armato. Tornando, ad esempio, al periodico «Béton Armé», che illustra le strutture realizzate con il sistema ‘Hennebique’ in ogni paese del mondo, oltre che recensire congressi e convegni, manuali e testi di recente pubblicazione, ospita la pubblicità dell’industria del cemento e delle imprese ad essa collegate. Scorrendo i fascicoli usciti tra 1911 e 1912, particolarmente ricchi di inserzioni, si trovano le pubblicità di cementi prodotti e impiegati in tutta la Francia, alcuni dei quali portano nomi illustri nella storia dei leganti cementizi: Société des Ciment Portland “Demarle-Lonquét” (nata nel 1880 e dal 1997 nella Italcementi) à Boulogne-sur-Mer (Fig. 4); Société Générale et Unique des Ciments de France à Grenoble (Isère); Société des Ciments Vicat à Grenoble (Portland Artificiel de double cuisson - Portland Naturel de la Grand Chartreuse prise demi-lente - Ciment Prompt de la Grand Chartreuse prise rapide); Ciment Portland Lavocat Neufchatel (Pas-de Calais), poi Lavocat et E. Candlot (Compagnie Parisienne des Ciments Portland artificielles); Société Ciments Portland de Héming (Lorraine)... La Doublet Fabricant à Montrouge (Paris) produce “Cimentine - Enduits Hydrofuge permettant de peindre les ciments frais - durée illimitée”; sempre a Parigi, si produce “Silexore LM, Peinture sur Ciment sans Brulage” (Fig. 5). Gli stessi archivi dello studio Hennebique e dei principali affiliati sono stati indagati da storici dell’architettura e dell’ingegneria; oggi, alla storia delle strutture, a suo tempo disegnate, fotografate, pubblicizzate¹⁸, che testimoniano le fasi di un’attività prolungatasi sino agli anni ‘60, potrebbe aggiungersi l’analisi dello stato attuale dei manufatti e la possibile individuazione degli interventi intercorsi durante il loro ciclo di vita. Molti altri archivi potrebbero essere esplorati, sia per aggiungere nuovi capitoli alla storia materiale delle costruzioni del XX secolo, sia per verificare in sito e in laboratorio durata effettiva e durabilità dei calcestruzzi storici.

D’altro canto, la conoscenza è parte essenziale del patrimonio da trasmettere alle generazioni future, obiettivo prioritario dell’azione di tutela, che negli ultimi decenni, in molti paesi del mondo, ha accolto l’architettura e i paesaggi antropici del XX secolo, comprendendovi le *ouvrages d’art* progettate da grandi ingegneri. Di qui il contributo importante che gli architetti della salvaguardia possono offrire, a partire dalla raccolta sistematica e dalla “messa in rete” dei materiali d’archivio relativi ai “monumenti storici” del XX secolo, ai calcestruzzi storici che spesso ne costituiscono parte integrante, diversi per provenienza delle materie di base, per età, per collocazione geografica e topografica. Ugualmente, la comparazione di dati riguardanti i progetti di restauro, l’esistenza o assenza dei rilievi tecnici preliminari all’intervento, la conduzione dei cantieri, le riparazioni (tipo, modalità) che si sono succedute negli anni e che potrebbero essere

¹⁸ DELHUMEAU, GUBLER, LEGAULT, SIMONNET, PARENT 1993.



Fig. 4. Cartolina réclame dell'Impresa Demarle-Longuëty: sulla sinistra elenco dei cementi prodotti; al centro, il Ponte di Plougastel, progettato da Freyssinet e costruito tra il 1926 e il 1930 dall'Impresa Limousin.

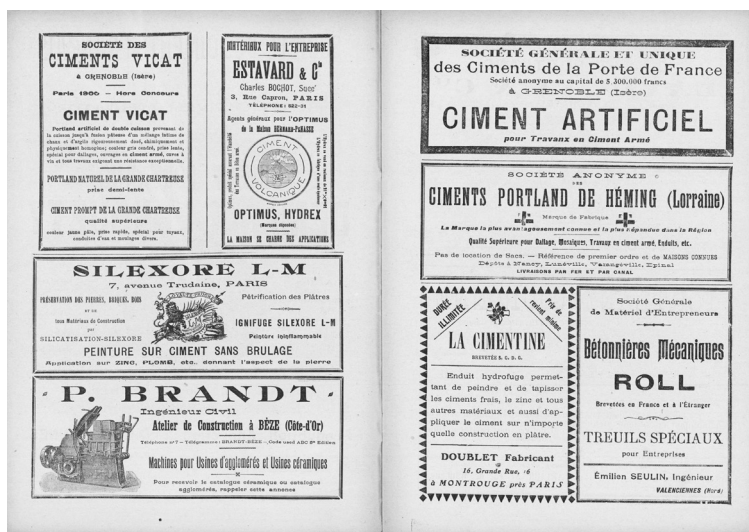


Fig. 5. Pubblicità di imprese produttrici di cemento, materiali da costruzione e macchinari di cantiere [«Le Béton Armé», dec. 1910].

rilevate e mappate in sequenze relative, evidenzerebbe gli elementi e i calcestruzzi rivelatesi più fragili, o viceversa quelli, originari e di riparazione, che meglio hanno resistito al passaggio del tempo e che potrebbero diventare oggetto di monitoraggio e di manutenzione programmata. Il riconoscimento delle manifestazioni del degrado è fonte di osservazioni che invitano a mettere in dubbio certezze invalse nel campo dell'ingegneria e a richiedere nuovi approfondimenti: non sempre, ad esempio, i calcestruzzi più durevoli sono quelli di più di recente messa in opera e che dovrebbero rispecchiare un quadro più avanzato di prescrizioni: "Perché alcune strutture in calcestruzzo armato costruite negli anni '20 in Georgia Strait, nella Columbia Britannica (Canada) sono ancora in eccellenti condizioni dopo 75 anni di esposizione all'ambiente marino? Perché alcune strutture in calcestruzzo armato già riparate per le quali l'ingegnere

progettista ha previsto una vita di servizio di 25 o 30 anni si degradano nuovamente in non più di 8 anni?” si chiedeva Dudley R. Morgan (1999), proponendo di rivalutare l’esperienza basata sull’osservazione diretta e l’analisi in sito, rispetto all’uso esclusivo dei modelli predittivi della vita utile delle costruzioni¹⁹.

Il mondo della tutela non può che rivolgere grande attenzione alle ricerche e alla sperimentazione finalizzate ad estendere la vita di servizio delle costruzioni esistenti. In tal senso, gli studi preliminari agli interventi di restauro percorrono da tempo itinerari simili a quelli delineati da manuali e linee-guida prodotti dalle associazioni di studiosi e specialisti del calcestruzzo armato²⁰: la metodologia di studio dei materiali e delle strutture comprende in entrambi i casi la raccolta e l’interpretazione di informazioni acquisite con metodi diversi, dall’esame visivo alle ricerche d’archivio, alle prove in sito eseguite con misure non distruttive, semi-distruttive, ecc. Le ricerche nel campo dell’ingegneria sono finalizzate soprattutto alla produzione di cementi e calcestruzzi durevoli, a basso impatto ambientale e in grado di abbattere i costi della riparazione; la verifica del comportamento del calcestruzzo storico nel campo della tutela è volta a migliorare le condizioni dei manufatti esistenti.

Riparazione e durabilità

Il tema, centrale, della riparazione, che ha aperto interessanti linee di ricerca, solleva ancora una volta un dilemma nodale nella riflessione sulla tutela: quello della sostituzione dei materiali, che appare inevitabile quando il calcestruzzo è ormai espulso, completamente distaccato dalle armature, disgregato per l’azione di agenti fisici e chimici. Nel caso di elementi gravemente danneggiati è difficile individuare un confine tra l’opera di riparazione e quella di rifacimento, e i concetti stessi di consolidamento, riparazione, restauro, nella pratica del cantiere diventano sinonimi. Il ricorso alla letteratura tecnica è anche in questo caso illuminante. Si può scoprire come i rimedi alle inefficienze del calcestruzzo armato compaiano molto presto sul mercato: intonaci armati, piuttosto che malte sigillanti per lesioni, ecc.; oppure, come i rimedi illustrati di volta in volta sotto la voce “repair” si ripetano nel tempo con una serie di varianti che rispondono alla diffusione di prodotti sul mercato dell’industria delle costruzioni; o, infine, come nel campo dell’intervento sull’esistente l’empiria si intrecci alle conoscenze tecniche in modo inestricabile.

Conosciuta la distribuzione e la sezione delle armature metalliche – sostiene nel 1930 l’ingegner Domenico De Francesco, presidente dei costruttori di Napoli – la riparazione, il consolidamento o la trasformazione delle opere in calcestruzzo armato non presentano particolari difficoltà. “Si tratta di fare degli intagli in materiali più resistenti della muratura ordinaria e di posizionare giudiziosamente gli attacchi occorrenti a legare i materiali nuovi agli antichi, in maniera che la continuità del ferro sia

¹⁹ MORGAN 1999.

²⁰ ACI 364 I.R (92) 1997; CS TR 26 1985; CS TR 32 1989; BRE DIGEST 444, I, II 2000.

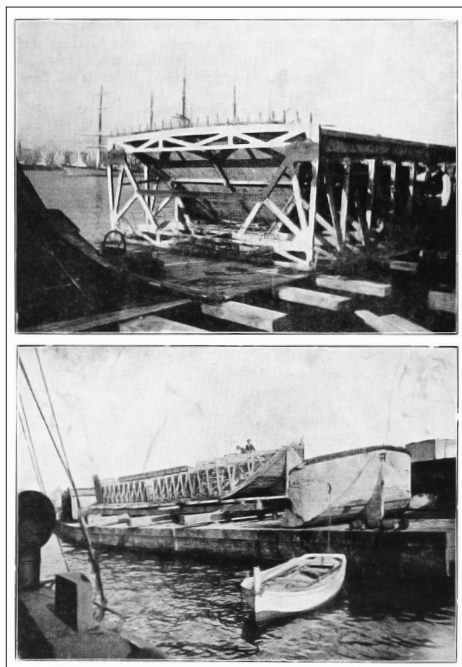


Fig. 6. Riparazione di un pontile in calcestruzzo armato a Napoli [DE FRANCESCO 1930]

assicurata dove il calcestruzzo appare sezionato”²¹. L'esempio è quello di un pontile in calcestruzzo armato a doppio fondo, danneggiato e interrotto da una mareggiata. “La riparazione fu eseguita ricostruendo completamente la zona posteriore, riparando le armature trasversali, aggiungendo una traversa per collegarle sia nella parte superiore che in quella inferiore, e sostituendo le armature ossidate in alcune zone dove il cemento si presentava più poroso, rispetto a quello della carena, ove il ferro appariva invece in perfetto stato di conservazione”²² (Fig. 6). Il contributo, che potrebbe essere stato scritto anche 30, 40 anni dopo, fa cenno al consolidamento, a Napoli, della platea di fondazione delle Prigioni giudiziarie e della carpenteria di copertura della scena del Teatro Mercadante, ove le estremità dell’orditura lignea principale sono sostituite da incaltri in calcestruzzo armato.

La questione delle riparazioni si lega più ampiamente al tema del degrado intorno agli anni ‘60²³, quando le carenze del calcestruzzo armato sono conclamate e si sperimentano di conseguenza rimedi diversi per tipi diversi di deterioramento: sussidi meccanici alle strutture per ristabilirne la capacità portante, impiego di resine da iniettare nelle lesioni o per assicurare l’adesione delle malte di riparazione alle superfici del calcestruzzo esistente, trattamenti *weatherproofing* usati per proteggere le superfici in

²¹ DE FRANCESCO 1930.

²² Ivi.

²³ CHAMPION 1961; JOHNSON 1965.

calcestruzzo a vista e inibire l'intrusione dell'umidità o di agenti chimici, ecc.. Evidentemente, le grandi opere, strade, ponti, gallerie, dighe, pavimentazioni, ecc., costituiscono per quantità ed estensione l'oggetto principale degli studi sul comportamento del calcestruzzo, in termini strutturali, di degrado dei materiali e di interazione tra il deterioramento materico e i cedimenti strutturali.

Il libro di Mays del '92, citato da Gubler a pochi mesi dall'uscita, potrebbe rappresentare una chiave di lettura delle esperienze condotte nell'arco dei 30 anni precedenti e del loro aggiornamento. La durabilità è associata alle tre pratiche richiamate nel sottotitolo: indagini, riparazione, protezione. Gli autori dei saggi contenuti nel volume, tutti inglesi, ricordano quanto sia essenziale lo sforzo di comprendere i meccanismi di degrado di un composto di grande complessità come il calcestruzzo armato per identificare e quantificare i fattori che ne influenzano la durabilità. Qui val la pena di soffermarsi sul capitolo *Repair materials and techniques*, affidato a Lawrie Tabor²⁴, chimico che dopo aver lavorato nell'industria della plastica, aveva sviluppato calcestruzzi strutturali con componenti resiniche. Nel suo contributo, egli spiega come un rappezzo (*patch*) del quale non sia stato valutato preventivamente il ritiro o che non sia completamente esente da ritiro una volta applicato, non può che essere rapidamente espulso, con evidente danno, e che la scelta del materiale di riparazione non può che essere governata dalla dimensione/volume della riparazione stessa: quando si opera sulla intera sezione di un elemento questa va considerata una ricostruzione più che una riparazione. I rappezzi fatti con malte di cemento e sabbia, per quanto ben eseguiti, sono raramente durevoli, quindi altri materiali, in particolare le malte di poliestere, o con resine epossidiche, o miste, presentano – a giudizio dell'autore – sicuri vantaggi in tema di resistenza meccanica e chimica, anche se non possono essere applicati indiscriminatamente (vedi i notevoli inconvenienti causati in caso di cicli termici estremi). La disamina delle singole circostanze indica i casi nei quali i diversi tipi di prodotti possono essere applicati con risultati efficaci e durevoli, sia se iniettati nelle lesioni – il tema è ripreso da pubblicazioni recenti che trattano “the injection technologies also applied in the restoration of historic relics”²⁵ –, sia che si tratti di ricostituire strati ancoranti (*bond coats*) per superfici deteriorate (pavimentazioni esterne, paramenti murari, ecc.). È in questo contributo che la sequenza del “trattamento chirurgico da choc dei ferri corrosi”, come eseguita comunemente nei cantieri di tanti edifici, eliminando innanzitutto il calcestruzzo deteriorato con martelli pneumatici, viene descritta in tutti i suoi passaggi: “removal of defective concrete”, “cleaning the steel reinforcement”, “protecting the steel reinforcement”, “using a bond coat”, che comprendono l'applicazione di “sprayed concrete” (ad esempio in caso di espulsione o delaminazione del copriferro) (Fig. 7), mediante “dry and wet processes”²⁶. Nel capitolo seguente, “Protection”, Ken Berkeley, esperto nella prevenzione della corrosione, descrive la tecnica della protezione catodica, opportuna quando la corrosione è appena agli inizi o prima

²⁴ TABOR 1992.

²⁶ TABOR 1992.

²⁵ PANASYUK, MARUKHA, SYLOVANYUK 2014.



Fig. 7. Convento di Sainte-Marie de la Tourette, muro in calcestruzzo armato che cinge il tetto-terrazza della chiesa. Gettato senza giunti, il muro presenta lesioni verticali a intervalli regolari [foto dell'autore, 2010]



Fig. 8. Convento di Sainte-Marie de la Tourette, muro di recinzione del tetto terrazza della chiesa, lesione iniettata con schiuma poliuretanica, sigillata con resina epossidica e parzialmente 'cucita' con elementi metallici, durante i lavori di restauro del 1981 [foto dell'a., 2010]

ancora dell'innesco, e il calcestruzzo armato può essere trattato elettrochimicamente allo scopo di ripassivare il ferro di armatura. Quando ben concepita e controllata, la protezione catodica risulta efficace e può ridurre di oltre metà i costi delle riparazioni, rivelandosi un tipo di intervento di grande interesse per ingegneri e architetti²⁷.

Nel 2007, un report molto noto e citato, *Concrete repairs: Observations on performance in service and current practice*²⁸, ha divulgato i risultati di una inchiesta condotta attraverso un significativo numero di casi studio (247 quelli individuati, 230 i relativi questionari accettati). Essa riguarda le tecniche di riparazioni adottate in ambito europeo, ove – così nel testo introduttivo –, il 50% circa del budget annuo destinato alle costruzioni è assorbito da riparazioni e ristrutturazioni di strutture esistenti (negli USA il costo annuale degli interventi per danno da corrosione è pari a \$8,3 bilioni). Quanto ai casi esaminati nella ricerca, si tratta di strutture diverse per età – costruite negli ultimi 20-50 anni per la maggior parte, intorno a 150 anni le più antiche –, ubicate dal Nord al Sud dell'Europa, in diverse condizioni climatiche e ambientali. Considerando l'insieme dei casi, il tipo più comune di degrado riscontrato è la corrosione dei ferri di armatura, rilevata nel 55%, seguito dal danno da gelo/disgelo, o derivato da fessurazioni, dalla reazione alcali-aggregati, dalla qualità del calcestruzzo (frequente

²⁷ BERKELEY 1992.

²⁸ TILLY AND JACOBS 2007.

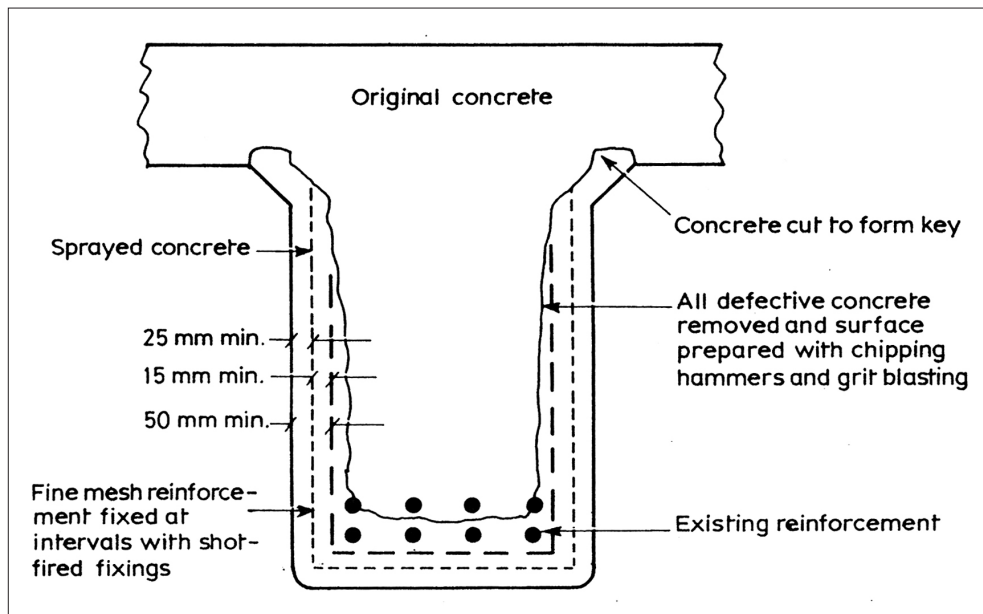


Fig. 9. Grafico esemplificativo della riparazione "a spruzzo" di una trave in calcestruzzo armato: vi sono indicate le fasi di intervento: rimozione, preparazione della superficie del calcestruzzo esistente, fissaggio di una rete sottile alle barre di armatura, integrazione con calcestruzzo "a spruzzo" [TABOR 1992]

un alto rapporto acqua/cemento), da percolazioni, particolarmente dannose in corrispondenza di giunti di dilatazione non adeguatamente protetti. Le prestazioni delle riparazioni, la maggior parte delle quali eseguite tra gli anni '60 e gli anni '90, si sono rivelate del tutto deludenti: il 20% si è deteriorato in 5 anni, il 55% in 10 anni, il 90% in 25 anni (Fig. 8). Le riparazioni più durevoli sono giunte a 52 anni. Quelle rivelatesi più efficaci, di carattere strutturale, sono le iniezioni eseguite all'interno delle lesioni, probabilmente prima che la corrosione si propagasse. I rappezzi/integrazioni, applicati nel 60% dei casi, hanno avuto successo per il 30%, mentre la percentuale sale al 50% quando vi è associato l'impiego di rivestimenti protettivi; tra i passaggi obbligati della riparazione attraverso rappezzi, vi è la completa rimozione del materiale deteriorato, il trattamento (e l'eventuale aggiunta) dei ferri di armatura e la preparazione delle superfici alle quali i materiali di riparazione dovranno aderire (Fig. 9).

Le cause della scarsa durabilità sono ancora una volta attribuite a diagnosi, progettazione, scelta dei materiali non corrette, al ricorso a manodopera non specializzata, o a fattori quali condizioni metereologiche estreme al momento della messa in opera delle riparazioni. Le tecniche più utilizzate sono in gran parte le stesse sperimentate nei decenni passati, anche se è testimoniato un certo interesse per i trattamenti di tipo elettrochimico (soprattutto la protezione catodica) e appare crescente l'uso di adesivi polimerici. Meno comune risulta il ricorso agli inibitori di corrosione, alla rialcaliniz-

zazione, o, negli interventi di consolidamento, l'uso di materiali rinforzati con fibre di carbonio o di acciaio. Sono forniti infine dati importanti relativi al tasso di efficacia e alle cause di insuccesso dei diversi tipi di intervento²⁹. Il rapporto del 2007 ha evidenziato come le strutture più recenti in calcestruzzo armato si siano rivelate meno durevoli di quelle preesistenti, soprattutto a causa della progressiva diminuzione di costi imposta in fase di costruzione, e ha mostrato come la riparazione dei calcestruzzi esistenti resti una questione almeno parzialmente irrisolta. Una riparazione efficace dovrebbe assicurare che gli strati preesistenti e di integrazione si comportino come un sistema monolitico, cosa particolarmente difficile data le differenze nelle caratteristiche, nelle prestazioni, nell'invecchiamento del materiale di supporto rispetto a quello di riparazione.

“Si la réparation des bétons peut être considérée comme une science, elle est loin d'être une science exacte: le nombre de facteurs qui interagissent est tel qu'il est encore difficile aujourd'hui de garantir la durabilité de la réparation”³⁰, ha scritto Luc Courard, direttore del Laboratorio di Materiali da Costruzione nel Dipartimento di Architettura, Geologia, Ambiente e Costruzioni dell'Università di Liegi. L'interfaccia tra calcestruzzo esistente e di riparazione (prevalentemente a base cementizia e polimerica), è luogo essa stessa di interessanti indagini e interrogativi; per darvi risposta, la scienza e la tecnologia si confrontano con il problema dell'adesione (“The European Standard EN 1504-10 defined the bond as the adhesion of the applied product or system to the concrete substrate”), e si misurano con un concetto centrale nell'ambito della tutela, quello di compatibilità³¹, indagata in termini chimici, fisici e posta talvolta in termini estetici.

Verso la conservazione dei calcestruzzi storici. Una (provvisoria) conclusione

Protocolli e raccomandazioni finalizzati alla realizzazione di riparazioni durevoli descrivono i processi di riparazione delle strutture in calcestruzzo armato, *ouvrages d'art* e edifici storici³². Tuttavia, particolarmente nel caso dell'architettura del XX secolo, la pratica della riparazioni è spesso invasiva. Gli stessi trattamenti protettivi possono alterare notevolmente la percezione delle superfici, specie del calcestruzzo a vista, che ha rappresentato un importante elemento di progetto per l'architettura della seconda metà del XX secolo³³, sia se lasciato grezzo, con l'impronta dei casseri perfettamente visibile, sia se trattato in finitura, come nel caso del *béton lavé*, o della sabbatura, lucidatura, bocciardatura, del *béton coulé en place*. Per non parlare delle coloriture, altro importante e controverso capitolo nella saga del cosiddetto restauro del moderno.

²⁹ Ivi.

³⁰ COURARD 2006; MICHEL, COURARD 2003.

³¹ ACI 117.1R-14. 2014; U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR, BUREAU OF RECLAMATION TECHNICAL SERVICE CENTER 2014.

³² LCPC, SETRA CENTRE DES TECHNIQUES D'OUVRAGES D'ART 1996; ICRI 2012.

³³ ROSELLINI 2013; GARGIANI, ROSELLINI 2013.

I trattamenti elettrochimici specificamente finalizzati a contrastare la corrosione dovuta a carbonatazione e/o attacco da cloruri, come la protezione catodica³⁴, la rialcalinizzazione, la desalinizzazione³⁵, comportano sicuramente una minore perdita di materiale, e rappresentano un'alternativa, da verificare caso per caso, anche in relazione alla distribuzione delle armature, alla concentrazione dei cloruri, alla permeabilità del calcestruzzo, che possono variarne il tasso di efficacia.

Una nuova frontiera, in via di esplorazione, è rappresentata dalle ricerche nel settore dei *self-healing* o *autogenous healing materials*. Esse si basano sulla caratteristica intrinseca del materiale, da tempo riconosciuta, di auto-curare le fessurazioni di minore ampiezza (*passive self-healing*) attraverso cinque diversi meccanismi, il principale dei quali è la cristallizzazione del carbonato di calcio all'interno delle stesse fessurazioni. Alla produzione di un *self-healing* attivo³⁶, ossia frutto di progetto, ottenuta anche stimolando l'attivazione dei meccanismi autogeni, lavorano diversi laboratori universitari ed è impegnato il RILEM Technical Committee 221-SHC. La sperimentazione di materiali in grado di 'cicatizzare' le fessurazioni si è avvalsa di sistemi a base di batteri, sistemi testati anche in calcestruzzi fortemente carbonatati, come sono i calcestruzzi storici. Lo sviluppo, in corso, di tecniche non distruttive, in qualche modo rigenerative potrebbe rappresentare un passaggio importante verso la conservazione del calcestruzzo storico, qui intesa come un approccio maggiormente rispettoso della materialità dei manufatti e dei significati che ad essa si collegano, sostenibile anche in termini di rapporto costi-benefici.

In tal senso, il rapporto tra organi di tutela (anche se talvolta troppo concentrati sull'aspetto esteriore dell'edificio), ricercatori, esperti e progettisti incaricati di intervenire su edifici esistenti diviene cruciale. Può esserne esempio il rapporto "Conservation Development Strategy for the University of East Anglia" (CAR, Cambridge Architectural Research), risultato della collaborazione, negli studi preliminari e nel processo decisionale, di studiosi di varie discipline³⁷. Oggetto del piano strategico, articolato in tre principali passaggi³⁸, è la riqualificazione del sito e degli edifici del campus progettati da Denys Lasdun tra gli anni '60 e '70. Più in particolare, l'architettura "brutalista" del *Teaching Wall* (uffici e aule), e dello *Ziggurat* (residenze), vincolata Grade II, è caratterizzata da paramenti in calcestruzzo a vista di non eccellente qualità. Nel "Preservation Plan" le istanze conflittuali degli esperti della corrosione, che chiede-

³⁴ CS TR 73 2011.

³⁵ BERTOLINI, ELSNER, PEDEFERRI, POLDER 2004 (2nd edition 2013 considers recent European Standards) Authors say: "Readers will benefit from the knowledge, tools, and methods needed to understand corrosion in reinforced concrete and how to prevent it or keep it within acceptable limits".

³⁶ MIHASHI, NISHIWAKI 2012; WICTOR, THUSSEN, JONKERS 2012.

³⁷ CAR (CAMBRIDGE ARCHITECTURAL RESEARCH) 2006.

³⁸ "The Research stage involved studies of the site and buildings, visits to comparable buildings, review of information in publications, archive research, interviews with experts and interested parties, and an opinion survey of the University community. The Drafting stage involved collating and assembling the material into the first draft of the Conservation Development Strategy; and the Review stage involved consultations with experts and interested parties, and the production of revised drafts taking account of feedback". *Ibidem*.

vano di applicare le regole dell'European Standard EN1504-9, da un lato, e delle autorità tutorie, attente ai principi della conservazione dall'altro, sono state ricomposte. La campagna diagnostica e l'interpretazione dei dati relativi al processo di corrosione ha di fatto conciliato le posizioni, e il ricorso alla protezione catodica ha reso più circoscritte le aree di riparazione; l'uso di rivestimenti con proprietà anti-carbonatiche, in grado di minimizzare, senza cancellare, le differenze cromatiche nelle aree oggetto di rappezzi vecchi e nuovi, è stato preferito ai rivestimenti convenzionali, ritenuti non accettabili dopo i saggi di prova.

Più in generale, l'obiettivo di superare la dipendenza dalle pratiche di riparazione sancite dalle normative è condiviso da ricercatori ed esperti che operano in diverse paesi del mondo. Il Getty Conservation Institute, ad esempio, ha curato l'organizzazione di incontri internazionali "to advance the practice of conserving Modern Architecture" e ha di recente pubblicato *Conserving Concrete Heritage Experts Meeting Report*³⁹. Vanno sicuramente segnalati gli studi condotti con la direzione di Rob van Hees presso la Technical University di Delft, che intrecciano la ricerca storico-archivistica alle indagini condotte in sito e in laboratorio. In *Concrete: Too young for Conservation?*⁴⁰, sono proposti per i calcestruzzi storici del Forte Bezuiden Spaardnam i metodi di ricerca preliminari a un approccio conservativo, ed è significativo il richiamo al rieglino "age-value" e alla necessità di educare le giovani generazioni alla tutela dell'architettura del XX secolo; i principi-guida del caso-studio citato saranno sviluppati ed estesi al contesto olandese nella tesi dottorale "Historic Concrete: from Concrete Repair to Concrete Conservation" (H. Heinemann, 2013).

