

RA

restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico d'interesse archeologico
e di quello allo stato di rudere
**Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze**

The knowledge, conservation, and valorization
of all endangered, neglected,
or ruined architectural structures.
**Journal of the Department of Architecture
University of Florence**

2 | 2018



RA

restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico d'interesse archeologico
e di quello allo stato di rudere

**Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze**

The knowledge, conservation, and valorization
of all endangered, neglected,
or ruined architectural structures.

**Journal of the Department of Architecture
University of Florence**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

Editor in Chief

Roberto Sabelli
(Università degli Studi di Firenze)
roberto.sabelli@unifi.it

Managing