Un esempio di ricerca applicata alle superfici del calcestruzzo storico è proposto dal LRMS (Laboratoire de recherche des monuments historiques - Ministère de la Culture et de la Communication, France), in particolare dal Pôle béton (responsabile, E. Marie-Victoire), con la collaborazione di grandi industrie del cemento (Ciments-Calcia, Lafarge, Parox-Lanko, Vicat). Il LRMH opera su edifici vincolati, per garantire che ogni intervento, anche "la pulitura di un materiale familiare come il calcestruzzo, si faccia nel rispetto delle stesse condizioni d'efficacia e di innocuità applicate ai materiali storici più tradizionali, come la pietra da taglio, il mattone o gli intonaci di calce"⁴¹. Il fascicolo *Le nettoyage des bétons anciens. Guide des techniques et aide à la décision* (2009), diretto al più ampio pubblico di professionisti e operatori, sintetizza i metodi, le procedure, i risultati della sperimentazione che ha avuto luogo su architetture emblematiche degli anni '30, '50, '70. Le superfici architettoniche e gli elementi ornamentali sono stati oggetto di due distinte campagne di ricerca, considerate le diverse condizioni ambientali di esterni ed interni. Per ogni tipo di degrado è stato delineato uno schema procedurale correlato alle condizioni del calcestruzzo. La diagnostica ha orientato i test di prova e la scelta dei trattamenti di pulitura e protezione. Tra le tecniche di pulitura adottate, quelle ad acqua (compresa l'iniezione-estrazione di acqua

³⁹ CUSTANCE-BAKER, MACDONALD 2015.

⁴¹ PALLOT-FROSSARD 2009.

⁴⁰ HEINEMANN, VAN HEES, NIJLAND 2008.

a freddo); quelle meccaniche, con diversi tipi di abrasivi; la pulitura con impacchi di lana di roccia o attapulgate; con pellicole a base di alcool polivinilico o latex addizionato di argilla; la pulitura al laser; la pulitura chimica anche con uso di prodotti biocidi (*Tavv. I-II*, p. 115).

Aver concentrato sul calcestruzzo storico e la sua durabilità il tema di questo contributo, tentando un'incursione nel campo dell'ingegneria del materiale, ha consentito di lasciare sullo sfondo l'ampio e articolato dibattito sul "restauro del moderno", in corso dagli anni '80 del secolo appena trascorso. All'interno delle molte iniziative che in Europa, sulla scena internazionale, nelle università e città italiane, hanno riguardato la tutela e l'intervento sul patrimonio del XX secolo, vi sono state anche importanti occasioni di studio e di confronto incentrate sulla conservazione dei manufatti in calcestruzzo armato⁴². Dibattito e realizzazioni, anche quando controverse, hanno posto le basi per l'affinamento ulteriore delle conoscenze, della diagnostica e delle modalità di monitoraggio, oltre che della sperimentazione ulteriore delle tecniche poco invasive che potranno costituire nel prossimo futuro un passaggio essenziale per prolungare la vita utile dei calcestruzzi storici e per favorire la loro conservazione.

⁴² Una bibliografia generale di carattere internazionale sulla storia e sulla conservazione dell'architettura del XX secolo, per quanto lacunosa, è in MACDONALD, OSTERGREN 2011, 2013; si segnalano inoltre: BISCONTIN 1993; «MONUMENTAL» 1997; DE JONGE, DOOLAR 1998; ICOMOS FRANCE 1999; BI-

SCONTIN, DRIUSSI 2004; JOSHI 2005; IENTILE 2008; BOŞTENARU DAN, PŘIKRYL, TÖRÖK 2010; «QUADERNI DI ANANKE» 2010; «LES NOUVELLES DU PATRIMOINE » 2011; MECHTCHERINE, SCHNECK, GRANTHAM 2012; LES CONSERVATEURS DU PATRIMOINE DES CANTONS ROMANDS 2012; «CONTINUITÉ'» 2014.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- ACI 1997: ACI (American Concrete Institute) 364 I.R (92)-1997, *Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service*, 1997
- ACI 2014: ACI 117.1R-14. *Guide for Tolerance Compatibility in Concrete Construction*, 2014
- BERKELEY 1992: K.G.C. Berkeley, *Protection - A. Cathodic Protection*, in G. MAYS (ed), *Durability of Concrete Structure. Investigation, repair, protection*, Spon Press, London 1992, pp. 130-165
- BERTOLINI, ELSENER, PEDEFERRI, POLDER 2004: L. Bertolini, B. Elsener, P. Pedeferrì, R.B. Polder, *Corrosion of Steel in Concrete: Prevention, Diagnosis, Repair*, 2004 (2nd edition 2013)
- BISCONTIN 1993: G. Biscontin (a cura di), *Calcestruzzi antichi e moderni: Storia, Cultura e Tecnologia*, atti del convegno di studi (Bressanone, 6-9 luglio 1993), Libreria Progetto, Padova 1993
- BISCONTIN, DRIUSSI 2004: G. Biscontin, G. Driussi (a cura di), *Architettura e materiali del Novecento: Conservazione, restauro, manutenzione*, atti del convegno di studi (Bressanone, 13-16 luglio 2004), Arcadia Ricerche, Venezia 2004
- BOŞTENARU DAN, PŘIKRYL, TÖRÖK 2010: M. Boştenaru Dan, R. Přikryl, Á. Török (eds.), *Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*, Springer, New York 2010
- BRE DIGEST 444 2000: BRE Digest 444, *Corrosion of Steel in Concrete: Part 1. "Durability of Reinforced Concrete Structures" - Part. 2. "Investigation and Assessment"*, Bracknell, UK, BRE 2000
- CAR 2006: CAR (CAMBRIDGE ARCHITECTURAL RESEARCH) Conservation Development Strategy, CAR LTD 2006 <https://www.uea.ac.uk/polopoly_fs/1.50472!conservation_strategy.pdf> [10/10/2015]
- CHAMPION 1961: S. Champion, *Failure and Repair of Concrete Structures*, John Wiley & Sons Inc., New York 1961
- CHRISTOPHE 1899, 1900: P. Christophe, *Le Béton Armé et ses applications*, in «Le Béton Armé», I, 1899, nn. 14, 16, 17, 19 (jul, sep, oct, dec.); II, 1900, nn. 20, 21, 22, 23 (jan, feb, mar, apr)
- CHRISTOPHE 1902: P. Christophe, *Le Béton Armé et ses applications*, 1902, cap. V, «Avantages et Inconvénients», pp. 701, 702 (durabilité), pp. 705, 706, 720 (durée), Librairie polytechnique C. Béranger, Paris 1902
- CIRCULAIRE DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS 1906: Circulaire du Ministre des travaux publics, *Instructions Ministérielles relatives a l'emploi du ciment armé*, 20 octobre 1906
- CONSERVATEURS DU PATRIMOINE DES CANTONS ROMANDS 2012: Conservateurs du patrimoine des cantons romands (sous la direction), *Pierre et Béton*, Journées européennes du patrimoine – 19^e édition, 8 et 9 septembre 2012, n. 12, <https://www.ge.ch/patrimoine/jep/pdf/2012/jep2012_ch_brochure_romande.pdf> [10/10/2015]
- CONTINUITE' 2014: «Continuité», Le magazine du Patrimoine du Québec, Dossier "Béton et Patrimoine", n. 142, 2014
- CS TR 2 1985: CS (Concrete Society) TR 2 – *Repair of Concrete Damaged*, Technical Report, Concrete Society, UK, 1985
- CS TR 32 1989: CS (Concrete Society) TR 32 – *Analisis of Hardened Concrete, by Reinforcement Corrosion*, Technical Report, Concrete Society, UK, 1989
- CS TR 73 2011: CS (Concrete Society) TR 73, *Cathodic protection of steel in concrete including model specification for cathodic protection of steel in concrete*, Technical Report, Concrete Society, UK, 2011

- COURARD 2006: L. Courard, *Durabilité des réparations du béton: entre théorie et pratique*, Septième édition des Journées scientifiques du Regroupement francophone pour la recherche et la formation sur le béton (RF) 2B, Toulouse 2006
- CUSTANCE-BAKER, MACDONALD 2015: A. Custance-Baker, S. Macdonald, *Conserving Concrete Heritage Experts Meeting* (Los Angeles, June 9-11 2014), J. Paul Getty Trust, Los Angeles 2015
- DAVIS 1930: R.E. Davis, *A Summary Investigation of Volume Change in Cements, Mortars and Concretes produced by Causes other than Stress*, ASTM (American Society for Testing and Materials) Proceedings, v. 30, Philadelphia, PA 1930, Part. I. pp. 668
- DE FRANCESCO 1930: D. De Francesco, *L'Emploi du béton armé dans le travaux de réparation, de consolidation et de transformation d'immeubles*, in *First International Congress for Concrete and Reinforced Concrete*, Maison Desoer, Liège 1930, pp. 5-7
- DE JONGE, DOOLAR 1998: W. De Jonge, A. Doolar, *The Fair Face of Concrete. Conservation and Repair of Exposed Concrete*, Preservation Technology Dossier 2, Eindhoven, Do.co.mo.mo. International, Eindhoven University of Technology, 1998
- DELHUMEAU, GUBLER, LEGAULT, SIMONNET, PARENT 1993: G. Delhumeau, J. Gubler, R. Legault, C. Simonnet, C. Parent, *Le béton en représentation: La mémoire photographique de l'entreprise Hennebique: 1890-1930*, Hazan, Institut Français d'Architecture, Paris 1993
- EMPERGER 1905: F.v. Emperger, *Zur Geschichte des Eisenbetons in Belgien*, in «Beton und Eisen», vol. 4, n. 1, 1905, pp. 1-2
- FREYSSINET 1930: E. Freyssinet, «Etude sur les déformations lentes des ciments ou retraits», in *First International Congress for Concrete and Reinforced Concrete*, Maison Desoer, Liège 1930, IV-4.
- GARGIANI, ROSELLINI 2013: R. Gargiani, A. Rosellini, *La découverte du béton brut avec malfaçons: chronique du chantier de l'Unité d'habitation à Marseille*, in *Le Corbusier et la question du brutalisme*, Parenthèses, Marseille 2013, pp. 152-179
- GUBLER 1991: J. Gubler, *La restauration du pont routier de Gueuroz sur la gorge du Trient*, in «Ingénieurs et architectes suisses», 7, 20 mars 1991, pp. 64-71
- GUBLER 1992: J. Gubler, *Le Bellezze del cemento armato*, in «Rassegna», 49, 1992, pp. 84-88
- HEINEMANN, HEES, NIJLAND 2008: H.A. Heinemann, R.P.J. van Hees, T.G. Nijland, *Concrete: Too young for conservation?*, D'Ayala e Fodde (eds.), *Structural Analysis of Historic Construction*, Taylor & Francis, London 2008, pp. 151-159
- HORNAIN 2013: H. Hornain (Entretien avec), «La durabilité des bétons, 25 ans d'expérience...», *Lerm Infos* n. 25: spéciale 25 ans - 25 juin 2013, «<http://doc.lerm.fr/la-durabilite-des-betons-25-ans-dexperience/>» [10/10/2015]
- ICOMOS FRANCE 1999: ICOMOS France, *Béton et Patrimoine*, Cahier n. 18, 1999
- ICRI 2012: ICRI (International Concrete Repair Institute), Guideline No. 320.3R-2012 (*Guideline for Inorganic Repair Material Data Sheet Protocol*)
- IENTILE 2008: R. Ientile (a cura di), *Architetture in cemento armato. Orientamenti per la conservazione*, FrancoAngeli, Milano 2008
- JOHNSON 1965: S.M. Johnson, *Deterioration, Maintenance and Repair of Structures*, McGraw-Hill, New York 1965, in particolare, capp. 3-6
- JOSHI 2005: K. Joshi (ed.), *Corbusier's Concrete: Challenges of Conserving Modern Heritage*, proceedings of seminar on Conservation of Le Corbusier's Work in Concrete (Chandigarh, 11-13 February 2002), Chandigarh Perspectives, Chandigarh 2005

- LABORATORIO PER LE PROVE DELLE RESISTENZE DEI MATERIALI (presentazione), in "R. Istituto Tecnico Superiore di Milano. *Programma. Anno 1899-1900*", p. 34
- LANDINI 1914: A. Landini, *Le costruzioni in cemento armato*, Stabilimento Poligrafico emiliano, Bologna 1914, p. 278
- «LES NOUVELLES DU PATRIMOINE» 2011: «Les Nouvelles du Patrimoine», *Béton et Patrimoine*, n. 132, 2011
- LCPC 1996: LCPC, SETRA CENTRE DES TECHNIQUES D'OUVRAGES D'ART, *Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton. Guide technique*, 1996
- MACDONALD, OSTERGREN 2013: S. Macdonald, G. Ostergren, *Conserving Twentieth-Century Building Heritage. A Bibliography*, 2nd ed., The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2011, 2013, e più in particolare, Chapter 4.3. "Concrete and Cast Stone", pp. 44-54
- MAYS 1992: G. Mays (ed), *Durability of Concrete Structure. Investigation, repair, protection*, Spon Press, London 1992
- MECHTCHERINE, SCHNECK, GRANTHAM 2012: V. Mechtcherine, U. Schneck, M. Grantham (eds), *Concrete Solutions*, proceedings of 4th International Conference on Concrete Repair (Dresden, Germany, 26-28 September 2011), Boca Raton: CRC Press, Leiden 2012
- MICHEL, COURARD 2003: F. Michel, L. Courard, *Energies libres de surface des solides et liquides: une approche pour la compréhension des phénomènes interfaciaux*, Journées scientifiques du Regroupement Francophone pour la Recherche et la Formation dans le domaine du béton, Sherbrooke (Québec) 2003
- MIHASHI, NISHIWAKI 2012: H. Mihashi, T. Nishiwaki, *Development of Engineered Self-Healing and Self-Repairing Concrete-State-of-Art report*, in «Journal of Advanced Concrete Technology», vol. 10, May 2012, pp. 170-184
- «MONUMENTAL» 1997: «Monumental», *Le béton et les monuments historiques*, n. 16, 1997
- MORGAN 1999: D.R. Morgan, *Service Life: Lessons Learned from Existing Structures*, Keynote Paper, 8th International Conference on Durability of Building Materials and Components (Vancouver, 30th May - 3rd June 1999), 1999, CIB W78 Workshop «<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB2317.pdf>» [10/10/2015]
- PALLOT-FROSSARD 2009: I. Pallot-Frossard, *Préface*, in *Le nettoyage des bétons anciens. Guide des techniques et aide à la décision*, Cahier technique du Cercle des Partenaires du Patrimoine, 2009
- PANASYUK, MARUKHA, SYLOVANYUK 2014: V.V. Panasyuk, V.I. Marukha, V.P. Sylovanyuk, *Injection Technologies for the Repair of Damaged Concrete Structures*, Springer, Dordrecht 2014
- POWERS 1945: T.C. Powers, *A working hypothesis for further studies of frost resistance of concrete*, ACI «Journal Proceedings», vol. 41, February 1945, pp. 245-272
- «QUADERNI DI 'ANANKE» 2010: «Quaderni di 'ANANKE», *La conservazione del calcestruzzo armato nell'architettura moderna e contemporanea. Monumenti a confronto*, n. 2, 2010
- REDAZIONALE 1901: Redazionale, *La durée du béton armé*, in «Le Béton Armé», III, 1901, n. 33, pp. 1-2
- ROSELLINI 2013: A. Rosellini, *Le Corbusier e la superficie. Dal rivestimento d'intonaco al béton brut*, Aracne, Roma 2013
- SILFWERBRAND 2012: J. Silfwerbrand, *Concrete as a functional Material*, International Workshop on Concrete Conservation & Preservation (Göteborg, December 6, 2012) «http://www.cbi.se/bilder/Int_Workshop_Concrete_Conservation_2012_sm.pdf» [10/10/2015]

- STANTON 1940: T.E. Stanton, *Expansion of Concrete through Reaction between Cement and Aggregate*, ASCE (American Society of Civil Engineers) Proceedings, vol. 66, n. 10, 1940, pp. 1781-1811
- TABOR 1992: L. Tabor, *Repair materials and Techniques*, in G. MAYS (ed), *Durability of Concrete Structure. Investigation, repair, protection*, Spon Press, London 1992, pp. 82-129
- TILLY, JACOBS 2007: G.P. Tilly, J. Jacobs, *Concrete repairs: Observations on performance in service and current practice*, CONREPNET Project Report, IHS BRE Press, Watford (UK), 2007
- TREMPER 1947: N. Tremper, *The Corrosion of Reinforcing Steel in Cracked Concrete*, ACI «Journal Proceedings», vol. 43, n. 10, 1947, pp. 1137-1144
- U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR, BUREAU OF RECLAMATION TECHNICAL SERVICE CENTER, Report No. MERL-2014-87, *Compatibility Issues in Design and Implementation of Concrete Repairs and Overlays*, Project ID: 0385, 2014
- VALENTA 1962: O. Valenta, *Durability of Concrete and Concrete structures RILEM Working Group*, RILEM Conference on *The Durability of Concrete*, Prague 1962, pp. 610-12.
- WICTOR, THIJSSSEN, JONKERS 2012: V. Wictor, A. Thijssen, H.M. Jonkers, *Development of a liquid bio-based repair system for aged concrete structures*, in M.G. Alexander, H.-D. Benshausen, F. Dehn, P. Moyo Eds., *Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting III: 3rd International Conference (Cape Town, South Africa, 3-5 September 2012)*, CRC Press, Cape Town 2012, pp. 345-348
- YOUNG 1928: R.B. Young, *The requirements for a durable concrete as observed from structures in services*, «Engineering Journal», vol. 11, n. 3, 1928, pp. 161-173

La investigación arquitectónica, el Plan Director del Hospital Real de Granada (España) y el análisis de techos, armaduras y alfarjes para su conservación

JAVIER GALLEGO ROCA

Premisa

Los Reyes Católicos edificaron el Hospital Real de Granada, imponente edificio tardogótico con posteriores elementos clásicos. Tras la conquista de Granada por los Reyes Católicos, en 1492, se producirá en la ciudad una gran actividad urbanística, tanto en la Medina y barrios musulmanes, como extramuros de la ciudad. La implantación de una nueva cultura traerá como consecuencia la erección de edificios de nueva planta, bien en solares nuevos, bien sobre terrenos de antiguas edificaciones que se destruyeron para ese fin. También se utilizaron edificios musulmanes con el mismo uso o cambiándolo. Se acometen una serie de obras reales, durante la primera década del siglo XVI, que harán de esta ciudad el último gran centro de la arquitectura gótica española (Capilla Real, Hospital Real, Santa Cruz la Real...) destacando el Hospital Real y la Capilla Real (*Fig. 1*). Los hospitales, tanto en su tipología arquitectónica como en su función, han sufrido una profunda evolución desde el mundo antiguo hasta la actualidad. Desde lugar de albergue para menesterosos, hasta lugar dedicado exclusivamente a curar enfermos, pasando en la época medieval y moderna a asumir la doble función de acoger a necesitados y de curar enfermos.

Este parte de un diseño propiamente renacentista llegado de Italia (Ospedale Maggiore di Milano, trazado por el arquitecto Antonio Averlino, más conocido como Il Filarete) e implantado en España donde rápidamente lo adapta a la tradición constructiva autóctona Enrique Egas. A pesar de la ausencia de documentación que confirme lo que una gran mayoría de historiadores consideran evidente, este 'desconocido' arquitecto es al que habitualmente se le atribuye el diseño del edificio, ya que es el encargado de las trazas de edificios tan semejantes al granadino en planta como son el Hospital Real de Santiago de Compostela y el Hospital de la Santa Cruz de Toledo.

En el año 2007 la Universidad de Granada convoca un concurso público para la redacción del Plan Director del Hospital Real¹. Los redactores encargados para su

¹ En 2007 se convoca el concurso para la redacción del Plan Director del Hospital Real de Granada, resultando ganador de dicho concurso el equipo dirigido por el arquitecto Javier Gallego Roca. Como fruto del concurso, y al objeto de

establecer, entre otras cosas, la realidad material y estructural del edificio renacentista del Hospital Real (sede del Rectorado de la Universidad de Granada) se establece la prioridad de analizar las necesidades del uso universitario que impli-

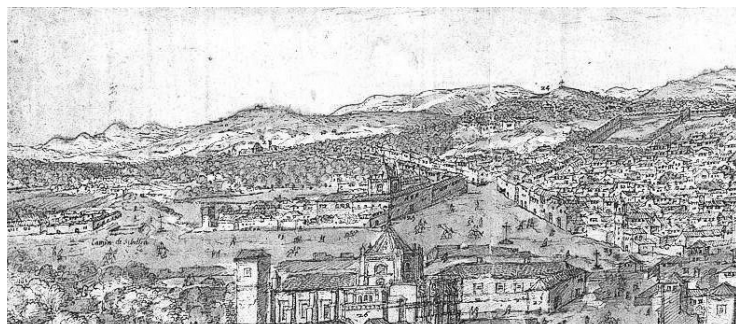


Fig. 1. Hospitar Real. Detalle de "Granada" de Anton Van den Wyngaerde (1567).

realización asumen en el marco de la metodología global establecida la realización de diferentes Estudios Previos a cualquier intervención que se lleve a cabo sobre el monumento o su entorno, destacando por su importancia en esta edificación el análisis de techos, armaduras y alfarjes, objeto de este artículo. Actualmente el Hospital Real es sede del Rectorado y Biblioteca Central de la Universidad.

Existe una gran relación entre las características morfológicas y estructurales de la mayoría de las cubiertas del Hospital Real² y otros tipos de techumbres del mismo periodo construidas en otras ciudades de la península ibérica, dentro de un tipo de construcción de carpintería que solo por recientes estudios, en el siglo XX, fue denominada de "estilo mudéjar" (Fig. 2).

caba una actuación sobre el edificio y a la vez las posibles transferencias de aquellos usos que colmatan sus espacios. De este modo se acordó ordenar la puesta en valor del monumento por medio de la realización de un Plan Director que incluyera un programa de actuación para la mejor conservación del monumento; una estrategia para la recuperación urbana de su entorno, así como posibles propuestas de futuro en la ordenación del espacio urbano. En el apartado del Análisis de techos colaboraron el arquitecto Enrique Nuere y la becaria de investigación, arquitecta Valentina Pica, así como la empresa Vorsevi para todo lo referente a degradaciones de la madera y daños estructurales del monumento.

² Las carencias sanitarias de la Ciudad de Granada tras su conquista por los Reyes Católicos en 1492, llevó a estos a fundar un Hospital de enfermos y asilo para pobres. Para su emplazamiento, se eligió un antiguo cementerio musulmán extramuros, en las cercanías de la Puerta de Elvira. Su construcción se inicia con retraso en 1511, interrumpida tras la muerte de Fernando el Católico y reanudándose en 1522 el emperador Carlos V. Comienza a

funcionar como hospital en 1525, y es inaugurado en 1526 aunque inacabado, pues le faltaba la decoración de los patios (excepto el de la Capilla), las ventanas, la portada y un buen número de artesonados. La portada, obra de Alonso de Mena, se terminó en 1640. Las obras y remodelaciones se prolongan durante los siglos XVI-XVIII. Es una obra ecléctica, donde se mezclan elementos góticos, renacentistas y mudéjares, en la que intervienen los más importantes artistas del momento: Enrique Egas quien se cree que es el arquitecto del proyecto, Pedro Machuca, Diego de Siloé, entre otros. Egas repite el esquema del Hospital de Santa Cruz, tomando como modelo el Hospital Mayor de Milán, obra de Filarete copiado por toda Europa a partir del siglo XVI. Son fundamentales los estudios realizados por diversos autores sobre la construcción y características de este importante edificio: FÉLEZ LUBELZA 1973; FÉLEZ LUBELZA 1979; FÉLEZ LUBELZA 1988; FÉLEZ LUBELZA 1990; FILARETE 1990; GALERA MENDOZA 2000; GALLEGO BURÍN 1982; GILA MEDINA 2006; GÓMEZ-MORENO GONZÁLEZ 1892; GÓMEZ-MORENO MARTÍNEZ 2001; HENARES CUELLAR, LÓPEZ GUZMÁN 1989.

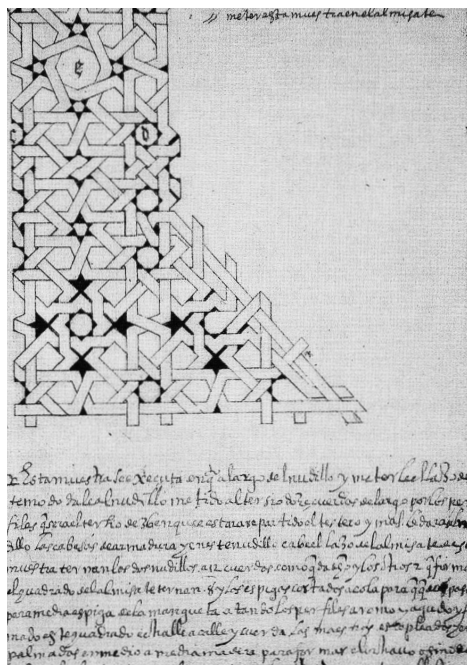


Fig. 2. Pagina del primer manuscrito de Diego López de Arenas, gracias al cual se puede conocer el método seguido por los Carpinteros de lo Blanco para la realización de las complejas armaduras de lazo.

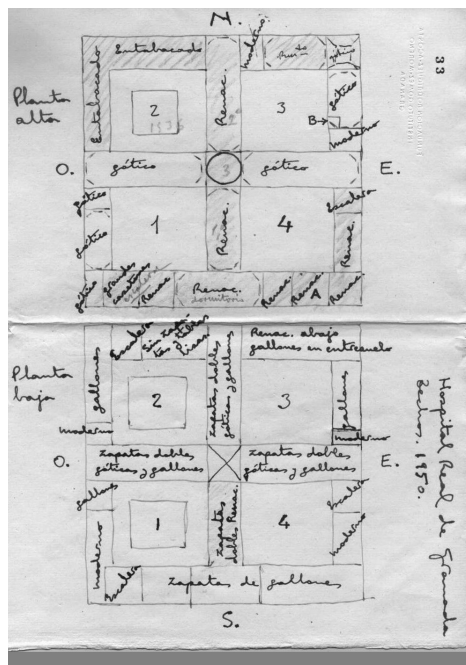


Fig. 3. Estudio gráfico sobre el Hospital Real de Leopoldo Torres Balbás. 1950 AIGM. Le-gajo II, pieza 33. Techos Hospital Real.

Al comienzo de los años veinte del siglo XVI el maestro de obra Juan de Plasencia fue el encargado de la realización de la mayoría de las techumbres del Hospital. Él sustituía a maestros como Pedro de Morales, Jerónimo de Palacios y García de Praves, todos seguidores de la escuela de Enrique Egas, el más relevante maestro del programa regio de obras.

A Juan de Plasencia corresponde la gloria de haber fundido toda la tradición de la carpintería hispano-musulmana con los más puros diseños clasicistas, como se aprecia en las cubiertas de las dos escaleras que conducen al Patio de los Mármoles y a la Biblioteca respectivamente. Efectivamente, dentro de la obra de carpintería del Hospital, Juan de Plasencia aportó una expresión relevante del arte mudéjar español del nuevo reino unificado bajo los Reyes Católicos, diferenciándose respecto a los otros maestros contemporáneos más cercanos a la obra de estilo gótico español del maestro Egas.

Como nos informa Concepción Félez Lubelza en su publicación sobre el Hospital Real: "Asimismo, a partir de la mitad del siglo XVI, se documenta la presencia del segundo gran maestro carpintero del monumento, Melchor de Arroyo, tracista y ejecutor de la gran bóveda de media naranja del cimborrio". La obra de esos maes-

tros surge de la conjunción de las tradiciones constructivas y estilísticas de las dos culturas, la católica y la musulmana que tuvo lugar en la Península Ibérica durante la Reconquista³.

Los historiadores del arte desde hace pocos años reconocen el gran conjunto de acontecimientos históricos que permitieron el nacimiento del estilo hispano-ibero-americano: el “estilo mudéjar”. En concreto se trata de un conjunto de elementos estructurales y decorativos aplicados tanto al tratamiento de la fábrica como al de las carpinterías de la madera, en el que se fusionan los elementos de estilo hispano-gótico propio del mundo católico con la tradición constructiva hispano-musulmana que permanecía en España en los años de la Reconquista. El arquitecto Leopoldo Torres Balbás realizaría en 1950 un interesante plano identificativo⁴ de los diferentes techos del edificio que tiene datos de cronologías por los tipos de techos de gran interés para el estudio histórico-constructivo realizado en el Plan Director (*Fig. 3*).

Asimismo recordamos que la palabra mudéjar significa “el que permanece”, y corresponde al término árabe Mudajjan, “el que lleva retraso”, o que tuvo el permiso para quedarse en tierra hispánica tras la reconquista cristiana.

Bajo la firma del Tratado de Purchena (1489), les fue permitido a los musulmanes españoles permanecer en los territorios, ahora por entero católicos, de la península Ibérica. Situación efímera para los hispano- musulmanes ya que a principios del siglo XVI comenzó una política de exclusión de la población morisca bajo las órdenes del Cardenal Cisneros que finalizaría con la expulsión definitiva.

Los ebanistas españoles permanecían ligados al sistema gremial de organización de las ejecuciones de las obras y de los títulos de los carpinteros, concedidos según sus capacidades individuales. Éste sistema quedaba sujeto a las reglas procedentes del mundo árabe, y la mayoría de ellos eran moriscos.

Carpintería y cortes de la madera: las techumbres del Hospital Real

En el marco del Plan Director del Hospital Real, hemos recurrido a los instrumentos que permitan obtener el máximo conocimiento del edificio. Los denominados instrumentos intrínsecos son aportados por el propio edificio, mientras que los extrínsecos proceden de fuentes externas, pudiéndose manifestar estas, de muy diversas formas⁵.

El funcionamiento gremial de los carpinteros durante el siglo XVI hizo que el aprendizaje consuetudinario se basara en lo empírico y en escasas recetas de taller que

³ Recientemente se ha publicado el volumen *La carpintería de Granada*, obra inédita escrita en 1898 del historiador del arte Manuel Gómez-Moreno Martínez, con un fondo inédito de fotografías pertenecientes a los fondos del Archivo del Instituto Gómez-Moreno; cfr. GÓMEZ-MORENO MARTÍNEZ 2001.

⁴ *Estudio gráfico sobre el Hospital Real de Leopoldo Torres Balbás*, 1950 AIGM, Legajo II, pieza 33, Techos Hospital Real.

⁵ Puede consultarse al respecto: ESTEBAN CHAPARRÍA 1991; MARINO 1981; GUTIÉRREZ, VÍNUALES 1997; PARENTI 1993-1994; GUTIÉRREZ 1997; PÉREZ AMUCHASTEGUI, CASSANI 1997.

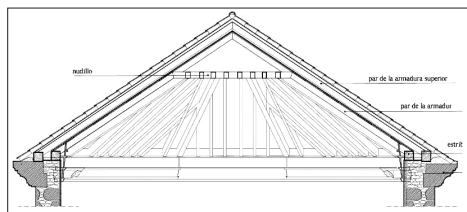


Fig. 4. Detalle una porción de sección transversal tipo en una cubierta mudéjar del monumento, correspondiente a la crujía norte de la biblioteca (Hospital Real).

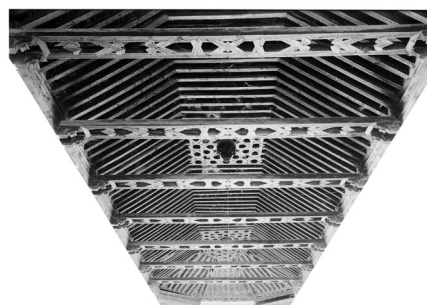


Fig. 5. Armadura del Hospital Real de Granada (Foto: Manuel Gómez-Moreno Martínez).

se transmitían de maestros a discípulos. Después, la aparición de otros procedimientos técnicos y artísticos hizo que las normas se fueran relajando hasta su casi desaparición⁶.

Por tanto, el carpintero se basa en cortes de la madera, hechos por cartabones, que le servían para dibujar las líneas de referencia para dichos cortes. En principio son suficiente tres cartabones para realizar la estructura principal de cualquier armadura estos son: los cartabones de cubierta (de armadura, el coz de limas y el albanecar). Todas la techumbres del Hospital Real están realizadas por medio de este procedimiento, menos los alfarjes y las cubiertas de las escaleras (Figg. 4-5).

“Los tres cartabones de armadura se obtienen a partir de una cambija que viene a ser un plano a escala en el que, por abatimientos sucesivos, se consigue representar todos los ángulos significativos de la cubierta. En la práctica sería un semicírculo con radio equivalente a 1/12 de la estancia a cubrir. El cartabón de armadura permite la realización de los cortes necesarios en los pares y nudillos. con este elemento se dan los cortes necesarios tanto para el ensamblaje de estas piezas como para el apoyo de los pares en el estribo y para el encuentro de los pares en la hilera.

El coz de limas sirve para realizar los cortes de lima, iguales a los realizados por el cartabón de armadura en el par. El albanecar determina el ángulo de encuentro de los faldones, ángulo que, por estar precisamente en el plano del faldón, permite relacionar el plano de la cubierta con la trama dibujada en el faldón. También ayuda a determinar el largo de las péndolas”⁷.

Además de las armaduras estructurales las cubiertas mudéjares contienen unos sistemas decorativos que también actúan funcionalmente para que las estructuras sean más rígidas (Figg. 6a-6b). Se trata de la lacería, o de los elementos que la constituyen denominados peinaos, que son similares a pequeños pares con cortes. “En cuanto a los

⁶ Cfr.: NUERE MATAUCO 1981; NUERE MATAUCO 1982; NUERE MATAUCO 1989.

⁷ Cfr. LÓPEZ GUZMÁN 1992. Estas descripciones ilustradas en la publicación de Rafael López Guzmán,

determinan la manera de realizar la estructura general de los faldones, normalmente para techumbres de dos o cuatro paños, pero también son la base para las techumbres que presentan más paños o faldones.

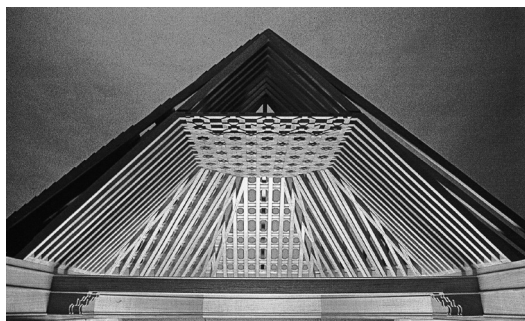
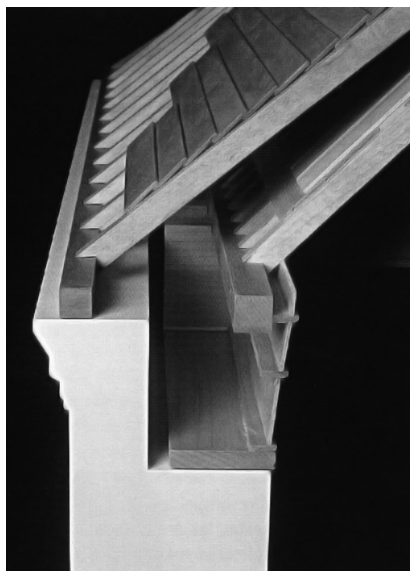


Fig. 6b. Maqueta de detalle constructivo tipo de doble estructura (E. Nuere en *La Carpintería de armar española*).

Fig. 6a. Maqueta del detalle constructivo de arranque de estructura de la armadura (E. Nuere en *La Carpintería de armar española*).

cartabones de lazo, como regla general se necesitan otros tres para la realización de la lacería: dos de lazo y el llamado ‘ataperfiles’, con la excepción de la estrella de diez en que el ataperfil coincide un uno de lazo. El ataperfil en la práctica suele recibir un nombre propio: atimbrón para el lazo de siete, blanquillo para el de ocho, y negrilla para el de nueve. Los otros cartabones para una estrella de ‘n’ puntas se llaman cartabones de ‘n’ puntas y de ‘n/2’. Su construcción matemática se obtiene dividiendo una semicircunferencia entera en las ‘n’ partes. Por ejemplo, la lacería de ocho se traza al empezar de una estrella de ocho puntas, y la semicirfunferencia se divide en ocho partes ($180/8=22,5$)”.

Los lazos de ocho están presentes en todas las armaduras del hospital, que sean originales o casi originales o arregladas después el incendio del 1549. Esta decoración de lazo de ocho se encuentra también en las grandes techumbres de la Biblioteca, que ocupa las crujiás en la primera planta. La única techumbre que no presenta lazos de ocho en el sentido tradicional, y que resulta ser mucho más moderna que las demás, es la que cubre la Sala de Convalecientes. Allí resulta, con un levantamiento fotográfico realizado *in situ*, que la doble armadura mudéjar no existe, y que solo hay una armadura muy simple y con paños laterales privados de los lazos. Bajo los tirantes no están nunca las zapatas, ni los tirantes presentan lacería.

La estrella se traza a partir del ángulo de un semicírculo dividido en ocho partes ($180/8=22,5$). Este ángulo determina el primer cartabón, o sea el ángulo de la primera escuadra de madera que el maestro carpintero usa para construir las diferentes decoraciones que están ligadas la una a la otra a través de un sistema de relaciones de dicho ángulo cortado con la ayuda de una escuadra. El ángulo de $180/8=22,5$ grados deter-

mina el primer cartabón para trazar la estrella de ocho puntas; ésta se realiza poniendo los cartabones en relaciones progresivas.

Desde los esquemas de base se dibujaba una parte del techo, definida muestra, a través de la cual se desarrollaba la entera estructura de la cubierta en relación a la reiteración de las mismas reglas de referencia.

Una vez concebidos los paños con la lacería, se determina el almizate, decidido por las proporción total de la techumbre y las posiciones de los nudillos (a 1/3 del altura del cartabón de armadura, en alzado). Estos elementos rígidos, provistos de lazos, se localizaban y se montaban *in situ*, directamente dentro de la estancia donde se trasportaban por separado.

La prefabricación de cada uno de los elementos que componen la cubierta de estilo mudéjar es una característica significativa de este tipo de carpintería. Por falta de rapidez en la ejecución y facilidad de factura y de enseñanza técnica de la manera de hacer estos tipo de obras, requeridas en todo el mundo conquistado por los españoles, se desarrolló por lo largo de los siglos, hasta el decline de la carpintería de armar, que comienza con la revolución industrial. Para una mayor clarificación y para concluir el discurso sobre los tipos constructivos y las modalidades de ejecución de las armaduras mudéjares presentes en el Hospital Real (*Tav. I*, p. 116), se enumeran las clasificaciones de los tipos de techumbres según las principales características geométricas y constructivas definidas en el Simposio Internacional de Mudejarismo de Tlaxcala, Mexico, en el año 2000.

Existen tres tipos de armaduras de maderas para cubiertas:

- de par e hilera;
- de par y nudillo;
- de cuatro aguas (o faldones).

Cada una es muy diferente de las otras por características constructivas y de comportamiento estructural.

El primer tipo funciona sin nudillos, solo con una hilera central y con los pares montados a contrarrestar el peso de la hilera; el segundo tipo resulta ser más rígido por los nudillos puestos a un tercio de la altura de la hilera; el tercero es mas complejo y presenta faldones testers; desde esta última tipología se desarrollan tipos con mas faldones, seis o ocho.

Casi todas las armaduras con faldones de la primera y segunda planta del Hospital presentan esquemas estructurales del tercero tipo.

Encima de los nudillos se pone una tablazón que constituye el almizate.

Dentro del tercer tipo se ponen dos tipos menores:

- de limas bordones;
- de limas mohamares.

Al primer caso pertenece la techumbre de la Sala de Convalecientes, donde las limas son individuales y no permiten las divisiones de los faldones laterales.

En el segundo caso los faldones laterales son completamente independientes en la ejecución y en el montaje en obra. Para que sea posible se desarrollan dos limas

paralelas, llamadas mohamares. Esto es el caso de casi todas las cubiertas con faldones del Hospital.

Los dos tipos menores presentan estribos que recogen los empujes de los pares y los distribuyen sobre los tirantes dobles con o sin lacería (de eso depende de que el techo sea menos o mas moderno), que por sus partes tienen los empujes de toda la estructura de la techumbre; son presentes tirantes cuadrales que contrastan los empujes de las limas y de los faldones testers.

Daños en la madera de las armaduras del Hospital Real

Los problemas visibles en las armaduras de madera de las cubiertas del Hospital Real son básicamente de tipos y causas similares en la mayor parte del monumento; estas causas se distinguen según los tipos de daños, que podemos dividir en dos grupos principales:

1. daños visibles, o estructurales;
2. daños invisibles, o intrínsecos del material.

A continuación se expone un breve análisis de los tipos de deterioro presentes en cada grupo, con la simbología correspondiente asignada en los planos de levantamiento para la identificación de dichos daños.

Las figurass indican, en esquema axonométrico, los principales problemas que se suelen encontrar en el edificio.

El primer esquema representa en detalle una porción de sección transversal tipo en una cubierta mudéjar del monumento, correspondiente a la crujía norte de la biblioteca (Fig. 4).

El primer detalle que se indica corresponde a la cubierta en condiciones normales, sin daño alguno, para comprender de manera más sencilla las modificaciones posteriores debidas a las diferentes degradaciones sufridas (Fig. 7).

Daños visibles (DV)

El grado de deterioro es visible cuando el problema se puede detectar por una análisis de levantamiento directo; de todos modos con este sistema no se llegan a comprender los problemas intrínsecos, es decir, los daños propios del material.

En estas condiciones apreciables por una visión exterior de la armadura, se evidencian generalmente:

-DV1: descenso de las zapatas, puestas en correspondencia con los tirantes dobles de las armaduras apeinazadas de tres paños, presentes principalmente en la planta segunda (Fig. 8).

-DV2: desplazamiento hacia el interior de la estancia a cubrir, de la cinta del almarbate, juntamente o no con el descenso de las zapatas.

-DV3: apertura, en el encuentro del faldón con el almizate, visible entre las caras de unión de par y nudillo. Este daño es debido al descenso oblicuo, con translación

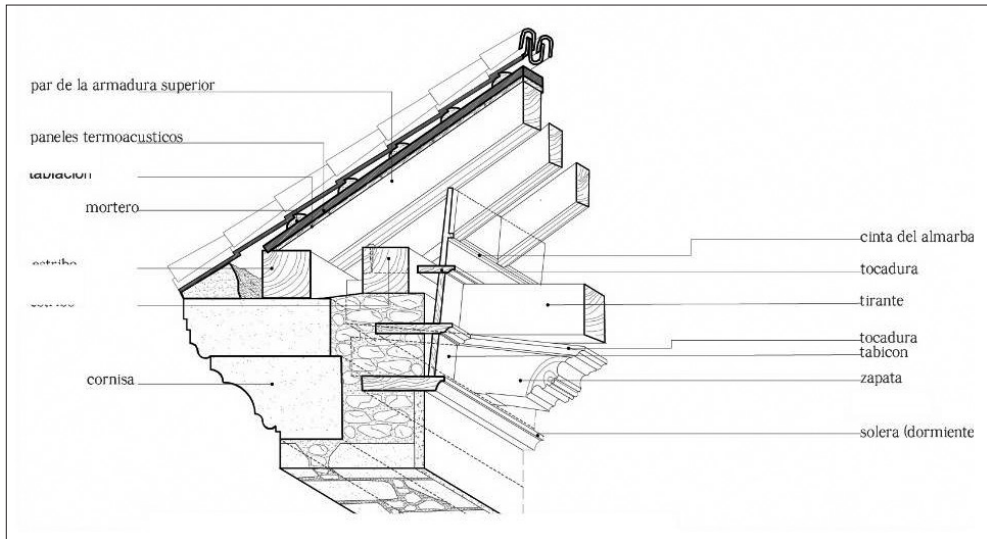


Fig. 7. El detalle que se indica corresponde a la cubierta en condiciones normales, sin daño alguno, para comprender de manera más sencilla las modificaciones posteriores que modificar la estructura.

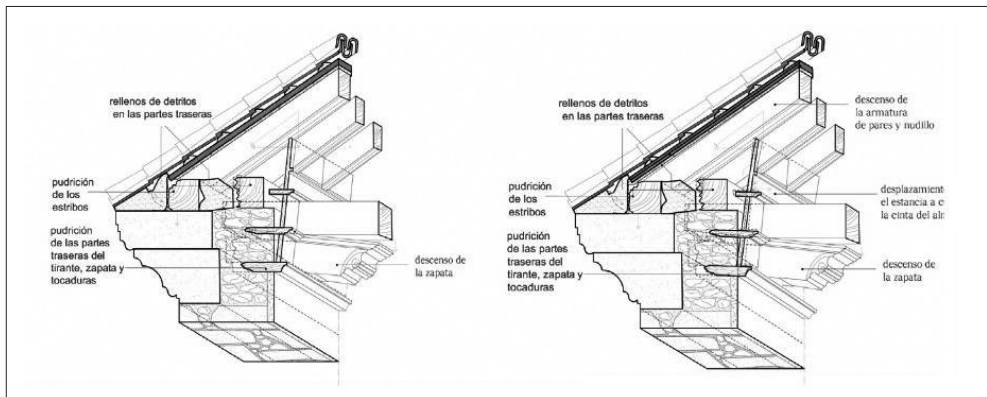


Fig. 8. DV1: descenso de las zapatas, puestas en correspondencia con los tirantes dobles de las armaduras apeinazadas de tres paños, presentes principalmente en la planta segunda.

hacia el exterior de la estancia a cubrir, del sistema par y nudillo, con lo cual se genera una rotación en el plano vertical del nudillo de momento positivo.

Estas condiciones se verifican por causas mecánicas, y por causas asociadas a problemas que no son visibles si no se accede al plano sobrecubierta, definiéndose como ‘problemas biológicos’ de la madera.

Enrique Nuere, explicando los problemas mecánicos, indica que: “La madera puede fallar por defectos inherentes al material heterogéneo que es, cuando dichos defectos coinciden con una solicitud determinada”.

Daños invisibles (DI)

Los problemas invisibles consisten en las parciales o considerables reducciones de las secciones resistentes de vigas, tirantes, zapatas y estribos, situadas sobre todo en las partes traseras, es decir, hacia el exterior, encajados en los muros para ser aseguradas y por tanto invisibles desde la estancia a cubrir. Estos daños son las principales causas de los movimientos mecánicos de los elementos estructurales y son debidos, en su mayoría a causas no visibles o problemas biológicos.

Dicho deterioro de la madera asegurada en los muros suele ser producido por condiciones de elevada humedad mantenida durante tiempo prolongado, debido al estancamiento de agua por goteras que se va acumulando en la base de los faldones, si no se eliminan periódicamente los rellenos de detritos aquí acumulados.

En estas condiciones se presentan los xilófagos que causan la pudrición del material.

Enrique Nuere afirma sobre este tipo de deterioro de la madera: “en cuanto a los daños causados por los xilófagos, siempre son debidos a un contenido de humedad de la madera por encima del 20% durante un periodo de tiempo prolongado. En estas condiciones la madera puede ser atacada por hongos, insectos de tipo larvario o termitas”.

Los daños producidos por los xilófagos siempre significan una pérdida de la sección eficaz de la madera. Con independencia del daño estético producido, dicha pérdida de sección puede tener consecuencias estructurales más o menos graves que es preciso evaluar correctamente. En principio conocer cual es el xilófago causante de los daños suele tener muy poca trascendencia salvo que se trate de termitas, por lo que se deberá tener especial cuidado en comprobar la posible presencia de éstas, cuyos daños pueden estar ocultos en el interior de las maderas dado que se trata de un insecto que huye de la luz. El mejor remedio contra cualquier tipo de xilófagos es el de secar la madera ya que si se reduce su humedad por debajo del 20%, serán los propios xilófagos los que la abandonaran en busca de maderas húmedas. Y la mejor prevención será la de garantizar la ausencia de humedades futuras.

En realidad los tratamientos preventivos sólo necesitan emplearse en zonas de riesgo de humedades, en el caso de que se pueda sospechar que pueda existir una determinada exposición a la humedad, ya sea por la situación de la madera en el edificio, o por sospecha de falta de mantenimiento de cubiertas, posibles fallos en instalaciones de agua, etc.

Se pueden identificar los siguientes tipos de daños invisibles, referidos a los daños visibles al ser la causa de los mismos:

-DII: pudrición de los tirantes y de las zapatas en sus partes traseras encajadas en las secciones murarias. La reducción de las secciones resistentes de los tirantes, asegurados a las zapatas, provoca un aumento de la sollicitación a compresión de la cara superior de la zapata y genera un momento en el apoyo de la misma, que gira por tanto en el plano vertical y hacia abajo, alejándose de la cara inferior del tirante.

Se considera la causa del problema DV1.

-DI2: putrefacción de la madera del estribo, el cual no resiste por completo al empuje del faldón que empieza a desplazarse hacia abajo en dirección oblicua, y por tanto también se desplaza un poco hacia el exterior. Este descenso del sistema de par y nudillo puede ser muy marcado y llegar a afectar al almizate, o quedarse localizado en los apoyos. En ambos casos se evidencia el daño estructural DV2.

En el caso peor se evidencia también el daño DV3. En este caso, el elevado estado de deformación hacia abajo de la estructura de par y nudillo, causa una rotación de momento positivo en el plano vertical del elemento resistente horizontal, en su punto de encuentro con el par.

Las peculiares condiciones biológicas de la madera afectada por los xilófagos son, por tanto, estrictamente interconexas con los daños que en consecuencia aparecen.

Para aplicar las determinaciones que fija el Plan Director del Hospital Real en materia de cubiertas de madera, es decir, los criterios de intervención sobre los techos y las soleras del monumento, son necesarios estudios previos de los daños presentes en las cubiertas y el establecimiento del marco general que llegue a definir los límites de las actuaciones y que pueda permitir enfocar correctamente las pautas de las posibles intervenciones.

Los problemas de las armaduras de madera de las cubiertas del Hospital Real son básicamente de tipos y causas similares en muchas partes del monumento; estas causas se distinguen según los tipos de daños, que podemos dividir en dos grupos principales, en una inspección visual general:

- daños estructurales;
- otros daños, biológicos o bióticos, y abióticos o medioambientales, que pueden afectar a la seguridad de la estructura o simplemente a su estética.

Daños estructurales (DE)

El problema que plantea un análisis visual de la armadura es que no todos los daños de la madera son directamente apreciables.

Es preciso determinar que síntomas visibles son anuncio de un posible problema estructural, y en la medida de lo posible estimar la gravedad del daño.

Estas condiciones se verifican por causas mecánicas, o por causas biológicas.

Se suelen resumir en los siguientes grupos 3:

- Sección insuficiente para las cargas que actúan o como consecuencia de un aumento de las cargas con respecto al origen de la estructura.
- Deformaciones elevadas debidas al efecto de fluencia en piezas colocadas en verde y roturas a largo plazo.
- Fallos en las uniones debidas a un dimensionado insuficiente o a un diseño incorrecto y posible incremento de la deformación.
- Roturas en alguna pieza con defectos locales muy superiores a los medios en la estructura.

- Arriostramiento insuficiente que conduce al desplome y pérdida de verticalidad de parte de la estructura.

Enrique Nuere, explicando los problemas mecánicos, indica que: “la madera puede fallar por defectos inherentes al material heterogéneo que es, cuando dichos defectos coinciden con una sollicitación determinada. Para entender mejor esto basta considerar la posición de un nudo importante en una viga. Si está situado en el centro de la viga, pero en su mitad superior dicho nudo no afecta a la capacidad resistente de la viga ya que se encuentra en la zona comprimida y la madera del nudo es más resistente que el resto. Sin embargo, si en vez de en la mitad superior se encuentra en la inferior dicho nudo equivale a un orificio en la viga, ya que las tracciones no se transmiten a través suyo. Otro problema puede ser la existencia de una fenda próxima a un plano que trabaje a cizallamiento, etc.. También hay que considerar la posibilidad de fallos debidos a mal diseño o mala ejecución, sin descartar la posibilidad de reformas hechas con mal criterio”.

Síntomas apreciados en las armaduras del Hospital Real de Granada, sobre todo del primer grupo (por sección insuficiente):

- DE1: descenso de las zapatas, puestas en correspondencia con los tirantes dobles de las armaduras apeinazadas de tres paños, presentes por la mayoría en la planta segunda (*Fig. 7*).

- DE2: desplazamiento hacia el interior del estribo, denunciado por la cinta del almarbate, juntamente o no con el descenso de las zapatas (*Fig. 8*).

- DE3: apertura, en el encuentro del faldón con el almizate, localizado entre las caras de unión de par y nudillo. Este daño es debido al descenso oblicuo, con rotación hacia el exterior del estribo, del sistema par y nudillo, con lo cual se genera una rotación en el plano vertical del nudillo de momento positivo (lámina5).

En la Sala de Convalecientes, planta segunda, se encuentran fallos de los grupos 2 y 3, sobre todo por defectos en las uniones con visibles signos de aplastamiento al encuentro de la madera con los elementos metálicos de fijación recientemente añadidos.

Aplastamiento y rotura: debidos a una carga excesiva, en general cargas puntuales en voladizo o en el centro del vano. Se representan con una trama de líneas paralelas, perpendiculares a la carga que produce el aplastamiento, y con una trama continua de triángulos, respectivamente.

Apoyo desencajado, o giro de nudos: indica la falta de transmisión de esfuerzos de las piezas de un nudo, que provoca el giro del mismo. Su representación hace referencia a dos secciones rectangulares separadas y giradas.

Deformación excesiva: la flecha excesiva en el vano o en el extremo de un voladizo se representa de manera intuitiva, dibujando la deformación de la pieza.

Traslación o desplazamiento horizontal: traslación en el plano representado, se indica con flechas.

Descenso o desplazamiento vertical: dentro del plano representado, se dibuja con flechas verticales.

Cajeado: la ejecución de los nudos suele venir acompañada de cajeados que reducen la sección de las piezas, propiciando, si además existe humedad, pudriciones que reducen aún más la sección útil. Se representa mediante una sección rectangular, o bien indicando la forma del cajeado.

Daños biológicos (DB):

Por otro lado existen los problemas propios de la madera, dichos 'biológicos' o 'bióticos', por la posible presencia, en buena parte de las secciones, de agentes xilófagos de varios tipos, que causan su pudrición. Se indican en color verde oscuro.

La presencia de los mismos causa disminuciones en las secciones resistentes de los principales elementos de las armaduras y por tanto consecuentes movimientos mecánicos. Las disminuciones de dichas secciones se identifican con los daños invisibles, por lo cual es evidente que los problemas exteriores pueden depender, aún si no por completo, de los daños intrínsecos del material.

Conclusiones: analisis estructural Plan Director Hospital Real y la sinceridad constructiva

El nivel más avanzado se alcanza con el análisis estructural, en el que mediante el cálculo de elementos representativos de la estructura utilizando códigos como EC5, CTE, se comprueba su capacidad portante.

Se realiza la clasificación según la clase resistente y estimación de la sección resistente residual de cada elemento y se identifica la sección mínima resistente y se estima la eficacia de los nudos, ofreciendo una visualización gráfica sintética de los resultados (*Tav. II, p. 117*).

Todo análisis arquitectónico debe entenderse bajo la influencia del momento cultural de la persona que lo realiza, iniciando o continuando un proceso de revisión permanente, por parte de las generaciones futuras. Para Cesare Brandi "la restauración



Fig. 9. Ficha de características constructivas de los techos del Hospital Real realizadas para el Plan Director del Hospital Real (2009)

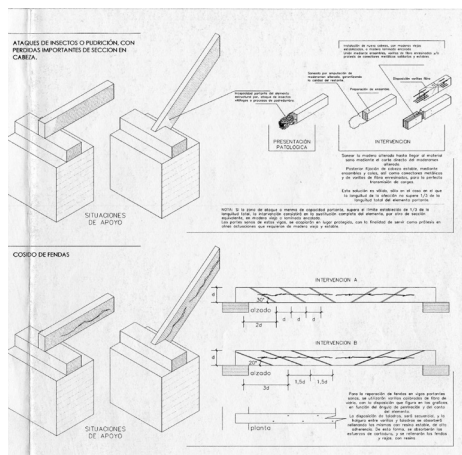
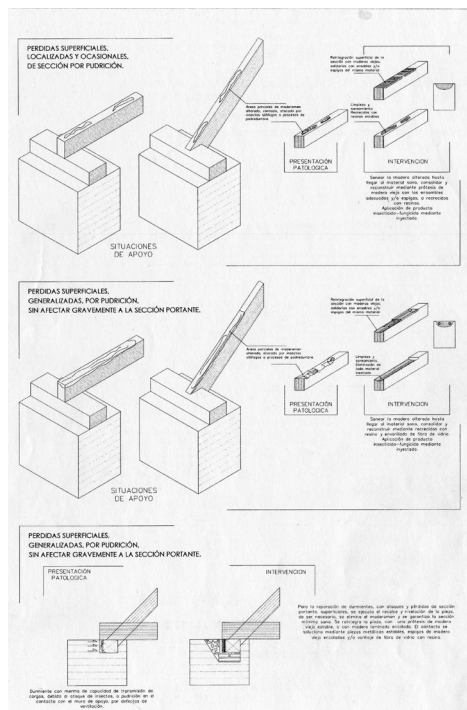


Fig. 11. Análisis de techos. Degradación e Intervención. Hospital Real.

Fig. 10. Análisis de techos. Degradación e Intervención. Hospital Real.

constituye el momento metodológico del reconocimiento del monumento en su consistencia física y en la doble polaridad estética e histórica, con vistas a su transmisión en el futuro”⁸.

El análisis realizado a los sistemas constructivos y estructurales de los techos y armaduras de maderas del edificio renacentista, las causas de su degradación y las propuestas de conservación y restauración (Fig. 10-11) en el marco del Plan Director del Hospital Real constituye un instrumento imprescindible y un documento base para la intervención⁹.

⁸ BRANDI 1963.

⁹ Es esencial que exista un proceso continuo de ida y vuelta entre la documentación histórica y la propia obra. La investigación histórica vinculada a la restauración es de por sí intencionada. No se trata de saber todo lo posible sobre el edificio, la sociedad en la época en que se hizo o la historia de los personajes que lo habitaron. Se trata de saber sobre todo qué formas de uso, alteraciones, adiciones, intervenciones, criterios de diseño, técnicas constructivas y solucio-

nes espaciales tuvo la obra que se va a restaurar. Todo proceso de intervención en un edificio precisa un conocimiento exhaustivo de todos aquellos niveles en los que se manifiesta. La consideración de edificio histórico implica el estudio riguroso de su evolución constructiva, dilucidando todos aquellos momentos de cambio que han ido puliendo su fisonomía, hasta la percepción actual. Llegados a este punto, resulta imprescindible un método que regule dicho análisis. Cfr.: SANPAOLESI 1977; FIORANI 2004.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AA.VV. 2001: AA.VV., *Granada: su transformación en el s. XVI*. Ed. Ayuntamiento de Granada, Granada 2001
- BRANDI 1963: C. Brandi, *Teoria del Restauro*, Edizioni di Storia e Letteratura, Torino 1963
- CARBONARA 1990: G. Carbonara, *Restauro dei monumenti. Guida agli elaborati grafici*, Liguori, Napoli 1990
- CASTELLANO CASTELLANO, SÁNCHEZ-MONTES GONZÁLES 2001: J.L. Castellano Castellano, F. Sánchez-Montes Gonzáles (coords), *Carlos V. Europeísmo y Universalidad*, Actas del Congreso International, Granada 2000, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, Madrid 2001, vol. V
- DÍEZ DEL CORRAL GARNICA 1986: R. Díez del Corral Garnica, *La introducción del Renacimiento en Toledo: El Hospital de Santa Cruz*, in «Academia: Boletín de la Real Academia de San Fernando», 62, 1986, pp. 161-182
- DE JONGE, VAN BALEN 2002: K. De Jonge, K. Van Balen (eds), *Preparatory Architectural Investigation in the Restoration of Historical Building*, Leuven University Press, Leuven 2002
- ESTEBAN CHAPAPRÍA 1991: J. Esteban Chapapría, *Estudios previos a la restauración de monumentos*, en Á.L. Fernández Muñoz, (coord), *Restauración arquitectónica*, Universidad de Valladolid, Valladolid 1991, pp. 159-176
- FÉLEZ LUBELZA 1973: C. Félez Lubelza, *El Hospital Real*, Ed. Caja de Ahorros de Granada, Granada 1973
- FÉLEZ LUBELZA 1979: C. Félez Lubelza, *El Hospital Real de Granada. Los comienzos de la arquitectura pública*. Ed. Urania, Granada 1979
- FÉLEZ LUBELZA 1988: C. Félez Lubelza, *Iniciativas, programas y organización en la arquitectura cortesana del siglo XVI*, in E.E. Rosenthal et al., *Seminario sobre Arquitectura Imperial*, Ed. Universidad de Granada, Granada 1988, pp. 45-62
- FÉLEZ LUBELZA 1990: C. Félez Lubelza, *El Hospital Real*. Ed. Universidad de Granada, Granada 1990
- FILARETE: Filarete, *Tratado de Arquitectura*, (Edición de Pilar Pedraza), Ed. Ephialte, Instituto de Estudios Iconográficos, Vitoria 1990
- FIORANI 2004: D. Fiorani, *Restauro architettonico e strumento informatico. Guida agli elaborati grafici*, Liguori, Napoli 2004
- GALERA MENDOZA 2000: M.E. Galera Mendoza, *Noticias sobre algunas de las primeras reformas urbanas de la ciudad de Granada tras la conquista (1497-1513)*, in «Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada», 31, 2000, pp. 9-21
- GALLEGO BURÍN 1982: A. Gallego Burín, *Granada. Guía artística e histórica de la ciudad*, Ed. Don Quijote, Granada 1982
- GILA MEDINA 2006: L. Gila Medina, *Corpus documental del Hospital Real*, in M.E. Galera Mendoza (coord), *Obras maestras del patrimonio de la Universidad de Granada*, Editorial Universidad de Granada, Granada 2006, pp. 355-393
- GÓMEZ-MORENO GONZÁLEZ 1892: M. Gómez-Moreno González, *Guía de Granada*, Imp. de Indalecio Ventura, Granada 1892
- GÓMEZ-MORENO MARTÍNEZ 2001: M. Gómez-Moreno Martínez, *La Carpintería en Granada*, Documentos y Estudios de Arte granadino, 2, Instituto Gómez-Moreno de la Fundación Rodríguez-Acosta, Granada 2001

- GUTIÉRREZ 1997: R. Gutiérrez, *Las fuentes históricas y la heurística*, en C. Aymat (coord), *Teoría e Historia de la restauración*, Máster de Restauración y Rehabilitación del Patrimonio, Munilla-Lería, 1997, pp. 172-179
- GUTIÉRREZ, VIÑUALES 1997: R. Gutiérrez, G.M. Viñuales, *La documentación histórica y la restauración arquitectónica*, en C. Aymat (coord), *Teoría e Historia de la restauración*, Máster de Restauración y Rehabilitación del Patrimonio, Munilla-Lería, 1997, pp. 190-199
- HENARES CUELLAR, LÓPEZ GUZMÁN 1989: I. Henares Cuellar, R. López Guzmán, *Arquitectura mudéjar granadina*, Caja General de Ahorros y Monte de Piedad de Granada, Granada 1989
- KAGAN 1986: R.L. Kagan, (coord), *Ciudades del Siglo de Oro. Las vistas españolas de Anton Van den Wyngaerde*, El Viso, Madrid 1986
- LÓPEZ GUZMÁN 1987: R. López Guzmán, *Tradición y Clasicismo en la Granada del XVI. Arquitectura civil y urbanismo*, Diputación Provincial de Granada, Granada 1987
- LÓPEZ GUZMÁN 1992: R. López Guzmán, *Arquitectura y Carpintería Mudéjar en Nueva España*, Azabache, México 1992
- MARINO 1981: L. Marino, *Il progetto di restauro*, Ed. Alinea, Firenze 1981
- NUERE MATAUCO 1981: E. Nuere Matauco, *Restauracion de la carpintería mudéjar siguiendo las reglas de la carpintería dictadaspor D. Lopez de Arenas en 1619*, Actas del II Simposio Internacional de Mudejarismo, Teruel 1981, pp. 343-360.
- NUERE MATAUCO 1982: E. Nuere Matauco, *Los cartabones como instrumento exclusivo para el trazado de lacerias. La realización de sistemas decorativos geométricos hispano-musulmanes, mit Tafel 64-68 Textabbildungen*, in «Madrider Mitteilungen», 1982, n. 23, pp. 372-427
- NUERE MATAUCO 1989: E. Nuere Matauco, *La carpintería de armar española*, Ministerio de Cultura, Madrid, 1989
- NUERE MATAUCO 2008: E. Nuere Matauco, *La carpintería de armar española*, Editorial Munilla-Lería, Madrid 2008
- PARENTI 1993-1994: R. Parenti, *La edilicia histórica, la estratigrafía mural y la transcripción de las fuentes documentales*, in «Cuadernos de la Alhambra», 1993-1994, 29-30, pp. 57-76
- PÉREZ AMUCHASTEGUI, CASSANI 1997: A. Pérez Amuchastegui, J.L. Cassani, *Metodología de la investigación histórica, la heurística y la clasificación de fuentes*, en C. Aymat (coord), *Teoría e Historia de la restauración*, Máster de Restauración y Rehabilitación del Patrimonio, Munilla-Lería, 1997, pp. 180-189
- ROSENTHAL *et al.* 1988: E.E. Rosenthal *et al.*, *Seminario sobre Arquitectura Imperial*, Ed. Universidad de Granada, Granada 1988
- ROSENTHAL 2001: E.E. Rosenthal, *Los programas imperiales. El Renacimiento español y los programas arquitectónicos imperiales en Granada*, in AA.VV., *Granada, la ciudad Carolina y la Universidad*, Ajuntament de Barcelona, pp. 59-72
- SANPAOLESI 1977: P. Sanpaolesi, *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*, Edam, Firenze 1977
- TORRES BALBÁS 1957: L. Torres Balbás, *Cementerios hispanomusulmanes*, in «Al-Ándalus», XXII, 1957, pp. 131-191

Lo studio delle malte antiche per la formazione multidisciplinare: insegnamenti ed eredità di Giorgio Torraca

ELISABETTA GIORGI, CARLA BARTOLOMUCCI, MARIA LAURA SANTARELLI

Premessa

Lo studio delle superfici architettoniche ha spesso sollecitato un confronto tra differenti discipline umanistiche e scientifiche, come la storia dell'arte, l'architettura, il restauro o la chimica. In particolare, la lettura delle finiture architettoniche, degli intonaci più o meno decorati, delle malte di allettamento e degli stucchi, è come per nessun altro materiale costitutivo, il vero 'bordo' di scambio tra le diverse figure presenti in un cantiere di restauro¹. Basti pensare all'affresco o, per meglio dire, al dipinto murale, che per il restauratore è pellicola pittorica e tavolozza dell'autore da conservare nella sua integrità, per lo storico dell'arte oggetto di ricerca iconografica e storiografica, per il chimico e, in generale, per il *conservation scientist* materia caratterizzabile nelle sue più minute componenti, per l'architetto non solo superficie da studiare per comprendere le forme e la figuratività dello spazio, ma anche documento materiale per conoscere e interpretare la materia di supporto dell'affresco, cioè la costruzione stessa².

L'osservazione attenta dei materiali costitutivi delle superfici architettoniche, d'altra parte, non si limita a fornire una conoscenza 'epidermica' dell'oggetto, ma contribuisce alla comprensione storico-critica del manufatto e delle sue vicende costruttive e conservative.

¹ Il termine 'bordo' era frequentemente usato nelle conversazioni con Torraca per identificare il campo di confronto tra discipline diverse.

² Il dialogo tra specialisti nel campo del restauro, aperto e guidato per diversi anni da Giorgio Torraca, si ripropone ancora oggi e sempre più spesso come attuale e ricco di ulteriori spunti di riflessione. G.T. (così come amava lui stesso siglare il suo nome su documenti e lettere) ha fornito a gran parte della generazione di chi scrive una serie di preziosi strumenti di lettura adeguati a un uso trasversale e utile a tutti gli addetti ai la-

vori nel campo della conservazione dei beni culturali. L'impegno nel formare architetti in grado di affrontare tematiche inerenti alla chimica dei materiali, svolto nella Scuola di Specializzazione in Restauro dei Monumenti della "Sapienza" - Università di Roma, ha fatto sì che nei cantieri di restauro da lui seguiti si operasse in termini di effettiva multidisciplinarietà. Il concetto basilare era quello di coniugare l'esperienza di laboratorio con quella di cantiere, ove tutti partecipavano con opinioni e suggerimenti.

La Documentazione grafica come metodologia per la multidisciplinarietà

Fu Giorgio Torraca, chimico per formazione e studioso di grande apertura e finezza intellettuale, ad avviare una sistematica opera di classificazione e indicizzazione dei dati storico-conservativi finalizzata alla costruzione di quella che definì da subito “la cartella clinica del monumento”. Ciò soprattutto perché, in qualità di scienziato, aveva notato il grave ‘scollamento’ metodologico esistente fra gli architetti e il mondo della diagnostica. Su tale tema le autrici lavorarono con lui e altri studiosi³, spesso direttamente in cantiere e sui ponteggi (occasioni in cui Torraca mostrava un’attenzione e una cura minuziosa per ogni piccolo dettaglio dell’opera) ma anche nel suo studio professionale⁴ o nei laboratori di ricerca nazionali come quelli del CNR⁵, e internazionali come quelli del Getty Conservation Institute⁶ nonché nei gruppi di lavoro della commissione NorMAL per la documentazione grafica, lo studio e la caratterizzazione dei materiali costitutivi, la valutazione dei metodi e dei prodotti per la conservazione del patrimonio culturale⁷.

³ Tra i quali si ricordano Paolo e Laura Mora che, insieme a Torraca, hanno fornito un contributo importantissimo alla scienza del restauro.

⁴ Dopo aver lasciato l’ICCROM nel 1986, Giorgio Torraca ha continuato a svolgere la propria attività nel campo della conservazione dei beni culturali creando lo studio Arcotech, che ha sviluppato e seguito un gran numero di progetti di restauro, in collaborazione con istituzioni pubbliche come Soprintendenze, Ministeri o fondazioni private. L’archivio presso il suo studio conserva ancora il materiale raccolto in questi anni di lavoro, relativo sia al patrimonio architettonico, sia a quello archeologico. La distribuzione geografica delle sue attività è stata molto ampia e la maggior parte dei dossier concernono edifici e siti di primaria importanza, dal Colosseo alla chiesa di S. Andrea della Valle, dal *Tabularium* alla *Domus Aurea* e al Foro Romano a Roma, dalla Torre di Pisa alle Cappelle Sistina e Paolina in Vaticano, oltre ai siti archeologici di Ercolano, Pompei, *Paestum*, Segesta e le missioni internazionali a Rodi, Cipro, Marocco e Göreme in Cappadocia. Ogni progetto è stato documentato con cura, affiancando campioni, fotografie e diapositive; i documenti sono riuniti in circa 138 scatole di cartone. Attualmente l’archivio di Giorgio Torraca è stato riconosciuto dal MIBACT quale bene oggetto d’interesse.

⁵ Presso l’ICVBC-CNR di Roma (Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali, ex Centro di Studio per le Cause di Depperimento e i Metodi di Conservazione delle Opere d’arte “M. Paribeni”) vennero avviate nel 2004-2005 da Carla Bartolomucci alcune sperimentazioni per studiare l’invecchiamento artificiale di

materiali utilizzati nel restauro (es. campioni di malte per la stuccatura delle mura di Ninfa), allo scopo di definire delle Linee Guida per le malte da restauro (progetto di norma proposta da Torraca).

⁶ Giorgio Torraca è stato consulente e collaboratore scientifico presso il Getty Conservation Institute (GCI) per molti progetti nei quali approfondì anche il tema della documentazione.

⁷ NorMAL (NORmalizzazione MATERIALi Lapidei) è una commissione nata nel 1977, su iniziativa di un gruppo di studiosi del Consiglio Nazionale delle Ricerche e dell’Istituto Centrale per il Restauro (oggi Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro), al fine d’individuare metodologie di studio unificate e specifiche per il settore della conservazione dei materiali lapidei. Dopo una iniziale suddivisione in quattro gruppi di lavoro sulla base delle tematiche affrontate (di natura chimica, petrografica, biologica, fisico-meccanica), dal 1996 la commissione NorMAL è confluita nell’UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) raccogliendo numerosi gruppi di lavoro, in riferimento agli attuali *Working Groups* del Comitato Europeo di Normativa CEN/TC 346 *Conservation of Cultural Heritage* nato nel 2004 (Linee guida e terminologia, Caratterizzazione e analisi dei materiali porosi, Valutazione di metodi e prodotti utilizzati negli interventi di conservazione, Ambiente, Metodi di trasporto, Legno, Strutture, Biologia). Rispetto alle iniziali premesse di multidisciplinarietà, si registra oggi nei gruppi e sottogruppi di lavoro UNI-CEN una frammentazione di argomenti forse eccessiva, in cui le singole specificità rischiano di smarrire la capacità di sintesi critica di cui Giorgio Torraca è stato testimone esemplare.

La sfida era quella di dare il giusto peso a ogni singolo dato derivante dalle osservazioni *in situ* e dalle indagini diagnostiche, collocando ogni informazione “nel punto esatto a cui essa si riferisce” e partendo dal presupposto che, volendo rendere gestibile e consultabile una documentazione preziosa ai fini conservativi anche nel futuro, questa dovesse essere non solo facilmente comprensibile, ma anche agevolmente duplicata⁸. Fu nel 1991, in occasione del convegno *Representation: the relationship between language and image*, che venne affrontato dallo studioso per la prima volta in maniera significativa il problema del rapporto fra percezione e interpretazione⁹.

I medesimi presupposti verranno sviluppati, anche con l'ausilio di nuovi strumenti, nei decenni successivi¹⁰: la “documentazione informatizzata” proposta da Torraca ha potuto definirsi anche grazie all'impiego di strumentazioni sempre più sofisticate, come i sistemi informativi di tipo geografico che sono in grado di ‘georiferire’ esattamente le informazioni anche in relazione a una ‘mappa verticale’ quale può essere una superficie architettonica¹¹.

L'attuale ‘esuberanza’ di dati informativi, favorita dalla facile disponibilità di strumentazioni tecniche potenti, ha determinato il costituirsi di un'attenzione prioritaria, a tratti addirittura prevaricante, per l'elaborazione grafica (intesa sia come rappresentazione/modellazione dell'oggetto, sia come interfaccia tra utente e dati analitici) rispetto all'obiettivo sostanziale della trasmissione dei dati a fini conservativi. Su questi argomenti, un particolare approfondimento è stato svolto anche nell'ottica della ‘conservazione programmata’, intesa non come ‘evento’ singolare dell'edificio storico, ma come processo continuo di monitoraggio e manutenzione¹².

Le indagini utili alla lettura dei materiali costitutivi tracciano le linee guida del progetto di restauro

Parallelamente, anche nel campo della diagnostica, le tecnologie d'indagine si sono sviluppate fino a consentirne un uso sempre più diffuso, dalle analisi *in situ* a quelle di laboratorio. Ma quanto queste sono effettivamente necessarie? Come scriveva Giorgio Torraca, “in realtà è diffuso il sospetto che questa fiorente attività contri-

⁸ A Giorgio Torraca si deve l'estensione del concetto di documentazione grafica operato attraverso esperienze di cantiere come quelle del chiostro di S. Chiara a Napoli e quella della facciata di Sant'Andrea della Valle a Roma, cfr. TORRACA 1991; MALLIET *et al.* 1994.

⁹ Cfr. LEVIALDI, BERNARDELLI 1994.

¹⁰ Per una panoramica sul tema della documentazione per il restauro, dalle prime esperienze ai più recenti sistemi informativi per la gestione delle informazioni (sia a livello generale, come la Carta del Rischio del Patrimonio Culturale dell'ISCR e il

SIGEC del MiBACT; sia a livello di singolo monumento, come per esempio il SICAR del MiBACT per la documentazione dei cantieri di restauro), vedi BARTOLOMUCCI 2008 e NEGRI 2014.

¹¹ Tra le prime sperimentazioni compiute in tal senso, il GIS per la documentazione del restauro della Torre di Pisa (CAPPONI 2004) e la ‘cartella clinica’ per la facciata di S. Maria di Collemaggio a L'Aquila (BARTOLOMUCCI 2004).

¹² DELLA TORRE 2014.

buisca in modo limitato alla qualità dei restauri e costituisca più che altro un elegante paravento, al riparo del quale gli addetti ai lavori operano senza vedere”¹³. Su queste considerazioni s’inserisce il ruolo dello specialista in conservazione dei materiali antichi, che fornisce un utile supporto alla comprensione dell’opera architettonica attraverso la caratterizzazione delle sue componenti materiali, con osservazioni dirette e ripetute, tracciando e appuntando ogni elemento significativo. Su questa base grafica di supporto (*impalcato*) vengono evidenziati i materiali costitutivi, lapidei naturali e artificiali (intonaco, laterizio, stucchi).

Un punto d’incontro tra le diverse professionalità coinvolte nel progetto conservativo è, per esempio, l’individuazione e messa a punto delle sezioni lucide delle malte, che si possono considerare un primo livello d’indagine di laboratorio, in parte gestibile dagli architetti con formazione specialistica.

Le malte rappresentano un importante materiale costitutivo dell’architettura tradizionale, condizionando esse non solo la costituzione e la protezione della muratura, ma anche l’aspetto esteriore della fabbrica, ad esempio simulando, nei rivestimenti ad intonaco, la presenza di materiali diversi o comunque partecipando, come semplice giunto di allettamento, alla definizione della *texture* superficiale dei fronti esterni. Gli intonaci e le malte, inoltre, sono un’importante fonte d’informazione relativamente alla vicenda storico-costruttiva dell’edificio, cosicché una sostituzione generalizzata, oggi piuttosto frequente nell’edilizia storica, è da ritenersi inopportuna¹⁴.

La comprensione profonda delle condizioni di conservazione di un intonaco fornisce le informazioni necessarie, se ben calibrate e indicizzate, a organizzare l’intervento entro un percorso coerente per lessico e procedure conservative¹⁵. Le tecniche esecutive degli intonaci tradizionali sono state ormai classificate da parte della letteratura specialistica: i rivestimenti sono realizzati con una sovrapposizione progressiva di strati, da riconoscersi tramite la realizzazione di tasselli (o scalette cromatiche, in presenza di sovrapposizioni cromatiche), con cui il restauratore indaga le diverse fasi avvicinandosi allo strato più profondo.

La lettura delle malte non sempre genera risultati soddisfacenti: a volte vengono posti obiettivi troppo ‘alti’ o, ancor peggio, si pensa che le indagini diagnostiche di per sé possano essere risolutive o addirittura sostituire una paziente e approfondita indagine storico conoscitiva; soprattutto, bisogna considerare che nessuna risposta può essere data se la domanda è formulata nel modo errato. In tal senso è fondamentale definire bene, prima di procedere alla campionatura, l’obiettivo da raggiungere.

¹³ TORRACA 2007.

¹⁴ L’intonaco può considerarsi una sorta di ‘pelle’, il cui stato di salute comunica le condizioni generali del paziente (una lesione visibile sulla superficie intonacata può nascondere una sofferenza forse più grave).

¹⁵ Si ritiene importante ricordare che lo stato di fatto rappresenta la ‘famiglia’ di dati relativi agli interventi precedenti e allo stato di conservazione (vedi SACCO 2002). La scarsa chiarezza nel redigere la documentazione utile al progetto di restauro genera non pochi problemi nella fondamentale

Nell'onestà scientifica che deve caratterizzare una ricerca sulle malte storiche, si deve tenere presente che il campione, inteso come frammento materiale selezionato, è solo una parte del 'tutto' e la sua lettura, pertanto, comporta osservazioni parziali a uso descrittivo dell'intero, come una sorta di censimento (o indagine, sondaggio, *survey*). La difficoltà intrinseca in questo procedimento, considerata in parallelo con l'invasività dell'operazione, deve necessariamente comportare la formulazione di un preciso progetto diagnostico preliminare. La successiva organizzazione dei dati raccolti definirà una generalizzazione dei risultati detta 'inferenza'¹⁶.

In altre parole, la campionatura verrà effettuata solo dopo aver redatto un elenco ragionato dei punti nodali, limitando il numero di prelievi (stabiliti sulla base di una localizzazione ragionata 'a priori') e la loro dimensione (stabilita in funzione delle necessità di analisi). Tali punti saranno definiti sulla base di criteri conservativi e dell'esigenza di non contaminare il frammento; ogni prelievo dovrà garantire il giusto rapporto tra 'rappresentatività' del tutto e 'invasività', assicurando la prima e limitando la seconda. Nella fase di campionamento si dovrà eseguire un'attenta campagna fotografica, accompagnata da una descrizione scritta delle operazioni effettuate. Ogni campione dovrà avere un suo codice di riferimento, che lo renderà univoco, e dovrà essere 'geolocalizzato' su grafico appropriato. Quanto descritto sino ad ora è necessario per la realizzazione delle *cross-section* (sezioni lucide), ma è generalmente valido per qualsiasi tipo d'indagine puntuale. Le sezioni lucide, nella loro organizzazione, possono essere ritenute 'selettore primario' delle indagini e della diagnostica; grazie ad esse, infatti, si può realizzare un programma di studio specifico necessario alla comprensione delle singole componenti materiali.

Lo scienziato esperto dei beni culturali come figura complementare per architetti, ingegneri e restauratori

Lo scienziato esperto di beni culturali¹⁷ è diventato una figura importante nell'ambito delle ricerche archeologiche e architettoniche: le esperienze condotte sul campo nel corso degli ultimi trent'anni hanno infatti consentito di calibrare progressivamente una vera e propria scienza della diagnostica e dell'archeometria, in grado di affiancare gli studi di natura storica e tecnica finalizzati alla conservazione e al restauro.

Inizialmente tale figura era costituita da un professionista con formazione specifica in campo chimico, fisico, geologico e biologico, prestato agli studi degli storici, archeologi, ingegneri e architetti, applicando la sua specifica competenza per la comprensione della natura dei materiali e del loro degrado. Attualmente esistono percorsi

fase di selezione critica su cosa mantenere e cosa rimuovere.

¹⁶ Il termine inferenza, preso in prestito dal mondo della statistica, definisce in questo caso la gene-

ralizzazione dei risultati ottenuti da una rilevazione per campioni.

¹⁷ TORRACA 1999.

formativi specifici per la diagnostica dei beni culturali, che tendono a un esercizio interdisciplinare tra formazioni di natura umanistica e scientifica.

L'attenzione per la divulgazione della conoscenza scientifica ricorre nell'esperienza di Torracca, il quale ha sempre esplicitato i vantaggi legati alla formulazione di un'informativa semplice, che possa essere facilmente compresa anche da chi non possiede competenze tecniche, indirizzando il proprio insegnamento e la sua ricerca anche su questa strada. Nei suoi scritti il rigore scientifico si coniuga con questa semplicità di espressione, per accrescere la possibilità di comunicazione tra esperti di diversi settori e consentire una sintesi critica delle varie conoscenze. L'esperienza di Torracca testimonia l'importanza e la necessità di un dialogo reciproco tra architetto restauratore e scienziato, in cui quest'ultimo apprende il linguaggio del primo e lo trasforma in uno strumento per l'evoluzione della conoscenza comune. La sinergia delle esperienze porta a valutare lo stato di conservazione dell'esistente, a identificare la conoscenza tecnica e costruttiva, a definire l'intervento conservativo.

L'analisi diagnostica rappresenta un valido supporto sia per le indagini di tipo conoscitivo (analisi archeometrica)¹⁸, sia per quelle finalizzate alla conservazione (analisi conservativa)¹⁹, aiutando l'architetto conservatore e il restauratore a definire la natura dei materiali, lo stato di degrado, la tecnica costruttiva e gli interventi conservativi. La domanda rivolta allo scienziato diventa dunque analitica; è questi che deve aiutare la scelta dell'indagine da condurre in funzione della domanda e della risposta che si vuole ottenere.

L'approccio nella campionatura e le tipologie di analisi, dunque, devono essere selezionate dallo scienziato per definire il giusto protocollo diagnostico in funzione delle necessità. Il rapporto finale è l'elemento di sintesi che deve riportare tutti i risul-

¹⁸ Un esempio di diagnostica analitica che diventa indagine archeometrica è lo studio sviluppato dagli autori con Torracca, che continua anche oltre la sua scomparsa. L'indagine delle malte, avviata venti anni fa con la tesi di laurea in Chimica elaborata da Maria Laura Santarelli, proponeva l'uso di una tecnica analitica quale l'analisi termica da applicarsi sistematicamente su diversi campioni di malte romane per costituire una banca dati. Attualmente tale raccolta è costituita dai risultati di più di 2000 analisi. Dai primi campioni che hanno portato ad una iniziale classificazione tipologica (CHIARI, SANTARELLI, TORRACCA 1992; CHIARI *et al.* 1996) si è via via giunti all'identificazione di precise tecniche costruttive basate sull'impiego della pozzolana nelle malte di allettamento e negli intonaci.

¹⁹ Un esempio di analisi conservativa che combina la conoscenza della tecnica costruttiva (composizione delle malte, realizzazione del calcestruzzo romano, identificazione della struttura delle casereforme) attraverso studi condotti con archeologi,

ingegneri, architetti e scienziati è stato lo studio del microclima e della sua interazione con i materiali costitutivi delle strutture murarie nella *Domus Aurea*, che fu condotto dal CISTeC (Centro di Ricerca in Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico dell'Università di Roma "Sapienza") di cui Torracca è stato uno dei fondatori (cfr. <http://web.uniroma1.it/cistec/>). Il continuo monitoraggio effettuato non solo con un sistema fisso di rilevamento, ma anche a livello di valutazione fluidodinamica 3D dell'interazione tra superficie delle murature e microclima, abbinato alle indagini diagnostiche per la conoscenza del materiale, della sua qualità e del suo degrado superficiale, ha consentito di predire e suggerito interventi specifici e locali per la conservazione del monumento, aiutando la conservazione di superfici considerate alla stregua di superfici pittoriche, come nella Sala Ottagonale, seguendo la logica del minimo intervento e della minima invasività (SANTARELLI *et al.* 2004, ALBERO *et al.* 2004).

tati scientifici, ma anche l'interpretazione di essi in termini semplificati e comprensibili a tutti. Esso deve essere interpretabile non solo da parte di un altro scienziato, ma anche di altri attori del processo conservativo, compresi coloro che sono privi di conoscenze scientifiche specifiche ma che possono comunque arricchire il dato conoscitivo e collaborare alla definizione dell'intervento.

Il Laboratorio di Analisi dei Materiali tra ricerca e didattica

L'acquisizione di un primo livello di approfondimento conoscitivo del materiale della preesistenza attraverso la sua caratterizzazione e lo studio attento delle fasi di produzione dello stesso²⁰ sono opportuni già nella prima fase investigativa che deve essere affrontata dall'architetto restauratore e per tale scopo è stato creato un apposito Laboratorio dei Materiali presso l'Università di Roma "La Sapienza"²¹.

L'approccio metodologico del laboratorio è stato in gran parte mutuato da quanto messo a punto dallo stesso Torracca in diversi cantieri-scuola, soprattutto a Sermone-
ta (LT), e condiviso dai corsi organizzati da Torracca presso l'ICCROM (come il *Mural Painting Course - MPC*, l'*Architectural Conservation Course - ACC*, e lo *Stone Conservation*) e presso la Scuola di Specializzazione in Restauro dei Monumenti di Roma²².

Tra le attività del laboratorio si ricorda l'apporto dato dal cantiere-studio condotto all'interno del monastero dei SS. Quattro Coronati a Roma²³, che ha consentito nel tempo l'esercizio di approfondimenti diversi, per esempio relativamente al restauro della fontana del chiostro. L'intervento su una fontana storica è questione piuttosto complessa, in quanto richiede l'attuazione di specifici presidi conservativi su materiali diversi (marmo, metalli e malte), disposti all'aperto e sottoposti all'azione costante di acqua ruscellante. Le indagini chimico-fisiche sono state approntate dopo l'esecuzione del rilievo metrico-dimensionale e l'approfondimento di questioni di natura storico archivistica²⁴.

²⁰ Fondamentale per la comprensione delle fasi produttive legate allo studio di un sito: MANNONI, GIANNICHEDDA 2003.

²¹ Il Laboratorio di Analisi dei Materiali ('Sperimentale') del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura nella sede di piazza Borghese è stato istituito negli scorsi anni '90 per sensibilizzare e indirizzare gli architetti restauratori verso le 'questioni conservative' utili al progetto di restauro. Con la responsabilità scientifica del prof. Paolo Fancelli fino al 2014, poi della prof.ssa Donatella Fiorani, e con responsabilità tecnica dell'arch. Elisabetta Giorgi, ha svolto l'attività di assistenza a numerose tesi di laurea in Restauro Architettonico, tesi di diploma della Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio, nonché tesi di dottorato.

²² Per diversi anni, Giorgio Torracca verificò con gli specializzandi e il gruppo di ricerca ICCROM le

diverse miscele (Malta ICCROM) per il consolidamento di intonaci e materiale lapideo, confezionate direttamente in cantiere (JOKILEHTO 2011). Gli intonaci del castello di Sermone-
ta sono stati consolidati, puliti, reintegrati da architetti e restauratori sia dell'ICCROM che dell'ICR.

²³ L'intervento sulla fontana fu finanziato dalla famiglia Marra ed eseguito dalla Ditta Francesca Matera con la supervisione di Elisabetta Giorgi, come lotto di lavori del più generale intervento sul chiostro supervisionato da Giovanni Carbonara e diretto da Lia Barelli (cfr. BARELLI 2006, CARBONARA *et al.* 2011).

²⁴ Durante le fasi di restauro del cantaro si eseguirono dei prelievi delle patine e delle stratificazioni presenti sulla superficie del materiale lapideo che costituisce la vasca. Lo scopo dello studio è stato quello di distinguere le patine originali, quelle di

Individuate tutte le componenti di degrado, la scelta conservativa doveva necessariamente essere semplice (la manutenzione era ed è tuttora operazione svolta dalle monache di clausura custodi del chiostro) e non doveva prevedere alcun tipo di filtro per l'acqua, poiché avrebbe comportato costi aggiuntivi con risultati forse discutibili; lo zampillo dell'acqua, poi, doveva rimanere invariato, come anche la presenza dei pesci rossi all'interno della vasca inferiore. La scelta progettuale di base prevedeva la massima conservazione dell'assetto conferito alla fabbrica da parte dell'intervento di Antonio Muñoz nel 1914. Il problema tecnico principale era dovuto al ruscigliamento dell'acqua previsto nella fontana come specifica necessità iconografica. L'acqua aveva generato molti strati di calcare sia nella parte antica sia nella vasca sottostante (inserita da Muñoz); il deposito nascondeva i particolari scultorei, rendendo anche illeggibili le eventuali presenze di finiture. Dalle analisi si comprese che le patine presenti nel cantaro erano in prevalenza dovute all'azione di ricarbonatazione dell'acqua, mentre sul materiale lapideo del restauro del 1914 sono state rintracciate maltine di calce e pozzolana finissima, presumibilmente stese per uniformare le diverse superfici.

Un altro cantiere significativo per l'occasione di studio svolto sul materiale di scavo è stato quello dell'antico orto del monastero benedettino nel complesso di S. Paolo fuori le Mura²⁵. La ricerca è stata indirizzata alla comprensione del rapporto tra la produzione dei materiali e il cantiere. Durante lo scavo sono stati rinvenuti i bacini di lavorazione per gli impasti delle differenti tipologie di malte; il lavoro di ricerca si è basato sul confronto fra le componenti materiali rinvenute nelle malte in opera con quelle in lavorazione. Lo studio delle malte dal punto di vista tecnologico, l'appartenenza di queste a una specifica tipologia (di allettamento o di finitura, per citare le principali), l'affidabilità dell'impasto in fase esecutiva e lo stato di conservazione definiscono dati utili all'inquadramento storico della fase produttiva. Per il sito archeologico studiato, è stata dimostrata la corrispondenza tra la malta di allettamento dell'apparecchiatura muraria e quella delle vasche di lavorazione²⁶.

L'interesse di questa ricerca è stato determinato dalla compresenza di figure professionali differenti, testimonianza di come lo studio di 'semplici' malte antiche possa generare, se ben progettato, informazioni utili allo studio di un sito.

restauro e distinguerle dalle stratificazioni dovute all'acqua della fontana stessa.

²⁵ La ricerca in questione si è svolta all'interno del Laboratorio di analisi dei Materiali del Dipartimento di Storia Disegno e Restauro dell'Architettura con sopralluoghi *in situ*. Tutto il lavoro è stato coordinato da Daniela Esposito della Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio di Sapienza e da Lucrezia Spera dell'Università Tor Vergata, vedi SPERA, ESPOSITO, GIORGI 2011.

²⁶ Furono individuate in pianta le 'annessioni' o 'pertinenze' tra strutture murarie e luoghi di cantiere attivo (di produzione), si eseguirono delle

comparazioni dirette dal punto di vista compositivo tra alcune malte in opera e alcune residuali di fossa attraverso sezioni lucide. Il frazionamento dei blocchi di materiale prelevato dai bacini (chiamati pani) venne eseguito a spacco, ossia non tagliando a filo di sega lo spessore ma rompendo a secco (questo fu deciso insieme a Torraca che in quell'occasione convenne sul fatto che solo operando così avremmo potuto non inquinare la sezione di taglio). Si dimostrò, quindi, che in alcuni casi l'aggregato era molto più vagliato che in altri, segnale di stratificazioni di varie fasi esecutive.

In senso molto più ampio si pone, in questo momento, l'attuale ricerca dal titolo *Built Heritage Information Modelling/Management* (BHIM)²⁷, in cui la multidisciplinarietà, la gestione collaborativa delle informazioni sul patrimonio costruito, le tecnologie digitali diventano componenti di ricerca e obiettivi su cui lavorare attraverso la messa a sistema di un lessico che permetta la comunicazione tra attori diversi. Lo sforzo scientifico è quello di arrivare alla progettazione di un modello informatico che consenta di rappresentare e gestire efficacemente la conoscenza acquisita nel corso delle indagini propedeutiche al progetto; tale modello nasce dalla elaborazione del BKM (*Building Knowledge Modeling*)²⁸ e propone di realizzare quanto auspicato da anni, cioè avere un sistema integrato di gestione delle informazioni, che garantisca la mutua comprensione tra i diversi ambiti disciplinari che convergono nel progetto di restauro²⁹.

Conclusioni

Gli scritti di Giorgio Torraca, tradotti in molte lingue, hanno avuto una diffusione internazionale e rappresentano ancora oggi una solida base per la scienza e tecnologia dei materiali, nonché per la disciplina del restauro in generale.

Oltre ai contenuti propriamente scientifici, le frequenti riflessioni e considerazioni sui restauri eseguiti in passato e il confronto con le situazioni 'attuali' (di allora) tracciano possibili linee di ricerca per il futuro; la conoscenza puntuale di quanto eseguito su un manufatto e un attento monitoraggio delle condizioni di conservazione forniscono oggi molti elementi preziosi per la ricerca sui materiali per il restauro in relazione alla loro compatibilità e durabilità.

La 'cartella clinica' auspicata per ogni monumento si proponeva anche questo scopo; tuttavia nella prassi, nonostante gli strumenti informatici per l'archiviazione dei dati si siano evoluti notevolmente, gli esempi di documentazione esatta e rigorosa di quanto eseguito (indagini diagnostiche, interventi di restauro, materiali utilizzati) si presentano ancora come casi piuttosto isolati.

Anche dal punto di vista della diagnostica per il restauro, le possibilità d'indagine sono progredite considerevolmente insieme all'evolversi delle strumentazioni, ma spesso sembra carente un collegamento diretto ed efficace con il manufatto indagato,

²⁷ La ricerca si svolge nell'ambito del PRIN 2010-11 *Built Heritage Information Modelling/Management* - BHIM (coordinatore scientifico nazionale: Stefano Della Torre, responsabile scientifico dell'unità di ricerca "Sapienza" di Roma: Donatella Fiorani).

²⁸ Il BKM è un modello elaborato mediante il linguaggio informatico delle ontologie. Tale linguaggio consente la rappresentazione della conoscenza mediante la formalizzazione di concetti, i quali sono descritti grazie a 'definizioni' e 'proprietà'. Le prime chiariscono il significato, le seconde il contesto. Quest'ultimo viene rappresentato attraverso

una rete logica di relazioni che esprimono i rapporti con tutti gli ambiti potenzialmente coinvolti (storico, ambientale, fisico ecc.). Per approfondimenti si rinvia a CARRARA *et al.* 2014.

²⁹ L'obiettivo è che tutte quelle competenze, che sino a ieri spesso implodevano all'intorno del caso di studio o non riuscivano ad essere realmente integrate nel progetto, siano formalizzate in una struttura logica generale, fruibile sia dai singoli specialisti, che ne farebbero un uso settoriale, sia dai progettisti che ne dovrebbero garantire il controllo interdisciplinare.

dal punto di vista sia dei 'report' d'indagine (in cui la comprensibilità dei risultati può risultare compromessa da una campionatura non accuratamente documentata, o dalla confusione tra dati originali e interpretazione di essi), sia della sintesi interpretativa che ne dovrebbe derivare ma che, talvolta, risulta del tutto assente.

Dal punto di vista della cura dei materiali, infine, le attenzioni conservative sono progredite notevolmente nell'ambito del restauro monumentale (la conservazione delle superfici intonacate, per esempio, è generalmente abbastanza diffusa sugli edifici oggetto di tutela), ma non altrettanto può dirsi nella pratica professionale operante sugli edifici storici, in cui la sostituzione delle finiture risulta ancor oggi una prassi generalizzata.

In sintesi, l'eredità da preservare oggi – oltre gli insegnamenti diretti di Giorgio Torraca – sembra essere proprio la capacità di dialogo tra figure diverse³⁰, l'attenzione minuziosa per gli aspetti materiali dell'opera, l'esigenza di una "continua verifica critica dei risultati e delle teorie [che] determina il progresso della conoscenza"³¹.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- ALBERO *et al.* 2004: S. Albero, C. Giavarini, M.L. Santarelli, A. Vodret, *CFD modeling for the conservation of the gilded vault hall in the Domus Aurea*, in «Journal of Cultural Heritage», 5 (2), 2004, pp. 197-203
- BARELLI 2006: L. Barelli (a cura di), *La fontana del chiostro dei Ss. Quattro Coronati a Roma. Storia e restauri*, Viella, Roma 2006
- BARTOLOMUCCI 2003: C. Bartolomucci, *La documentazione su base informatica per la conoscenza e la conservazione programmata del patrimonio culturale*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», I, 2, 2003, pp. 163-174
- BARTOLOMUCCI 2004: C. Bartolomucci, *Una proposta di 'cartella clinica' per la conoscenza e la conservazione programmata del patrimonio culturale*, in «Arkos. Scienza e restauro dell'architettura», 5, 2004, pp. 59-65
- BARTOLOMUCCI 2008: C. Bartolomucci, *Nuovi metodi per la documentazione*, in G. Carbonara, *Trattato di Restauro Architettonico. Grandi temi di restauro. Secondo aggiornamento*, Utet, Torino 2008, vol. X, pp. 105-140
- CAPPONI 2004: G. Capponi, *L'invecchiamento e il degrado*, in G. Carbonara, *Atlante del Restauro*, tomo primo, Utet, Torino 2004, pp. 452-453
- CARBONARA *et al.* 2011: G. Carbonara, L. Barelli, E. Giorgi, A. Guiglia Guidobaldi, F. Matera, M. Morbidelli, M.L. Santarelli, *Il restauro della fontana del chiostro dei SS. Quattro Coronati a Roma*, in M. Pretelli, A. Ugolini (a cura di), *Le fontane storiche: eredità di un passato recente. Restauro, valorizzazione e gestione di un patrimonio complesso*, Alinea, Firenze 2011, pp. 32-39

³⁰ "La necessità di uscire dai confini della propria ristretta specializzazione per dare un senso alla propria attività è uno degli aspetti più interessanti

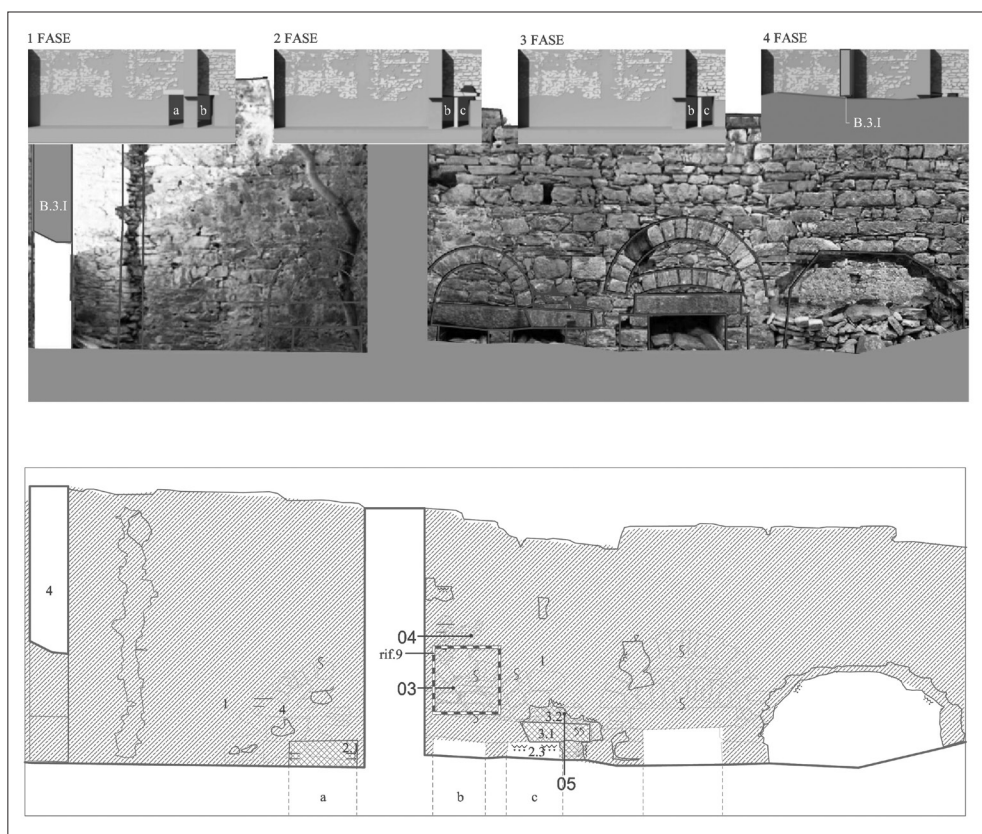
della professione dedicata alla conservazione del patrimonio architettonico" (TORRACA 2008, p. 37).

³¹ TORRACA 2008, p. 1.

- CARRARA *et al.* 2014: G. Carrara, A. Fioravanti, G. Loffreda, A. Trento, *Conoscere collaborare progettare. Teoria tecniche e applicazioni per la collaborazione in architettura*, Gangemi, Roma 2014
- CHIARI, SANTARELLI, TORRACA 1992: G. Chiari, M.L. Santarelli, G. Torraca, *Caratterizzazione delle malte antiche mediante l'analisi di campioni non frazionati*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», II, 1992, 3, pp. 111-137
- CHIARI *et al.* 1996: G. Chiari, L. Cimitan, G. della Ventura, M.G. Filetici, M.L. Santarelli, G. Torraca, *Le malte pozzolaniche del mausoleo di Sant'Elena e le pozzolane di Torpignattara*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», VI, 1996, 1, pp. 1-36
- DELLA TORRE 2014: S. Della Torre, *La programmazione degli interventi: qualità, modello di gestione, riconoscimento delle externalità positive*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», n.s., III, 5-6, 2014, pp. 107-117
- JOKILEHTO 2011: J. Jokilehto, *ICCROM and the Conservation of Cultural Heritage. A history of the organization's first 50 years: 1959-2009*, in «ICCROM Conservation Studies», 11, 2011, pp. 57-87
- LEVIALDI, BERNARDELLI 1994: S. Levialdi, C.E. Bernardelli (a cura di), *Representation: Relationship Between Language and Image*, Atti del convegno (Viterbo, 17-19 ottobre, 1991), World Scientific, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong 1994, pp. 151-175
- MALLIET *et al.* 1994: J. Malliet, G. Torraca, S. Rinaldi, E. Giorgi, *Computerized Recording of Documentation in the Restauration of Ancient Monuments*, in S. LEVIALDI, C.E. BERNARDELLI (a cura di), *Representation: Relationship Between Language and Image*, Atti del convegno (Viterbo, 17-19 ottobre 1991), World Scientific, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong 1994, pp. 151-175
- MANNONI, GIANNICCHEDDA 2003: T. Mannoni, E. Giannichedda, *Archeologia della produzione*, Piccola Biblioteca Einaudi Storia e Geografia, Torino 2003
- NEGRI 2014: A. Negri, *Conoscenza e catalogazione: la cooperazione tra sistemi informativi per la gestione dei dati prima e dopo l'emergenza*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», n.s., III, 5-6, 2014, pp. 55-80
- SACCO 2002: F. Sacco, *Sistematica della documentazione e progetto di restauro*, in «Bollettino ICR», n.s., 4, 2002, pp. 28-53
- SANTARELLI *et al.* 2004: M.L. Santarelli, G. Torraca, C. Giavarini, I. Iacopi, *Studi ambientali per la conservazione dei vani ipogei della Domus Aurea*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», II, 2004, 3-4, pp. 30-47
- SPERA, ESPOSITO, GIORGI 2011: L. Spera, D. Esposito, E. Giorgi, *Costruire a Roma nel Medioevo: Evidenze di Cantiere a San Paolo fuori le Mura*, in «Archeologia dell'Architettura», XVI, 2011, pp. 19-33
- TORRACA 1991: G. Torraca, *Il restauro conservativo della facciata della basilica di Sant'Andrea della Valle*, in *Basilica di Sant'Andrea della Valle*, CARIPLO, Roma 1991
- TORRACA 1999: G. Torraca, *The Scientist in Conservation*, in «The GCI Newsletter», n. 14.3 (Fall 1999), in http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/14_3/feature1_3.html [20/07/2015]
- TORRACA 2001: G. Torraca, *La cura dei materiali nel restauro dei monumenti*, a cura di M.P. Sette, Bonsignori, Roma 2001

TORRACA 2007: G. Torraca, *L'analisi delle malte nello studio e nella conservazione del patrimonio architettonico*, in M.P. Sette, M. Caperna, M. Docci, M.G. Turco (a cura di), *Saggi in onore di Gaetano Miarelli Mariani*, Bonsignori, Roma 2007, pp. 617-624

TORRACA 2008: G. Torraca, *Scienza, tecnologia e restauro*, in G. Carbonara, *Trattato di Restauro Architettónico. Grandi temi di restauro. Secondo aggiornamento*, Utet, Torino 2008, vol. X, pp. 1-40



Figg. 1-2. Il complesso termale di Iasos di Caria (Turchia), prospetti: restituzione in ortofoto e grafica di un tratto della struttura con evidenziazione delle US e delle relative fasi costruttive (tesi di laurea di Alessio La Paglia, Facoltà di Architettura, "Sapienza" - Università di Roma, 2011-2012, relatori proff. Donatella Fiorani, Alessandro Viscogliosi).

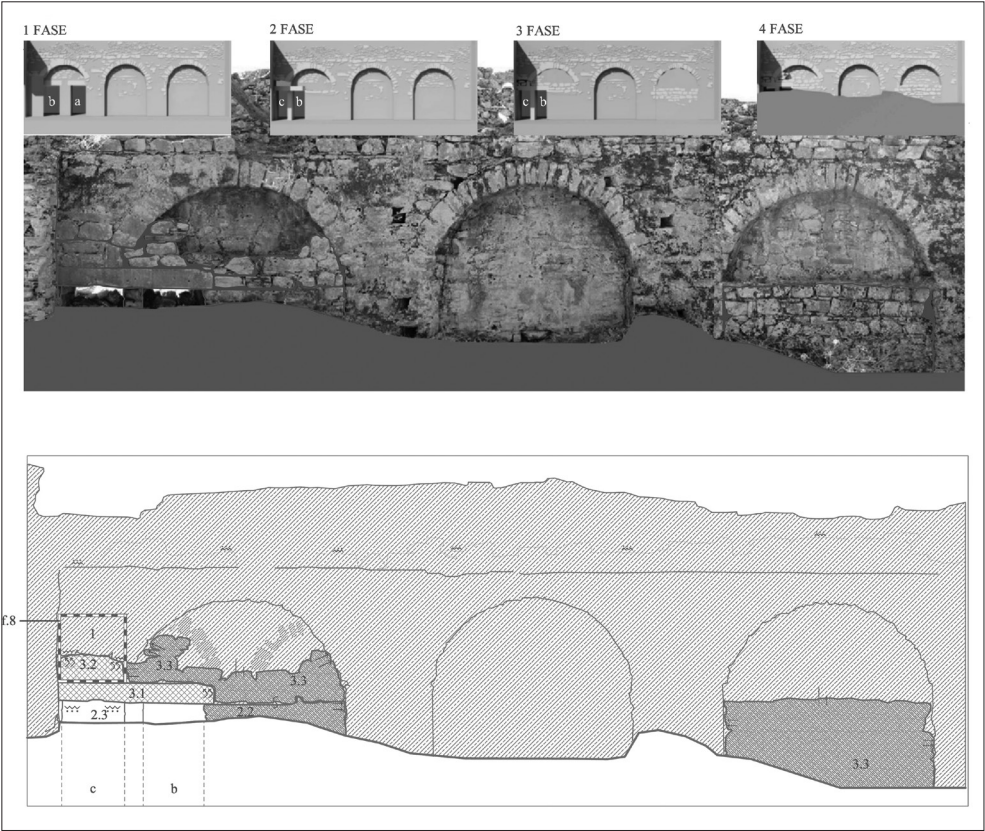


Fig. 3. Il complesso termale di Iasos di Caria (Turchia), analisi di un campione di malta di finitura con osservazione al microscopio ottico. La malta è in calce e polvere di marmo e presenta un cattivo stato di conservazione.

MALTA DI FINITURA			
CAMPIONE 01			
			
Indicazione del punto di prelievo del campione di malta 01: quota + 0.10 m	Immagine acquisita da fotografia digitale.	Immagini acquisite da scansione digitale.	Immagine acquisita da microscopio ottico, Euromex (10-70X) con macchina digitale Nikon D700
OSSERVAZIONI:			
Da una prima lettura al microscopio 4X, il campione risulta essere costituito da malta di colore biancastro, molto resistente, di grana sottile con clasti di colore grigio, nero, rosiccio, verdastro. Sulla superficie sono visibili cristalli, simili a dei sali.			
LEGANTE: CALCE	COLORE SUP: BIANCASTRO COLORE: ROSSO/ARANCIO ALTERAZIONE: BRUNO SCURO	CONSISTENZA: SCARSA	INCLUSI: POLVERE DI MARMO

MALTA DI ALLETTAMENTO			
CAMPIONE 03			
			
Indicazione del punto di prelievo del campione di malta 03: quota + 0.10 m	immagine acquisita da fotografia digitale.	immagini acquisite da scansione digitale.	immagine acquisita da microscopio ottico, Euromex (10-70X) con macchina digitale Nikon D700
OSSERVAZIONI: Da una prima lettura al microscopio, il campione risulta essere costituito da malta di allettamento di colore biancastro, molto resistente, di grana sottile con clasti di colore grigio, nero, rosiccio, verdastro. Sulla superficie sono visibili cristalli, simili a dei sali.			
LEGANTE: CALCE	INERTI: SABBIA	COLORE: BINCASTRO	INCLUSI:FILOSILICATI, FRAMMENTI DI SCISTO

MALTA DI ARRICCIO			
CAMPIONE 04			
			
Indicazione del punto di prelievo del campione di malta 04: quota + 0.10 m	immagine acquisita da fotografia digitale.	immagini acquisite da scansione digitale.	immagine acquisita da microscopio ottico, Euromex (10-70X) con macchina digitale Nikon D700
OSSERVAZIONI: Da una prima osservazione al microscopio, il campione risulta essere costituito da malta di rinzafo a granulometria molto variabile, di colore grigio/rossiccio con inserti di frammenti di laterizio e grossi inclusi bianchi (calcare? calce ?). Sono visibili inoltre, piccoli inclusi di colore nero (sabbie?). Il campione è interessato da una patina biologica, il che impedisce di leggerne agevolmente la composizione. Si rimanda alla successiva lettura della sezione, un'analisi più dettagliata.			
LEGANTE: CALCE	COLORE: ROSSICCIO	CONSISTENZA:BUONA	INCLUSI: POLVERE DI MATTONE

Figg. 4-5. Il complesso termale di Iasos di Caria (Turchia), analisi di due campioni di malta relativi all'allettamento e all'arriccio con osservazione al microscopio ottico. Il primo è costituito da calce, sabbia, fillosilicati e mostra una coloritura verde dovuta ad attacco biologico. Il secondo deriva da una miscela di calce, calcare, polvere di mattone e presenta un buono stato di conservazione.

BIBLIOGRAFIA DEGLI SCRITTI DI GIORGIO TORRACA

A CURA DI ELISABETTA GIORGI

- G. Schippa, G. Torraca, *Contributo alla conoscenza del 'bleu egiziano'*, in «Bollettino dell'Istituto centrale del restauro», 31-32, 1957, pp. 97-107
- P. Mora, G. Torraca, *Solventi per la pulitura dei dipinti a tempera*, in «Bollettino dell'Istituto centrale del restauro», 31-32, 1957, pp. 171-173
- G. Urbani, G. Torraca, *Nuovi supporti per affreschi staccati*, in «Bollettino dell'Istituto centrale del restauro», s. n., 1965, pp. 23-36
- P. Mora, G. Torraca, *Impiego delle materie plastiche espanse nella conservazione dei dipinti*, in «Bollettino dell'Istituto centrale del restauro», s. n., 1965, pp. 62-69
- P. Mora, G. Torraca, *Fissativi per pitture murali*, in «Bollettino dell'Istituto centrale del restauro», s. n., 1965, pp. 109-132
- G. Torraca, *Rapporto sulle alterazioni delle pietre della facciata della cattedrale di Ferrara*, ICCROM, Roma 1967
- G. Torraca, *Esercitazioni e complementi di materiali: appunti dalle lezioni del prof. G. Torraca*, Siderea, Roma 1968
- G. Torraca, *L'attuale stato delle conoscenze sulle alterazioni delle pietre: cause e metodi di trattamento*, in Eugenio Riccomini (a cura di), *Sculture all'aperto, degradazione dei materiali e problemi conservativi*, Mostra documentaria e convegno scientifico promossi dal Ministero della Pubblica Istruzione, dall'Ente bolognese Manifestazioni artistiche, dal Comune e dalla Provincia di Ferrara, Ferrara-Bologna 1969, pp. 9-30
- H.J. Plenderleith, G. Torraca, *Etude sur l'etablissement d'un laboratoire central a alger. Mars 1969*, Centre international pour la conservation, ICCROM, Rome 1969
- G. Torraca, *Lo stato delle ricerche sui danni causati dall'umidità al patrimonio culturale, con particolare riferimento al caso di Venezia. Metodi di lotta contro l'umidità*, ICCROM, Roma 1970
- G. Torraca, *Importanza dei fattori climatici nell'alterazione delle pietre. Possibilità di una protezione stagionale*, in Ente bolognese Manifestazioni Artistiche (a cura di), *La conservazione delle sculture all'aperto*, Atti del convegno internazionale di studi (Bologna, 23-26 ottobre 1969), Bologna 1971, pp. 157-159
- R. Rossi Maranesi, G. Torraca (a cura di), *The treatment of stone. Proceedings of the meeting of the joint committee for the conservation of stone*, Atti del convegno sul trattamento della pietra (Bologna, ottobre 1971), Centro per la conservazione delle sculture all'aperto, Bologna 1972

- G. Bolla, G. Torraca, *Rapport sur la situation du patrimoine culturel dans l'île de chypre apres les evenements de l'ete 1974*, ICCROM, Roma 1974
- G. Torraca, *Introduzione alla conservazione dei materiali ceramici*, in «La ceramica», 1, 1975, pp. 16-20
- M.A Bertolaccini, S.C. Monteriolo, V. Fassina, G. Torraca, *Study of Some Gaseous and Particulate Pollutants in the Atmosphere of Venice (1972-1973) and Their Effect on the Deterioration of Istrian Stone*, International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, MCI, 1975
- M. Tabasso-Laurenzi, G. Torraca, *Marmo. Materiali lapidei*, in G. Urbani (a cura di), *Problemi di conservazione*, Atti della commissione per lo sviluppo tecnologico della conservazione dei Beni culturali, Bologna 1976, pp. 49-61
- G. Torraca, *Dipinti murali*, in G. Urbani (a cura di), *Problemi di conservazione*, Atti della commissione per lo sviluppo tecnologico della conservazione dei beni culturali, Bologna 1976, pp. 37-48
- G. Torraca, *Masonry and Masonry Materials: Brick, Adobe, Stone and Architectural Ceramics: Deterioration Processes and Conservation Practices*, in *Preservation and Conservation: Principles and Practices*, Atti della conferenza internazionale regionale nordamericana (Williamsburg, Virginia e Philadelphia, Pennsylvania, 10-16 settembre, 1972), Washington 1976, pp. 143-165
- G. Torraca, *Nuclear conservation processes examined in the light of general requirements of conservation*, in G. Biscontin e D. Mietto (a cura di), *Applicazioni dei metodi nucleari nel campo delle opere d'arte*, Atti del convegno dei Lincei (Roma-Venezia, 24-29 maggio 1973), Roma 1976, pp. 543-551
- G. Torraca, *Mission report on ICCROM/U. S. Icomos meeting, Santa Fe, 3-7 oct. 1977*, ICCROM, Roma 1977
- G. Torraca, P. Rossi-Doria, M. Tabasso, *Note on conservation treatment of stone objects*, in *Alteration et protection des monuments en pierre. Deterioration and protection of stone monuments*, Colloque international, Congresso internazionale (Paris, 5-9 giugno 1978), Parigi 1978
- G. Torraca, *Solubility and solvents for conservation problems*, ICCROM, Roma 1978
- G. Torraca, *Mission to Perù. 14 August-1 September 1978. Final report*, ICCROM, Roma 1978
- G. Torraca, *ICCROM mission to the tomb of Queen Nefertari, February 1978: conclusions of the report*, ICCROM, Roma 1978
- G. Torraca, *Atmospheric sulphur and the deterioration of building stone*, in The Society of Chemical Industry (a cura di), *Sulphur emissions and the environment. International symposium*, Atti del simposio internazionale a Londra (Londra, 8-10 maggio 1979), Londra 1979, pp. 305-310
- G. Torraca, *Appunti sui metalli*, ICCROM, Roma 1979

- A. Alva B., G. Torraca, M.C. Uginet, *Adobe bibliography*, in *Third international symposium on mudbrick (adobe) preservation*, Atti del convegno (Ankara, 29 settembre-4 ottobre 1980), Ankara 1980, pp. 241-243
- P. Mora, G. Torraca, P. Schwartzbaum, E. Smith, *Luxor west bank visitor management study: possible impact of increased tourist numbers on the tombs of the west bank at Luxor*, ICCROM, Roma 1981
- G. Torraca, *Alterazione e trattamento delle pietre*, in *Primo corso di aggiornamento sui problemi della salvaguardia del patrimonio artistico monumentale*, Atti del convegno (Milano, maggio-giugno 1981) Milano 1981, p. 19
- G. Torraca, *Conservazione e restauro del materiale lapideo specie in rapporto alle condizioni ambientali*, in *Il restauro delle opere d'arte: atti del Convegno nazionale* (Cefalù, 28-30 settembre 1981), pp. 86-95
- G. Torraca, *The scientist's role in historic preservation (with particular reference to stone conservation)*, in *Conservation of historic stone buildings and monuments*, Atti della conferenza indetta dalla National Academy of Sciences in Washington DC (Washington DC, 2-4 febbraio 1981) Washington 1982
- G. Torraca, *Porous building materials: material science for architectural conservation*, ICCROM, Roma 1982
- P. Mora, G. Torraca, *A project for an international course on wood conservation technology*, in *International symposium on the conservation and restoration of cultural property; the conservation of wooden cultural property*, Atti del convegno indetto dal National Research Institute of Cultural Properties (Tokio, 1-6 novembre 1982), Tokio 1983, pp. 297-301
- D. Ferragni, M. Forti, J. Maillet, P. Mora, J.M. Teutonico, G. Torraca, *Injection grouting of mural paintings and mosaics*, in N. Brommelle, E. Pye, P. Smith, G. Thomson (a cura di), *Adhesives and consolidants, preprints of the contributions to the IIC Paris Congress, 2-8 September 1984*, (Parigi, 2-8 settembre 1984), Londra 1984, pp. 110-116
- G. Torraca, *Materiali cementizi e tecnologie: scelta dei materiali in funzione del tipo d'intervento*, in G. Carbonara (a cura di), *Restauro e cemento in architettura*, 2, Associazione italiana tecnico-economica del cemento, Roma 1984, pp. 174-180
- G. Torraca, *Environmental protection of mural paintings in caves*, in *International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Property: conservation and restoration of mural paintings*, Atti del convegno indetto dal National Research Institute of Cultural Properties (Tokio, 17-21 novembre 1983), Tokio 1984, pp. 1-18
- D. Ferragni, M. Forti, J. Maillet, L. Mora, P. Mora, G. Torraca, *La conservazione degli intonaci sgraffiti. Un esempio: la facciata cinquecentesca in via della Fossa a Roma*, in «Ricerche di storia dell'arte», 24, 1984, pp. 33-43
- D. Ferragni, M. Forti, J. Maillet, G. Torraca, *Tecniche di conservazione degli intonaci*, in G. Biscontin (a cura di), *L'intonaco: storia, cultura e tecnologia*, Atti del convegno di studi, (Bressanone 24-27 giugno 1985), Padova 1985, pp. 327-338

- D. Ferragni, M. Forti, J. Maillet, J.M. Teutonico, G. Torraca, *In situ consolidation of wall and floor mosaics by means of injection grouting techniques*, ICCROM, Roma 1985
- G. Torraca, *Definizione delle proprietà richieste per le materie prime (leganti e inerti) e i prodotti finali (malte e intonaci)*, in *Intonaci colore e coloriture nell'edilizia storica: atti del convegno di studi*, Roma 1985 (Roma, 25-27 ottobre 1984), «Bollettino d'Arte», supplemento al n. 35-36, 1986, p. 107
- C. Conti, A. Rava, G. Torraca, S. Vedovello, *Il consolidamento della pietra nella dimensione del grande cantiere: metodi inorganici ed organici su superfici marmoree*, Atti del convegno di studi, (Bressanone 24-27 giugno 1986), Bressanone 1986, pp. 765-776
- G. Torraca, P. Schwartzbaum, D. Ferragni, J. Maillet, G. Pignatelli, *Mission report, greece 5-11 June 1986*, ICCROM, Roma 1986
- G. Torraca, *Momenti nella storia della conservazione del marmo: metodi e attitudini in varie epoche*, in *Quaderni dell'Opificio delle pietre dure e Laboratori di restauro di Firenze*, Firenze 1986, pp. 32-45
- G. Torraca, *La scienza nel restauro: modalità e risultati*, in *L'impresa del restauro: artigianato e ricerca scientifica nel restauro d'arte*, "Editoriale artigianato e piccola impresa dell'Emilia-Romagna. 1", 1986, pp. 33-40
- G. Torraca, *Processes and materials used in conservation*, in *Scientific methodologies applied to works of art*, Atti del simposio (Firenze, 2-5 maggio 1984), Milano 1986, pp. 13-15
- G. Torraca, *Tecnologia delle malte per intonaci e della conservazione degli intonaci antichi*, in C. Di Francesco (a cura di), *Malta, intonaco e colore per la conservazione dei paramenti esterni*, Atti del Convegno (Ferrara, 16-17 maggio 1986), in «La Pianura», 1, 1987, pp. 65-79
- G. Torraca, *Chimica, fisica e meccanica. L'intervento delle scienze naturali nel restauro*, in *Anastilosi. L'antico, il restauro, la città*, Roma-Bari 1987, pp. 212-218
- G. Torraca, *La conservazione delle pitture murali nel peristilio della Casa del Menandro a Pompei*, in «Rivista di studi pompeiani, Associazione internazionale amici di Pompei», I, 1987, pp. 140-150
- A. Corazza, C. Conti, M.G. Filetici, L. Lombardi, A. Rava, G. Torraca, *Sulla conservazione dei tufi: Studi per una metodologia d'intervento*, in G. Biscontin e R. Angeletti (a cura di), *Conoscenze e sviluppi teorici per la conservazione di sistemi costruttivi tradizionali in muratura*, Atti del convegno di studi (Bressanone 23-26 giugno 1987), Padova 1987, pp. 225-237
- G. Torraca, *Interazione tra degrado degli strati di superficie e degrado della struttura interna dei materiali lapidei*, in «Bollettino d'Arte», 1, 1987, pp. 65-67
- G. Torraca, *Dangers presentes par l'utilisation des produits synthétiques pour les oeuvres d'art et pour les restaurateurs*, in *Kunststoffe in der konservierung und restaurierung von kulturguetern. 1 teil: grundbegriffe in der kunststoffchemie. Produits synthétiques pour la conservation et restauration des oeuvres d'art. 1ere partie: notions de base*,

- Atti del seminario *Grundbegriffe in der kunststoffe chemie* (Berna, 28-30 novembre, 1985) Berna 1987, pp. 41-55
- A.E. Charola, V. Fassina, W.E. Krumbein, G. Torraca, P.W. Brown, J.R. Clifton, R. Carlsson, E. Engelbrektsson, L.G. Johansson, O. Lindqvist, R.E. Mangio, *General Scientific Papers*, in *Air Pollution and Conservation: Safeguarding our Architectural Heritage*, Amsterdam 1988, pp. 125-265
- G. Torraca, *Il progetto di restauro tra artigianato e industria. Lo studio scientifico e la documentazione*, in G. Biscontin, E. Vassallo, S. Volpin (a cura di), *Le scienze, le istituzioni, gli operatori alla soglia degli anni '90*, Padova 1988, pp. 205-217
- G. Torraca, *General philosophy of stone conservation*, in L. Lazzarini, R. Pieper (a cura di), *The deterioration and conservation of stone: notes from the International Venetian Courses on Stone Restoration*, Parigi 1988, pp. 243-270
- G. Chiari, S. Sampo, G. Torraca, *Formazione di ossalati di calcio su superfici marmoree da parte di funghi*, Centro del C.N.R. "Gino Bozza", Milano 1989
- G. Torraca, *Problemi di conservazione delle superfici murarie esterne*, in G. Biscontin e S. Volpin (a cura di), *Superfici dell'architettura: le finiture*, Atti del convegno di studi (Bressanone 26-29 giugno 1990), Padova 1990, pp. 13-26
- F. Pochetti, M.L. Santarelli, G. Torraca, *Uso dell'analisi termica nello studio dei monumenti in pietra*, in G. Biscontin e D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura*, Atti del convegno di studi (Bressanone 25-28 giugno 1991), Padova 1991, pp. 365-374
- G. Ruggieri, E. Caiano, G. Delfini, L. Mora, P. Mora, G. Torraca, *Il restauro conservativo della facciata di S. Andrea della Valle in Roma*, in G. Biscontin e D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura*, Atti del convegno di studi (Bressanone 25-28 giugno 1991), Padova 1991, pp. 535-544
- G. Torraca, P. Mora, P.P. Rossi, *Sperimentazione di un consolidante per smalti di maioliche e tessere vitree di mosaico*, in "Materiali e strutture. Problemi di conservazione", I, 2, 1991, pp. 59-72
- G. Torraca, *Recensioni e convegni*, in "Materiali e strutture. Problemi di conservazione", I, 2, 1991, p. 131
- L. Cimitan, P.P. Rossi, G. Torraca, *Simulazioni in cella climatica: simulazione della aggressione atmosferica su materiali lapidei in presenza di anidride solforosa*, in «Arkos: scienza e restauro», 20, 1992, pp. 12-15
- G. Chiari, M.L. Santarelli, G. Torraca, *Caratterizzazione delle malte antiche mediante l'analisi di campioni non frazionati*, in "Materiali e strutture. Problemi di conservazione", II, 3, 1992, pp. 111-137
- N. Spinosa, A.C. Alabiso, D. Pagano, D. Ferragni, P. Mora, I. Massari, G. Torraca, *Restauro del chiostro maiolicato di S. Chiara in Napoli*, in G. Biscontin (a cura di), *Le Superfici dell'Architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi (Bressanone, 30 giugno-3 luglio 1992), Padova 1992, pp. 517-526

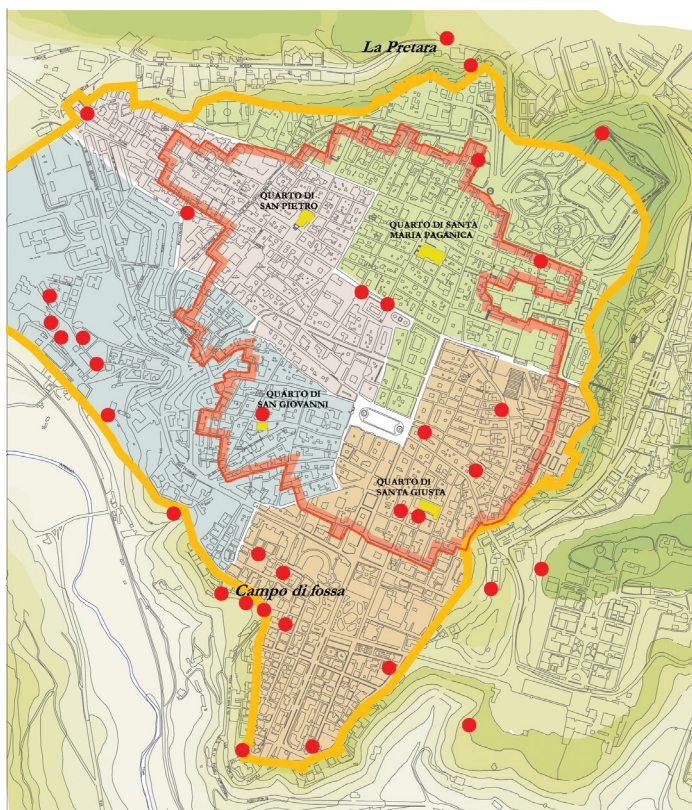
- G. Chiari, M.L. Santarelli, G. Torraca, *Problemi nell'analisi strumentale di calcestruzzi pozzolanici antichi*, in G. Biscontin e D. Mietto (a cura di), *Calcestruzzi antichi e moderni*, Atti del convegno di studi (Bressanone, 6-9 luglio 1993), Padova 1993, pp. 275-286
- G. Torraca, *I materiali*, in M. Cipriani e G. Avagliano, *L'athenaion di Paestum tra studio e restauro*, Mostra documentaria, Paestum 1993, pp. 29-36
- J. Vicioso, G. Torraca (Tutor), A. Bruschi (Tutor), G. Carbonara (Coordinatore), *Problemi di lettura delle superfici architettoniche: metodologia di restauro per una fabbrica romana del Cinquecento*, dottorato di ricerca in conservazione dei beni architettonici V ciclo, Università degli studi di Roma La Sapienza, Dipartimento di Storia dell'architettura, Restauro e Conservazione dei beni architettonici, Roma 1993
- G. Torraca, *Tecnologia del restauro delle superfici architettoniche*, in «Palladio. Rivista di storia dell'architettura e restauro» VII, 1994, 14, pp. 323-332
- J. Maillet, G. Torraca, S. Rinaldi, E. Giorgi, *Computerized recording of documentation in the restoration of ancient monument*, in *Proceedings of the conference on Representation: relationship between language and image*, Atti del convegno (Viterbo, 17-19 ottobre), Singapore 1994, pp. 151-175
- G. Torraca, *La pulitura delle facciate in pietra: necessità della conservazione ed immagine del monumento*, in G. Biscontin e G. Driussi (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi (Bressanone 3-6 luglio 1995), Padova 1995, pp. 365-374
- G. Chiari, L. Cimitan, G. Della Ventura, G. Filetici, M.L. Santarelli, G. Torraca, *Le malte pozzolaniche del mausoleo di Sant'Elena e le pozzolane di Torpignattara*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», VI, 1, 1996, pp. 1-36
- G. Torraca, *Caracombe ebraiche in Villa Torlonia, Roma*, ICCROM, Roma 1996
- G. Torraca, *La conservation des marbres: exemple de la restauration de la façade sur jardin*, in «Monumental», IXX, 1997, pp. 70-79
- P. Amico, S. Manzo, D. Mertens, G. Torraca, *Il trattamento delle lacune nel tempio di Segesta: la successione storica dei restauri e l'intervento attuale*, in G. Biscontin (a cura di), *Lacune in architettura: aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di studi (Bressanone 1-4 luglio 1997), Padova 1997, pp. 391-400
- G. Torraca, *I materiali e il restauro: il ritorno della calce*, in «Le dimore storiche», XIV, 1998, 3, pp. 9-10
- G. Torraca, *La cura dei materiali nel restauro dei monumenti*, a cura di M.P. Sette, Scuola di Specializzazione per lo studio ed il Restauro dei Monumenti, Università degli studi di Roma «La Sapienza», Roma 2001
- M. Fumo, G. Torraca, A. Buccaro, *Napoli, colore e ambiente urbano: dai criteri di identificazione all'indagine chimico-geologica*, in «Recupero e Conservazione», VIII, 2002, 48, pp. 38-47

- G. Torraca, *Lezioni di scienza e tecnologia dei materiali per il restauro dei monumenti*, Scuola di Specializzazione per lo studio ed il Restauro dei Monumenti, Università degli studi di Roma "La Sapienza", Roma 2002
- G. Bonora, G. Chiari, M.L. Santarelli, G. Torraca, *Analisi di malte antiche: confronto tra tecniche ed indagini*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», I, 1, 2003, pp. 39-67
- M.L. Santarelli, G. Torraca, C. Giavarini, I. Iacopi, *Studi ambientali per la conservazione dei vani ipogei della Domus Aurea*, in «Materiali e strutture, problemi di conservazione», II, 3-4, 2004, pp. 30-47
- G. Capponi, G. Torraca, *Programma di esposizione e controllo di sistemi di coloritura su campioni intonacati e tinteggiati. Fase A: prodotti industriali*, in G. Biscontin (a cura di), *Sulle pitture murali: riflessione, conoscenze, interventi*, Atti del convegno di studi (Bressanone 12-15 luglio 2005), Venezia 2005, pp. 1377-1386
- G. Torraca, *È possibile scrivere un manuale di manutenzione per siti archeologici (che poi sia veramente usato)?*, in Claudio Varagnoli (a cura di), *Conservare il passato. Metodi ed esperienze di protezione e restauro nei siti archeologici*. Atti del Convegno (Chieti-Pescara, 25-26 settembre 2003), Roma 2005
- G. Torraca, *L'analisi delle malte nello studio e nella conservazione del patrimonio architettonico*, in *Saggi in onore di Gaetano Miarelli Mariani*, a cura di M.P. Sette, M. Caperna, M. Docci, M.G. Turco, "Quaderni dell'Istituto di storia dell'architettura", 44-50 (2004-2007), Roma 2007, pp. 617-623
- F. Pique, G. Verri, C. Miliani, L. Cartechini, G. Torraca, *Indagini non invasive sulle pitture del Tablinio nella Casa del bicentenario a Ercolano*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», V, 9-10, 2007, pp. 6-27
- G. Torraca, *Il restauro delle sculture all'aperto nella seconda metà del ventesimo secolo*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», IV, 11-12, anno 2008, pp. 126-153
- G. Torraca, *Lectures on Materials Science for Architectural Conservation*, Getty Conservation Institute, Los Angeles, CA, 2009

TAVOLE

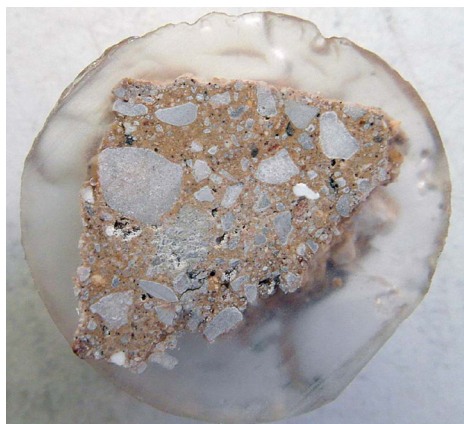
Tav. I. L'immagine rappresenta la localizzazione delle cavità antropiche, evidenziate in rosso, emerse nel corso delle indagini effettuate dal Dipartimento di Protezione Civile in seguito al sisma del 2009 e pubblicate in CASTENETTO, NASO 2010. Si evidenzia la concentrazione delle grotte nei pressi del perimetro fortificato, riportato in giallo, in particolare nella località "Campo di fossa" e in località "La Pretara". Il perimetro interno in rosso delimita invece l'area edificata al XVIII secolo.

Tav. II. Tracce delle escavazioni presenti (a destra) sul costone roccioso in località "La Pretara" sul quale si ergono le mura urbiche dell'Aquila visibili da via della Croce Rossa. Il sito potrebbe rappresentare una delle aree di approvvigionamento di materiale per la produzione delle malte nel XIV secolo, confermando le indicazioni contenute nello Statuto cittadino.

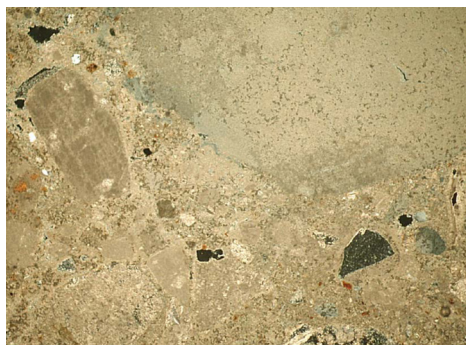




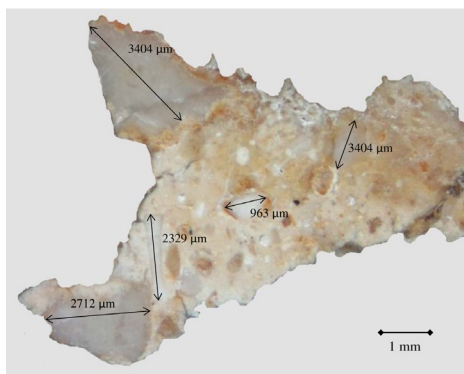
Tav. III. Muratura pertinente alle riparazioni successive al sisma del 1703, con paramento a filari alternati in mattoni e bozze calcaree.



Tav. IV. Immagine della sezione lucida del campione 38.01



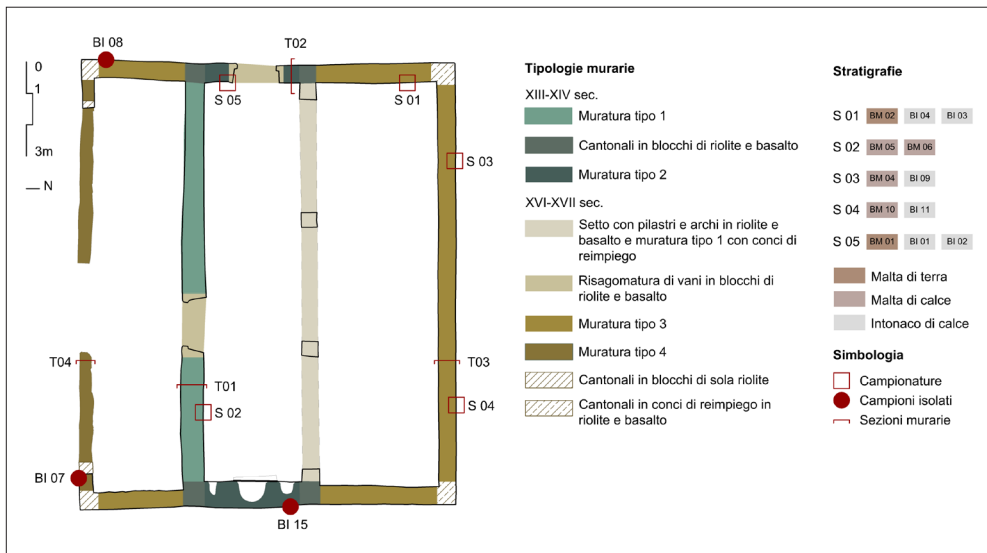
Tav. V. Fotomicrografia al microscopio polarizzatore in luce trasmessa della sezione sottile, del campione 38.01.



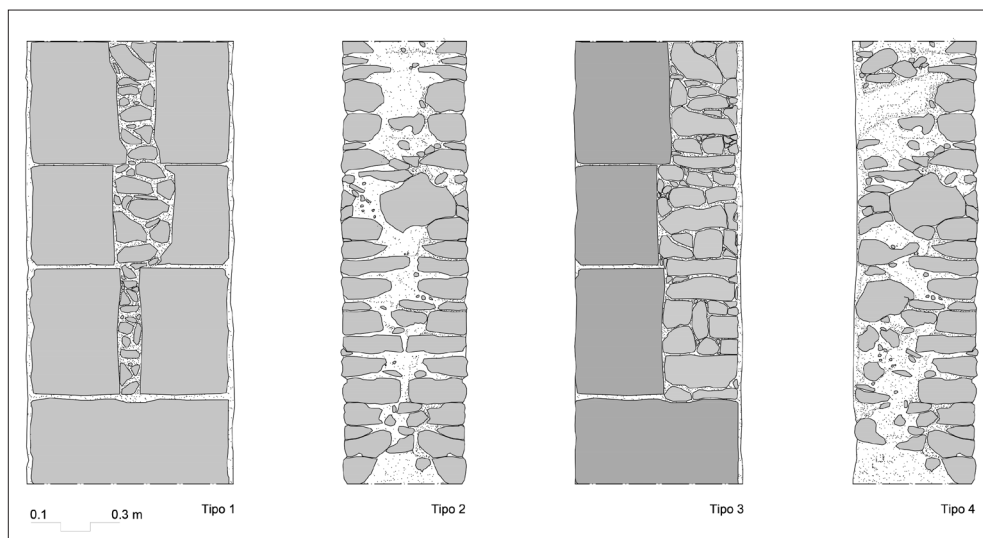
Tav. VI. Immagine della sezione lucida del campione 15.01. L'analisi diffrattometrica EDX e l'analisi morfologica SEM hanno evidenziato che il campione risulta costituito da calcite come legante e da quarzo ascrivibile all'inerte utilizzato.



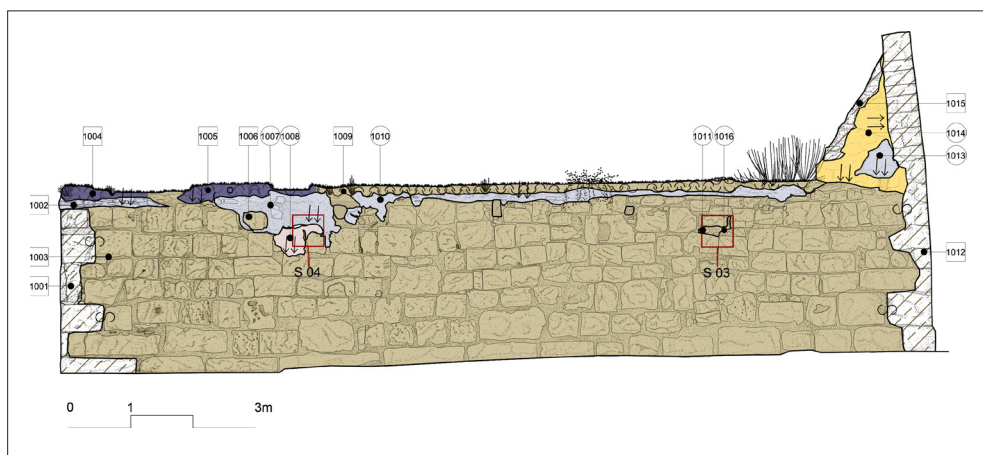
Tav. I. Chiesa di Bortigali, vista complessiva del rudere.



Tav. II. Rilievo planimetrico con indicazione delle tipologie murarie individuate e delle campionature eseguite, suddivise in stratigrafie e campioni isolati (restituzione grafica E. Pilia).



Tav. III. Sequenza delle tipologie murarie riferibili alle due principali fasi costruttive. In particolare, si evidenzia (in colore più marcato) l'utilizzo di conci di reimpiego nella messa in opera del tipo 3 (ascrivibile alla fase di riconfigurazione dello spazio liturgico) e l'analogia strutturale dei tipi 2 e 4, appartenenti a fasi cronologiche distinte (restituzione grafica E. Pilia).

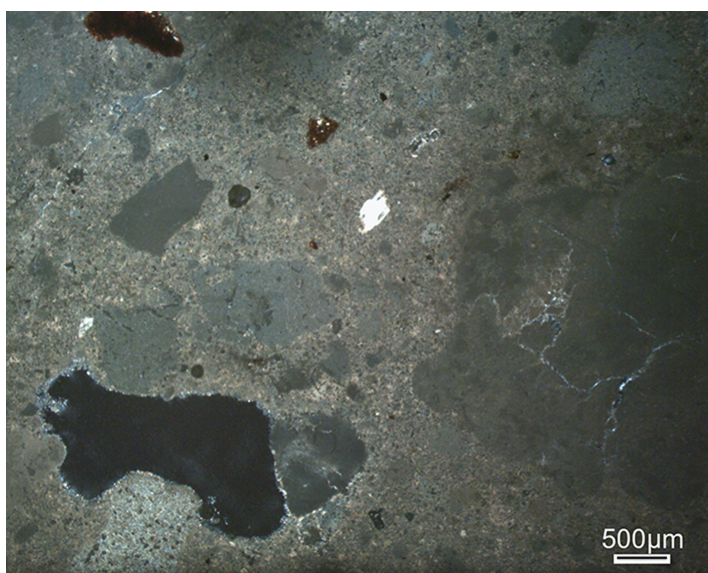


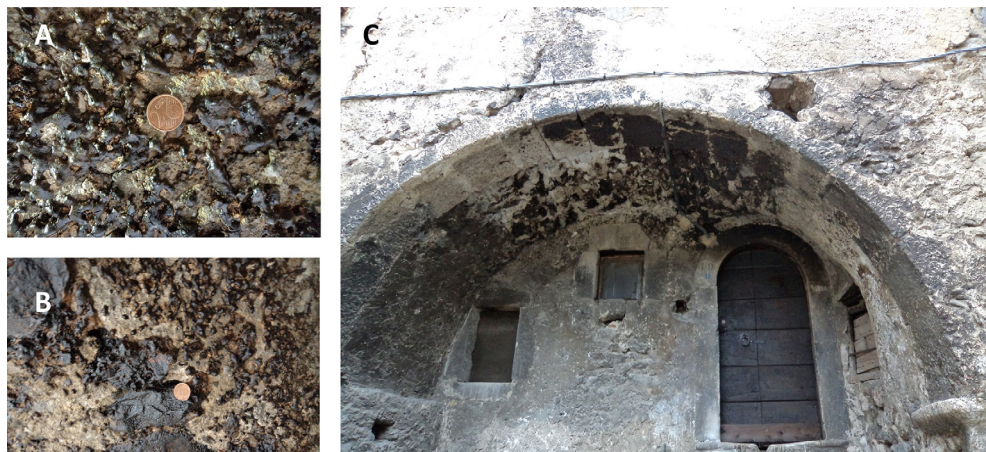
Tav. IV. Prospetto nord con indicazione delle unità stratigrafiche murarie, di rivestimento e dei punti di campionatura (restituzione grafica E. Pilia).

Tav. V. Prospetto nord, stratigrafia 3. Si noti il campione BM04, residuo della stesura in età moderna della malta di protezione dei giunti con la tecnica raso-pietra.

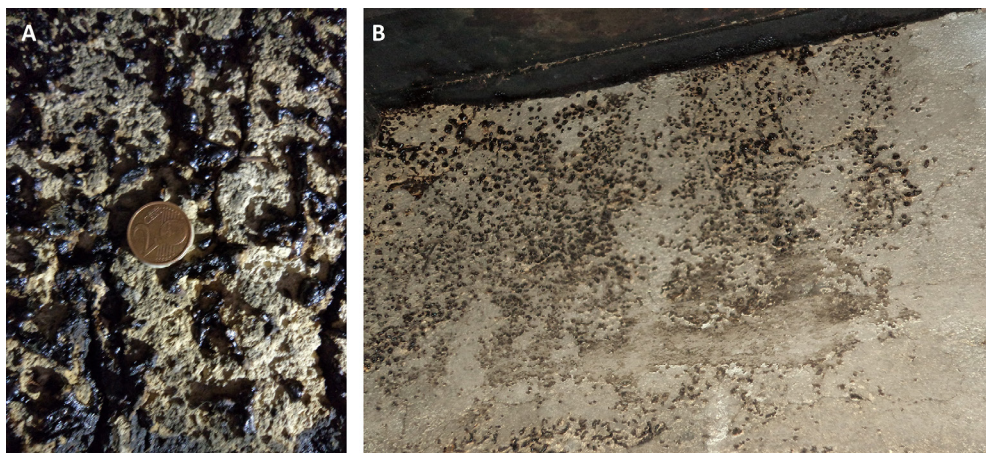


Tav. VI. Stratigrafia 3, campione BM04, sezione sottile di malta grassa di arriccio con legante carbonatico e abbondante presenza di bottaccioli, incotti, fratture da ritiro e bordi di reazione.

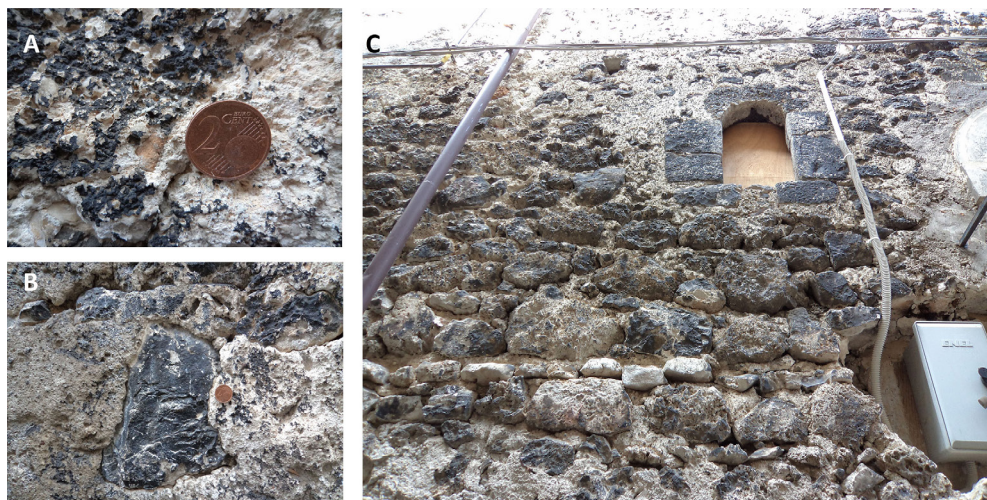




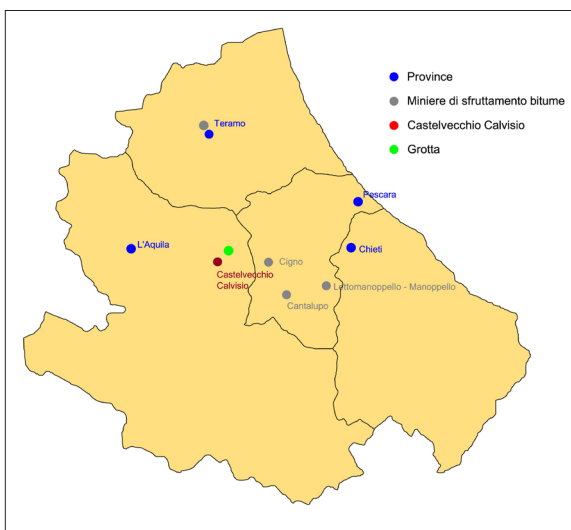
Tav. I.A: Macrofotografia di un'incrostazione bituminosa vermiforme stalattitica. B: Macrofotografia di una patina bituminosa lucida compatta su bozze di calcare nell'intradosso di una volta. Si noti la compresenza di incrostazioni vermiformi stalattitiche sulle zone intonacate. La moneta da due centesimi di Euro serve da riferimento metrico. C: Sottovolta con compresenza di incrostazioni bituminose vermiformi stalattitiche e patina bituminosa lucida compatta.



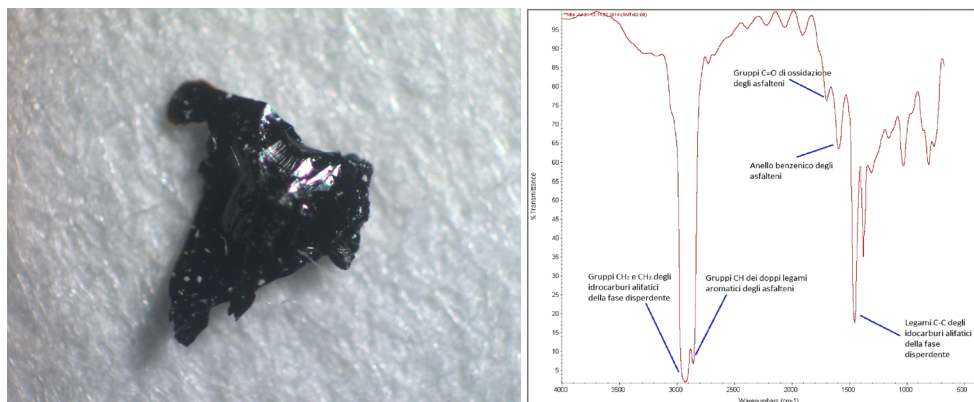
Tav. II.A: Macrofotografia di un'incrostazione bituminosa vermiforme su una parete intonacata di un interno. B: Incrostazione bituminosa vermiforme su una parete intonacata di un interno.



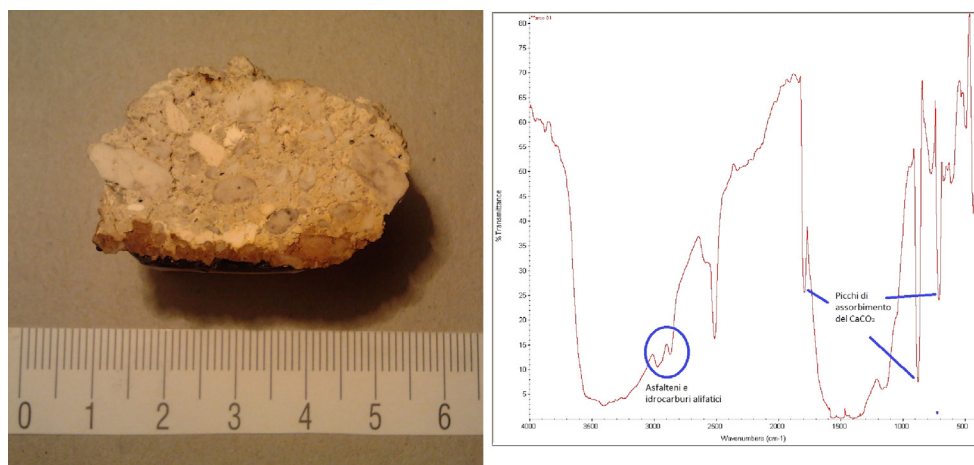
Tav. III. A: Macrofotografia di una patina nera maculata opaca su intonaco di una parete esterna. B: Compresenza di patina nera opaca compatta su calcare e maculata su intonaco adiacente. C: Aspetto di una parete esterna con patine nere opache.



Tav. IV. Formazioni stalattitiche sulla volta della grotta e sua localizzazione rispetto ai giacimenti di bitume sfruttati in Abruzzo.

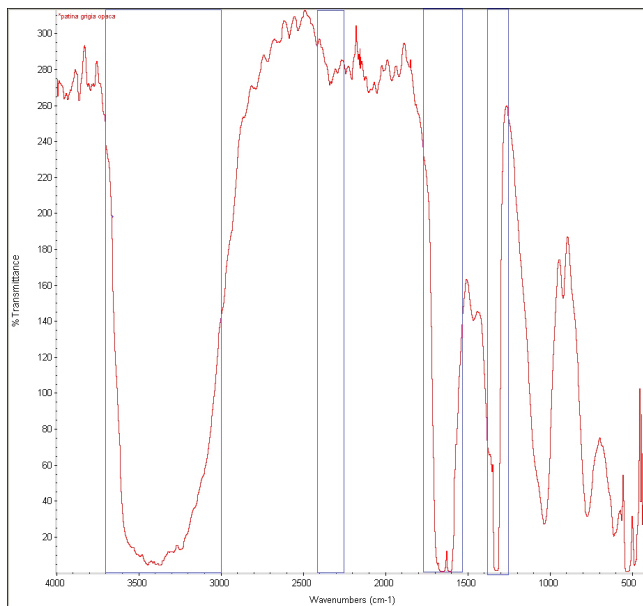


Tav. V. Frammento grattato con bisturi da campione prelevato da formazione stalattitica bituminosa in grotta, fotografato allo stereo microscopio con ingrandimento 20X, con relativo spettro FT-IR. I picchi evidenziati e descritti sono quelli tipici di un bitume puro, composto da asfalteni dispersi in idrocarburi alifatici.



Tav. VI. Campione di intonaco incrostato, fotografato in sezione. Si può osservare chiaramente la struttura dell'intonaco, con inerti piuttosto grossolani (diametro 2 mm – 1 cm). La zona di impregnazione appare di colore marrone, mentre in superficie è apprezzabile il nero lucido dell'incrostazione. Lo spettro FT-IR delle incrostazioni mostra i picchi tipici di un bitume con assorbimenti di asfalteni e idrocarburi alifatici in un miscuglio con Carbonato di Calcio.

Tav. VII. Spettro FT-IR delle patine nere opache: lo spettro presenta le bande di assorbimento IR caratteristiche degli ossalati di calcio.



Tav. VIII. Aspetto di un intonaco incrostato da materiale bituminoso in un interno a confronto con una simulazione di un possibile intervento di restauro che ripristini lo scialbo.



Tav. IX. Aspetto di un sottovolta incrostato da materiale bituminoso a confronto con una simulazione di un possibile intervento di restauro che mantenga lo *status quo* eliminando solo le incrostazioni più decoese.



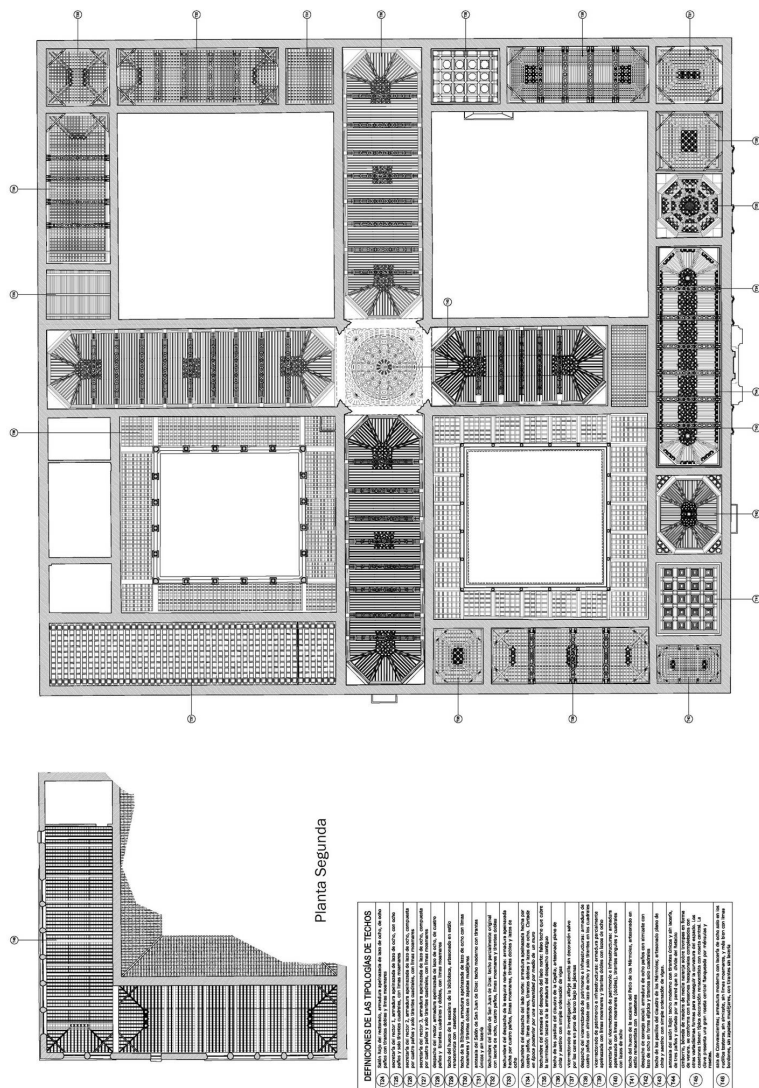
Tav. X. Aspetto delle patine ad ossalati sulle superfici di un edificio a confronto con una simulazione di un possibile intervento di restauro che attenui l'alterazione cromatica senza rimuoverle del tutto.



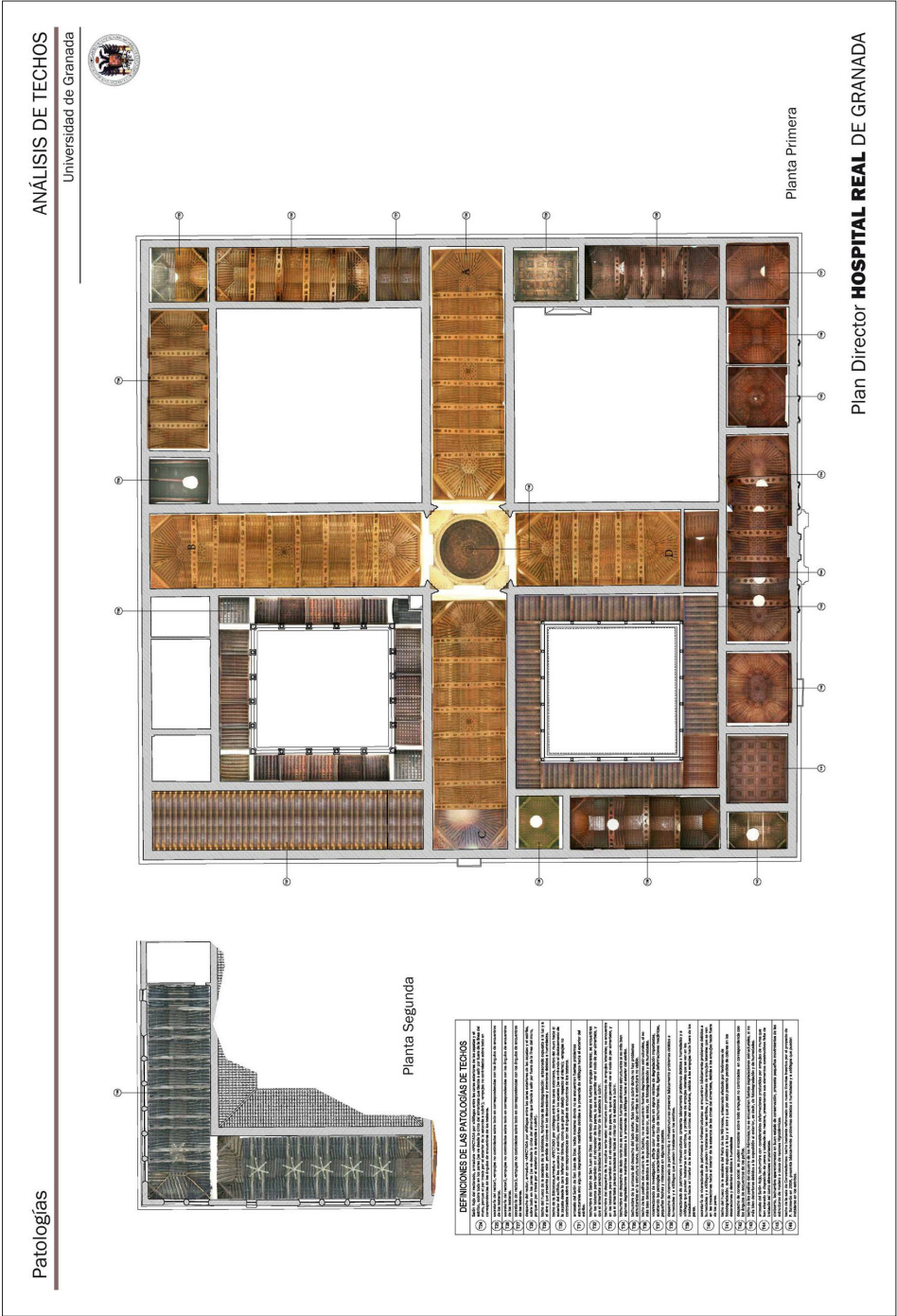
Tav. I. Saggi di pulitura con impiego di laser (L1, L2, L3, L4) e sabbiatura fine (Q1, Q2); in basso, saggio di pulitura con impacchi di attapulgit [Cahier technique du Cercle des Partenaires du Patrimoine 2009].



Tav. II. Saggio di pulitura con impiego di pasta di latex e successiva esfoliazione [Cahier technique du Cercle des Partenaires du Patrimoine 2009].

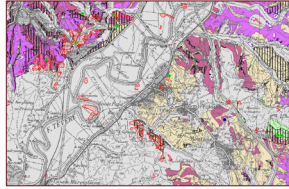


Tav. I. Análisis de techos. Tipologías Planta primera Hospital Real.



ANALISI DELLE RISORSE DISPONIBILI

P.R.A.E.-CARTA DELLE RISORSE DISPONIBILI

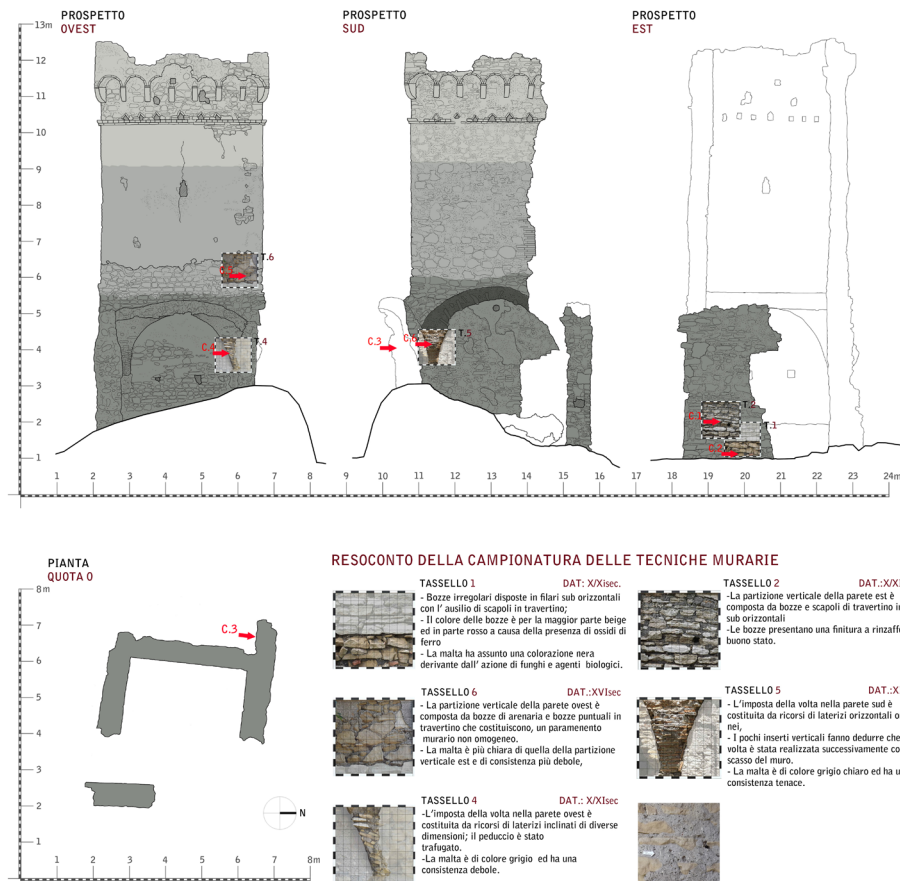


LEGENDA

- Sabbie ghiaie per costruzioni
- Calcare da inerti per costruzioni e/o malte cementizie
- Tufo litoide da taglio per blocchetti da costruzione
- Materiali vulcanici per inerti di minor pregio
- Successione di prodotti vulcanici con uso misto (da taglio, inerti, leganti)
- Calcarei marnosi da inerti per costruzioni e/o malte cementizie
- Depositi argillosi per laterizi e/o leganti
- Aree estrattive censite
- Aree non compatibili
- Aree a compatibilità condizionata

GEOLOCALIZZAZIONE DEI CAMPIONI PRELEVATI

TESSITURE MURARIE OMOGENEE



Tavv. I-II. Studio dei materiali costitutivi in relazione a produzioni locali, finiture murarie e schede di campionamento, da una tesi di laurea in Architettura dal titolo *Studio storico e progetto di valorizzazione della Torre di S. Angelo in Monterotondo (RM)*, relatore prof.ssa L. Barelli, laureando A. Penna, a.a. 2013-2014.

STUDIO, LAVORAZIONE E ANALISI AL MICROSCOPIO DEI CAMPIONI

APPROCCIO METODOLOGICO

Al fine di comprendere al meglio la composizione dei materiali che fanno parte dell'edificio che si sta studiando, si effettuano delle indagini a livello microscopico su delle piccole porzioni di materiale prelevate in sito e si portano in un laboratorio specializzato per analizzarli. La campionatura va eseguita scegliendo le zone da indagare e contenendo il numero dei prelievi selezionati, secondo il criterio della loro MASSIMA RAPPRESENTATIVITA' e MINOR INVASIVITA', limitando la dimensione dei campioni e assicurando che essi arrivino in laboratorio non alterati.

Spesso, nei casi di diagnosi di deterioramento dei materiali lapidei, risulta preliminare conoscere le caratteristiche morfologiche strutturali attraverso esami di tipo meccanico-fisico. Tali esami, possono talvolta rendersi importanti nella scelta dei materiali e dei metodi da utilizzare nell'intervento, allo scopo di escludere quelli che risultassero dannosi.

OBIETTIVI PER LA CAMPIONATURA

Gli obiettivi della campionatura derivano dai punti di domanda che sono emersi nello studio delle murature, effettuato tramite il campionamento di tasselli murari di dimensioni 100cmx100cm.

Le finalità della campionamento delle malte sono:

-tramite l'analisi visiva in laboratorio delle componenti, si è cercato di rintracciare la sincronicità o diacronicità delle fasi di cantiere, le quali corrispondono alle unità murarie, al fine di poter ipotizzare una ricostruzione processuale della formazione della torre;
-attraverso la descrizione dello stato di conservazione delle malte, effettuata sempre in laboratorio, si può approfondire la conoscenza sul degrado della torre.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO DI CAMPIONATURA

CAMPIONE N.1 CODICE: T.1 / T.M.1/ C.01_PROSPETTO EST

FASE 1: Rilievo fotografico della muratura campione, prima della fase di prelievo
Sono state effettuate diverse fotografie che inquadrano la muratura presa in considerazione, prima della fase del prelievo della malta, indicando il punto esatto dove verrà effettuato il prelievo.

FASE 2: Prelievo del campione di malta

La presa del campione di malta è stata effettuata mediante l' utilizzo di martello e scalpello, prima sagomando il perimetro del campione e poi estraendolo dalla muratura.

La malta si presenta di colore grigio chiaro, il prelievo è risultato di facile asportazione con buona capacità coesiva ma tendente alla disaggregazione e a polverizzazione.

FASE 3: Rilievo fotografico della muratura campione, dopo la fase di prelievo

Sono state effettuate diverse fotografie sul punto esatto su cui è stato effettuato il prelievo, nelle quali viene indicato il suddetto punto.

FASE 4: Etichettatura campione

Una volta terminata la fase di prelievo, il campione di malta è stato depositato all'interno di una bustina trasparente con chiusura ermetica, appositamente etichettata con il codice del campione prelevato.

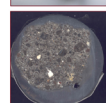


OSSERVAZIONI DI LABORATORIO

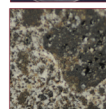
OSSERVAZIONE DEL CAMPIONE N.1 AL MICROSCOPIO OTTICO EU ROMEX 10X-70X E ACQUISIZIONE IMMAGINE CON MACCHINA FOTOGRAFICA NIKON D 700 (COLLEGATA AL MICROSCOPIO)



Il campione di malta analizzato in laboratorio risulta di un grigio più chiaro rispetto alla fase di presa, probabilmente questo cambiamento cromatico è dipeso dall' evaporazione dell' acqua.



La lettura al microscopio ha evidenziato i seguenti componenti:
-Calce
-Pozzolana grigia
-Sabbia
-Cemento??
-Fillosilicati
-Vagliatura Sottile



La malta composta dagli aggregati sopra elencati può essere associata a una MALTA BASTARDA, ovvero una malta ottenuta da un legante misto tra calce aerea e cemento.

CAMPIONE N.3 CODICE: N.T. / T.M.3/ C.01_PROSPETTO OVEST

FASE 1: Rilievo fotografico della muratura campione, prima della fase di prelievo
Sono state effettuate diverse fotografie che inquadrano la muratura presa in considerazione, prima della fase del prelievo della malta, indicando il punto esatto dove verrà effettuato il prelievo.

FASE 2: Prelievo del campione di malta

La presa del campione di malta è stata effettuata mediante l' utilizzo di martello e scalpello, prima sagomando il perimetro del campione e poi estraendolo dalla muratura.

La malta si presenta di colore grigio chiaro, il prelievo è risultato di facile asportazione con buona capacità coesiva ma tendente alla disaggregazione e a polverizzazione.

FASE 3: Rilievo fotografico della muratura campione, dopo la fase di prelievo

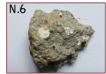
Sono state effettuate diverse fotografie sul punto esatto su cui è stato effettuato il prelievo, nelle quali viene indicato il suddetto punto.

FASE 4: Etichettatura campione

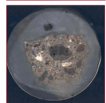
Una volta terminata la fase di prelievo, il campione di malta è stato depositato all'interno di una bustina trasparente con chiusura ermetica, appositamente etichettata con il codice del campione prelevato.



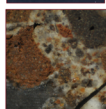
OSSERVAZIONE DEL CAMPIONE N.3 AL MICROSCOPIO OTTICO EU ROMEX 10X-70X E ACQUISIZIONE IMMAGINE CON MACCHINA FOTOGRAFICA NIKON D 700 (COLLEGATA AL MICROSCOPIO)



Il campione è di colore grigio chiaro è caratterizzato da una forte polverizzazione e disaggregazione. Si riscontra presenza di alveoli dovuti dall' evaporazione dell' acqua che della perdita di aggregati.



La lettura al microscopio ha evidenziato i seguenti componenti:
-Calce
-Pozzolana grigio/bruna
-Fillosilicati
-Polvere di mattone (% non caratterizzante)
-Bottaccioni
-Calcare sottile



Nella foto di dettaglio sono ben visibili i fillosilicati, ovvero elementi di formazione vulcanica, più propriamente sono silicati caratterizzati da una struttura a strati a simmetria tetraedrica che tende a legarsi con altri tre tetraedri tramite ponti a ossigeno.

CAMPIONE N.5 CODICE: T.6 / T.M.3/ C.01_PROSPETTO OVEST

FASE 1: Rilievo fotografico della muratura campione, prima della fase di prelievo
Sono state effettuate diverse fotografie che inquadrano la muratura presa in considerazione, prima della fase del prelievo della malta, indicando il punto esatto dove verrà effettuato il prelievo.

FASE 2: Prelievo del campione di malta

La presa del campione di malta è stata effettuata mediante l' utilizzo di martello e scalpello, prima sagomando il perimetro del campione e poi estraendolo dalla muratura.

La malta si presenta di colore grigio tendente al giallo, il prelievo è risultato difficile per via della posizione del tassello a 3mt di altezza con buona capacità coesiva ma tendente alla disaggregazione e a polverizzazione.

FASE 3: Rilievo fotografico della muratura campione, dopo la fase di prelievo

Sono state effettuate diverse fotografie sul punto esatto su cui è stato effettuato il prelievo, nelle quali viene indicato il suddetto punto.

FASE 4: Etichettatura campione

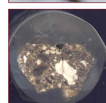
Una volta terminata la fase di prelievo, il campione di malta è stato depositato all'interno di una bustina trasparente con chiusura ermetica, appositamente etichettata con il codice del campione prelevato.



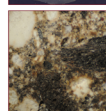
OSSERVAZIONE DEL CAMPIONE N.5 AL MICROSCOPIO OTTICO EU ROMEX 10X-70X E ACQUISIZIONE IMMAGINE CON MACCHINA FOTOGRAFICA NIKON D 700 (COLLEGATA AL MICROSCOPIO)



Il campione di malta è di colore grigio tendente al giallo, caratterizzato da polverizzazione e disaggregazione.



La lettura al microscopio ha evidenziato i seguenti componenti:
-Calce
-Pozzolana grigia
-Sabbia
-Fillosilicati
-Bottaccioni



L' impatto è di scarsa fattura e presenta una vagliatura sottile con scarse capacità leganti.

Materiali costitutivi: finiture murarie - schede di campionatura

A1_INTONACO CON FINITURA

LOCALIZZAZIONE CAMPIONE
Edificio A - palazzo meridionale - Prospetto SUD
Quota di prelievo: circa 11 m da terra.
Radiazione solare: soleggiato per buona parte della giornata.
Esposizione ai venti e alla pioggia: frontale e laterale.

DESCRIZIONE PRELIMINARE
Tipologia: malta da intonaco a base di calce con finitura bianca.
Numero e spessore degli strati: uno strato di spessore variabile, 1-3 cm.
Aderenza al substrato: scarsa, il campione è stato rimosso con minime sollecitazioni meccaniche.
Applicazione e finitura dell'intonaco: stesura irregolare, probabilmente a cazzuola, che accompagna le asperità del supporto, residui di finitura pitorica bianca a base di latte di calce.

DESCRIZIONE MACROSCOPICA
Composizione e granulometria dell'aggregato:
- sabbia di colorazione prevalente gialla, 2-0,08 mm;
- coccopesto, 5-0,8 mm.
Rapporto legante/ripieno: 1:3.
Colore d'insieme: bianco-beige.
Consistenza: media, ma al momento del prelievo si è facilmente degradata.

FENOMENI DI DEGRADO MACROSCOPICI

Disgregazione, distacco, erosione.

Cause:
Mancanza di manutenzione, dilavamento/infiltrazioni di acqua, migrazione d'acqua nel supporto, perdita di coesione del legante, cicli di gelo-dilatazione, escursioni termiche.

MICROSCOPIA OTTICA SU SEZIONI LUCIDE

CON INGRANDIMENTO DA 10X

Legante della malta (a): grassetto di calce.
Inerti e granulometria della malta (a): gli inerti presentano varietà di composizione e granulometria prevalentemente fine (0,6-0,08 mm) con alcuni frammenti più grossolani, anche di coccopesto. Il colore predominante della sabbia è giallo.
Adesione legante/ripieno: scarsa.
Strati di finitura: si nota la presenza di un battoccolo.

Stato di conservazione del campione cattivo.

Note: malta simile al campione E2.

SCHEMA INTERPRETATIVO

Strato pitorico di colore bianco

a malta

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

000 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

A B C D E F G H I L M N O P Q R S T U V Z

00

Abstract

INDAGINI SULLE MALTE AQUILANE FRA XIII E XVIII SECOLO.
IL RUOLO DELLA CONOSCENZA STORICA PER INTERPRETARE
I RISULTATI DELLE INDAGINI DI LABORATORIO
ALESSIA PLACIDI

La città dell'Aquila, colpita dal sisma nel 2009, è ad oggi interessata da una estesa attività di riparazione che interessa tutto il patrimonio storico-architettonico. Una ricerca di dottorato, tuttora in corso, affronta la conoscenza delle miscele storiche; sinora piuttosto limitata in Abruzzo, con lo scopo di fornire un utile supporto conoscitivo all'attività di restauro da svolgersi.

Lo studio della filiera produttiva della calce, materiale principale per la produzione delle malte, ha mostrato una sostanziale evoluzione dei siti di approvvigionamento nel corso del tempo, in linea con le modificazioni avvenuti nel tessuto sociale ed economico della città, conseguenti alle vicende storiche e al verificarsi di importanti terremoti.

Lo studio, svolto confrontando puntualmente le indicazioni desunte dalle fonti bibliografiche con i dati emersi dalle indagini di laboratorio su campioni di malta prelevati presso i monumenti, ha offerto spunti di riflessione anche su altri ambiti di indagine. L'analisi dei siti di approvvigionamento nel XIV secolo, ad esempio, offre un contributo utile alla conoscenza del rapporto fra la città e il contado, nonché alla comprensione dell'origine delle diffuse cavità antropiche, responsabili di alcuni crolli avvenuti in occasione del sisma, presenti nel sottosuolo del centro storico dell'Aquila ma anche in numerosi borghi limitrofi.

La ricerca storico-documentale è affiancata da puntuali riscontri sulle architetture e da analisi di laboratorio effettuate su campioni di malta prelevati dai monumenti del centro storico. Le indagini hanno interessato, in particolare, palazzo Carli Benedetti, edificio quattrocentesco che ben rappresenta le vicende del patrimonio storico-architettonico della città dell'Aquila, ad oggi interessato da un cantiere di restauro. I primi risultati delle analisi di laboratorio confermano una significativa variazione nella composizione delle miscele nel corso del tempo. Le indagini condotte osservando al microscopio ottico le sezioni lucide dei campioni di malta prelevati hanno fornito indicazioni sulla composizione delle miscele storiche.

STUDIES ON THE MORTAR USED IN L'AQUILA FROM THE 13TH
TO THE 18TH CENTURY: THE ROLE THAT HISTORICAL KNOWLEDGE
PLAYS WHEN INTERPRETING THE RESULTS OF LABORATORY TESTS
ALESSIA PLACIDI

The city of L'Aquila, hit by an earthquake in 2009, is still undergoing extensive reconstruction work on all its historical/architectural heritage. A PhD research project currently underway tackles our understanding of historic mixtures, a type of investigation that has been quite limited in the Abruzzo region up until now, in order to provide information that could prove useful for the restoration work still to be carried out.

The study of the production line that went into making lime, the main material used to make mortar, has revealed considerable changes in lime extraction sites over time, affected by changes that occurred to the city's social and economic fabric, following historical events and devastating earthquakes.

This study, which was carried out by carefully comparing the information inferred from bibliographic sources with the facts that emerged from laboratory tests on samples of mortar taken from monuments, provided food for thought on other spheres of investigation as well. The analysis of 14th-century supply sites, for example, provides a useful contribution to our understanding of the relationship between the city and its surroundings, as well as our understanding of the origin of the many man-made cavities that caused a number of buildings to collapse during the earthquake, cavities found under the historic town centre of L'Aquila, as well as under many neighbouring towns.

The historical/documentary research project was complemented by detailed inspections of the buildings and laboratory tests carried out on samples of mortar taken from the old town centre's monuments. These studies particularly focused on Palazzo Carli Benedetti: a 15th-century building that perfectly represents the history of L'Aquila's historical/architectural heritage that is now being restored. Initial laboratory test results confirmed significant variations in mortar mixtures over time. The investigations that observed mortar cross-section samples under a microscope provided information on the materials used in mixtures of the past.

INTERPRETAZIONI STRATIGRAFICHE DI MALTE E INTONACI NELLE
CHIESE RURALI DELLA SARDEGNA: SAN GIOVANNI BATTISTA
A BORTIGALI (NU)

DONATELLA RITA FIORINO, CATERINA GIANNATTASIO, SILVANA MARIA GRILLO

Lo studio sulle chiese rurali della Sardegna costituisce un tassello di una ricerca più ampia, in corso, concernente l'analisi e la datazione delle tecniche costruttive dell'intera isola dall'epoca bizantina fino al XIX secolo. Il lavoro qui presentato riguarda la chiesa di S. Giovanni Battista a Bortigali, in provincia di Nuoro, ed ha come principale finalità la conoscenza analitica delle malte tradizionali – leganti, aggregati e additivi – adoperate per la realizzazione di strati di allettamento ed elementi di finitura in alcuni edifici rurali di culto, attualmente allo stato di rudere. In particolare, si sono individuate le costanti e le variabili che ricorrono nei composti indagati, interpretando i dati in relazione ad una serie di fattori, quali la funzione della materia all'interno dell'apparecchio murario, le stratigrafie di appartenenza, le cronologie relative e assolute ricavabili dal confronto materico. Le risultanze di tali ricerche contribuiscono alla definizione di un protocollo interdisciplinare di indagine per la costruzione di una conoscenza integrata dei manufatti storici autoctoni, particolarmente utile per possibili approfondimenti stratigrafici e archeometrici, finalizzati alla datazione delle strutture e alla conseguente ricostruzione di un importante capitolo della storia delle tecniche costruttive tradizionali in Sardegna, oltre che per la definizione di possibili interventi di conservazione e integrazione della lacuna materica e architettonica.

STRATIGRAPHIC INTERPRETATIONS OF MORTAR AND PLASTERWORK
IN SARDINIA'S RURAL CHURCHES: SAN GIOVANNI BATTISTA
A BORTIGALI (NU)

DONATELLA RITA FIORINO, CATERINA GIANNATTASIO, SILVANA MARIA GRILLO

This study of rural churches in Sardinia is part of a wider research project currently underway concerning the analysis and dating of the entire island's construction tech-

niques, from the Byzantine era to the 19th century. This article concerns the church of San Giovanni Battista in Bortigali, in the province of Nuoro, and its main aim was to analyse the traditional mortars – binder, aggregate and additives – used to make mortar bed layers and finishings in rural church buildings now in a state of ruin. In particular, the constants and variables that keep recurring in the mixtures examined were identified, and the information was interpreted in view of a series of factors, such as the purpose of the material within the masonry, its layers and the relative and absolute chronological profiles that could be extrapolated from a comparison of such material. The results of this research can help draft an interdisciplinary investigation protocol that can be used to build up an integrated understanding of native historic buildings, which is particularly useful for carrying out future stratigraphic and archaeometric analyses designed to date buildings and thus reconstruct an important chapter in the history of Sardinia's traditional construction techniques, as well as for agreeing possible conservation programmes and the repair of material and architectural gaps.

BIANCO COME IL CALCARE, NERO COME LA PECE:
PATINE E INCROSTAZIONI SUI FRONTI DEGLI EDIFICI
NEL CENTRO STORICO DI CASTELVECCHIO CALVISIO (L'AQUILA)
CHIARA PORROVECCHIO

Lo studio chiarisce la natura e l'origine di alcune alterazioni cromatiche che insistono sui prospetti esterni e nelle pareti interne degli edifici del centro storico di Castelvechio Calvisio, in provincia dell'Aquila. Era già noto che i litotipi utilizzati in edilizia nel territorio fossero rocce di tipo asphaltico, ma la campagna diagnostica eseguita ha consentito di stabilire che la formazione delle patine e incrostazioni oggi visibili, non è ascrivibile ad un naturale processo di degrado dei materiali, bensì è il risultato di antiche pratiche di trattamento e protezione di intonaci e superfici lapidee. La conoscenza della vicenda costruttiva dell'abitato ha consentito di suggerire ragioni, tecniche e datazione di un particolare e raro uso del bitume sulle pareti e di una più nota procedura di manutenzione delle pareti esterne che prevede l'impiego di sostanze organiche. Tali diversi tipi di lavorazione hanno generato rispettivamente incrostazioni di natura bituminosa e patine ad ossalati, la cui conoscenza consente di orientare con più consapevolezza le scelte conservative future.

WHITE AS LIMESTONE, BLACK AS TAR: BITUMINOUS PATINA AND
ENCrustATION ON THE BUILDING FAÇADES IN THE OLD TOWN CENTRE
OF CASTELVECCHIO CALVISIO (L'AQUILA)
CHIARA PORROVECCHIO

This study clarifies the nature and origin of stains found on the external facades and interior walls of buildings in the old town centre of Castelvechio Calvisio, in the province of L'Aquila. It was already known that the lithotypes used to construct buildings in this area were asphalt-type rocks, but the diagnostic campaign carried out allowed us to establish that the formation of deposits and encrustations visible today cannot be ascribed to a natural process of material decay. Instead, they are the result of ancient treatments used to protect plasterwork and stone surfaces. An understanding of the history of construction in the

town allowed us to venture techniques, dates and reasons for a rare, unusual use of bitumen on the walls and a more well-known procedure used for maintaining external walls which involved the use of organic substances. These various different kinds of procedures resulted in bituminous encrustations and oxalate deposits. Our understanding of them allows us to make future conservation decisions in a more informed way.

DURATA E DURABILITÀ DEL CALCESTRUZZO STORICO NELL'ARCHITETTURA DEL XX SECOLO

CAROLINA DI BIASE

Se il calcestruzzo armato è stato il materiale del XX secolo, i “calcestruzzi storici”, componente strutturale e di finitura di tanti manufatti, costituiscono la testimonianza tangibile della durata effettiva, dei modi di invecchiamento, deterioramento, riparazione dei materiali e delle strutture. Nel campo dell'ingegneria, lo studio del loro comportamento nel tempo è finalizzato a migliorare la durabilità delle future costruzioni, *ouvrage d'art*, innanzitutto. Viceversa, l'interesse degli studiosi e operatori del settore della tutela si concentra sui manufatti esistenti, per individuare ragioni e modalità del loro mantenimento; si focalizza in particolare sull'architettura del XX secolo che alla tecnica del calcestruzzo armato e alle sue proprietà ha fatto ampio ricorso. Le opere di “interesse storico ed estetico”, censite, inventariate, vincolate, rappresentano in tal senso un terreno di ricerca fecondo, soltanto parzialmente esplorato e condiviso. Gli ingegneri indagano da decenni i processi endogeni ed esogeni del deterioramento, e suggeriscono di volta in volta protocolli analitici e modelli predittivi, tecniche di riparazione e manutenzione, criteri per definire la durabilità delle costruzioni e quella delle riparazioni, la quantità delle qualirappresenta da tempo un notevole costo sociale. Alle loro ricerche, alle tante variabili del processo di degrado, ai diversi saperi e segmenti di ricerca specialistici coinvolti e alle rispettive acquisizioni, alle tipologie di intervento che con pochi scarti si ripetono nel tempo, al loro impatto e alla verifica della loro efficacia, alle sperimentazioni in atto, gli architetti della tutela non possono che guardare con attenzione. Per contribuire agli studi e alle pratiche della sostenibilità e per riformulare gli obiettivi della ricerca, tentando uno spostamento dal dominio delle pur necessarie tecniche di riparazione, a quello della conservazione (nei suoi multiformi significati) dei calcestruzzi storici.

THE DURATION AND DURABILITY OF HISTORIC CONCRETE IN 20TH-CENTURY BUILDINGS

CAROLINA DI BIASE

While reinforced concrete was the material of choice in the 20th century, ‘historic concretes’ – a structural component and finishing material used in many buildings – are a tangible sign of the actual duration of materials and edifices, of how they age, deteriorate and are repaired. In the field of engineering, the study of their performance over time aims to improve the durability of future constructions, *ouvrages d'art* first and foremost. Vice-versa, researchers and professionals in the field of conservation are particularly interested in existing buildings, in order to identify the reasons and methods for their maintenance. The focus is particularly on architecture of the 20th century, when there was a widespread use

of reinforced concrete techniques and properties. Works of 'historical and aesthetic interest' that have been detected, catalogued and protected are, to this end, a rich and fruitful area of research that has only partially been explored and discussed. Engineers have been studying endogenous and exogenous deterioration processes for decades, and on each occasion put forward predictive models and analytical protocols, maintenance and repair techniques and criteria for defining the durability of buildings and their repair (repairs which have been so numerous as to have had a high social cost for some time). Architects cannot help but be interested in studying their research, the many variables involved in the deterioration process, the various different fields of knowledge and specialist fields of research involved and their respective know-how, the types of restoration programmes that have been repeatedly carried out over time with few variations, their impact and the verification of their efficacy and experimental work currently underway, in order to contribute to research and sustainable practices and in order to reformulate the aims of research, in an attempt to shift things from the domain of techniques for repairing historic concretes, albeit necessary, to that of conservation (with all its many meanings).

LA INVESTIGACIÓN ARQUITECTÓNICA, EL PLAN DIRECTOR
DEL HOSPITAL REAL DE GRANADA (ESPAÑA) Y EL ANÁLISIS
DE TECHOS, ARMADURAS Y ALFARJES PARA SU CONSERVACIÓN
JAVIER GALLEGO ROCA

Existe una gran relación entre las características morfológicas y estructurales de la mayoría de las cubiertas del Hospital Real y otros tipos de techumbres del mismo periodo construidas en otras ciudades de la península ibérica, dentro de un tipo de construcción de carpintería que solo por recientes estudios, en el siglo XX, fue denominada de "estilo mudéjar". Efectivamente, dentro de la obra de carpintería del Hospital, Juan de Plasencia aportó una expresión relevante del arte mudéjar español del nuevo reino unificado bajo los Reyes Católicos, diferenciándose respecto a los otros maestros contemporáneos más cercanos a la obra de estilo gótico español del maestro Egas.

En concreto se trata de un conjunto de elementos estructurales y decorativos aplicados tanto al tratamiento de la fábrica como al de las carpinterías de la madera, en el que se fusionan los elementos de estilo hispano-gótico propio del mundo católico con la tradición constructiva hispano-musulmana que permanecía en España en los años de la Reconquista. El propio monumento constituye un documento histórico excepcional. Es un testimonio que permite extraerle una gran cantidad de información, no solamente sobre la arquitectura en sí misma sino también sobre la sociedad que lo creó y lo usó. La mirada atenta e intencionada del mismo conduce a la identificación de sus etapas constructivas, de las diferentes tecnologías aplicadas y de las transformaciones espaciales en función de sus cambios de uso. La descripción objetiva de las fábricas aporta un catálogo importante de datos, un registro de hechos y vicisitudes antrópicas y naturales. El artículo expone el análisis realizado a las sistemas constructivos y estructurales de los techos y armaduras de maderas del edificio renacentista y las propuestas de conservación en el marco del Plan Director del Hospital Real, documento base para la intervención.

ARCHITECTURAL RESEARCH, THE MASTER PLAN FOR THE ROYAL HOSPITAL (HOSPITAL REAL) IN GRANADA, SPAIN, AND THE ANALYSIS OF ITS CEILINGS, WOODEN ROOF FRAMES AND ALFARJES (HORIZONTAL BEAMED CEILINGS), WITH A VIEW TO THEIR CONSERVATION

JAVIER GALLEGO ROCA

The morphological and structural features of most of the ceilings of the *Hospital Real* (Royal Hospital) are closely related to other kinds of ceilings built in the same period in other cities of the Iberian Peninsula, part of a type of carpentry which only recently in 20th-century studies has been called the 'Mudéjar style'. Indeed, as regards the carpentry used in the hospital, Juan de Plasencia created an important example of Spanish *Mudéjar* art of the new kingdom, which had been unified under the Catholic monarchs, unlike other contemporary master builders whose designs were closer to Master Egas's Spanish Gothic style.

Specifically, it is a set of structural and decorative elements applied both to masonry and wooden carpentry, combining features of the Spanish-Gothic style typical of the Catholic world and of the Spanish-Muslim building tradition that remained in Spain during the years of the Reconquest.

The monument itself is an exceptional historical document. It is a record that provides a great deal of information, not only about the architecture itself, but also about the society that created and used it. Careful examination enables us to identify the stages of its construction, the different technologies applied and the alterations made to its layout as its use changed. The objective description of its construction provides an outstanding catalogue of data, a record of anthropic and natural facts and vicissitudes. This article describes the analysis carried out on the structural systems of the wooden ceilings and roof structures of this Renaissance building and outlines proposals for its conservation within the framework of the Master Plan for the *Hospital Real*, which is the basic document for intervention.

LO STUDIO DELLE MALTE ANTICHE PER LA FORMAZIONE MULTIDISCIPLINARE: INSEGNAMENTI ED EREDITÀ DI GIORGIO TORRACA

ELISABETTA GIORGI, CARLA BARTOLOMUCCI, MARIA LAURA SANTARELLI

Giorgio Torraca ha rappresentato uno dei primi esempi di scienziato capace di interloquire con altre figure sia tecniche che umanistiche nell'ambito della disciplina della conservazione dei beni culturali. Nella sua attività ha sempre lavorato per coniugare i diversi aspetti che si devono affrontare durante la fase di ricerca propedeutica al progetto conservativo, cercando di interagire con le varie figure professionali coinvolte nello studio. Dal dialogo era convinto ne scaturisse un'ampia conoscenza come fusione di diverse culture che potessero portare a una visione condivisa per la tutela di un bene culturale, anche attraverso la definizione di quella che lui chiamava la "cartella clinica" del monumento come strumento utile per il controllo e la manutenzione.

Forte oppositore della diagnostica fine a se stessa, ha applicato le metodologie scientifiche per ottenere risposte utili all'architetto, l'archeologo, lo storico, il restauratore e agli ingegneri. Un classico esempio è stato lo studio delle malte e degli intonaci su diversi cantieri da lui affrontati, come elemento d'indagine analitica utile non solo al diagnosta. Quest'attività

lavorativa, che ha perseguito durante tutta la sua vita, è stata filo conduttore di formazione in diversi Istituti di ricerca, sia italiani che stranieri, ove ha trasmesso con generosità scientifica il suo sapere.

Approccio fondamentale nello studio degli intonaci e delle malte fu la convinzione che essi fossero un'importante fonte di informazioni storico-conservative dell'edificio, quindi non uno "strato di sacrificio" bensì un elemento da conservare con le medesime attenzioni da riservare alle superfici lapidee di pregio.

Alcuni esempi di studi affrontati sono riportati con lo scopo di rilevare la metodologia di lavoro comune e condiviso, nell'attenta considerazione della struttura e storia di un monumento, per la definizione di equilibrati interventi nel rispetto delle informazioni e della conoscenza di un manufatto.

THE STUDY OF ANCIENT MORTARS FOR MULTIDISCIPLINARY TRAINING:
THE TEACHINGS AND LEGACY OF GIORGIO TORRACA

ELISABETTA GIORGI, CARLA BARTOLOMUCCI, MARIA LAURA SANTARELLI

Giorgio Torraca was one of the first scientists to communicate with other experts, both from the humanities and from technical fields, when working in the field of cultural heritage conservation. During his career, he always made efforts to combine the various different aspects that must be tackled during the preparatory research phase that precedes conservation projects, attempting to work with the various different experts involved in such research. He was convinced that such dialogue would result in a vast range of knowledge, a fusion of different cultures that could lead to a generally accepted vision for the protection of cultural assets, which would also include – among other things – the drafting of what he called the 'medical records' of individual monuments, a useful tool for monitoring and maintaining them.

Strongly opposed to diagnostics as an end in themselves, he applied scientific methods in order to find answers that would be useful to architects, archaeologists, historians, restorers and engineers.

A classic example of this was the study of mortars and plasterwork at the various sites he worked on as an analytical investigative tool that was useful, and not just for diagnosticians. This professional activity, which he continued throughout his life, was the common denominator when teaching in many research institutes, both in Italy and abroad, where he passed on his knowledge with scientific generosity.

His conviction that plasters and mortars were an important source of historical/conservational information on buildings was a fundamental approach in their study, considering them not just a 'layer that could be sacrificed', quite the contrary: an element that should be preserved with the same care reserved for valuable stone surfaces.

Some examples of his research projects are cited with the aim of exploring the common and generally agreed working method adopted when carefully considering the structure and history of a monument, designed to achieve balanced restoration work in line with our information on, and understanding of, a building.

Materiali e Strutture. Problemi di conservazione è una rivista dedicata alla ricerca su temi di restauro e conservazione, con particolare, ma non esclusivo, riferimento all'architettura del passato. Specifico interesse viene rivolto agli aspetti materiali e tecnici che caratterizzano la realtà costruita e artistica in generale, affrontati sia dal punto di vista quantitativo-scientifico che nelle possibili implicazioni teoretiche e nelle più adeguate prospettive di natura storico-critica.

L'apporto di competenze diverse, coerentemente con il carattere multidisciplinare del restauro, è particolarmente gradito, soprattutto se posto in relazione con la comprensione intima dell'opera e con la complessità generale delle problematiche conservative ad essa connesse.

Note per gli autori

In prima istanza i contributi vanno inviati via e-mail (donatella.fiorani@uniroma1.it), includendo le illustrazioni. L'invio presuppone che essi siano lavori originali, inediti e che non siano in corso di valutazione per un'eventuale pubblicazione altrove.

Norme redazionali

La prima pagina dovrà contenere: il titolo del contributo, il nome dell'autore, la qualifica e l'ente di appartenenza, un breve abstract.

Immagini

I file digitali delle illustrazioni, salvati in formato TIFF o JPEG, dovranno avere risoluzione minima non inferiore a 300 dpi.

Indicazioni bibliografiche

L'elenco completo delle indicazioni bibliografiche deve essere contenuto in un file specificamente dedicato.

Materials and Structure. Conservation problems is a review dedicated to the research of themes of restoration and conservation with particular, yet not exclusive, reference to the architecture of the past. Specific attention is given to the aspects of material and technology that characterize the realities of building and art in general. These aspects are treated both from a quantitative-scientific point of view as well as exploring any possible theoretical implications and the wider historical-critical perspective.

The contribution of different expertise, coherently with the multidisciplinary nature of restoration, is particularly welcome, especially if there is a correlation between this and a deep lying knowledge of the project and of the general intricacies of its relevant conservation problems.

Notes for Contributors

In the first instance, please submit your paper via e-mail (donatella.fiorani@uniroma1.it), including illustrations. Submission of a paper to the journal is taken to imply that it represents original work, which is not under consideration for publication elsewhere and has not published previously.

Editorial rules

The first page should contain: the title, the author's name, qualifications and affiliation, a short abstract.

Illustrations

Digital files of illustrations need to be at least 300 DPI, and saved as TIFF or JPEG files.

References

References should be cited in full into a specific file.

Finito di stampare nel mese di dicembre 2015
presso Arti Grafiche CDC srl – Città di Castello (PG)



ISSN 1121-2373

€ 25,00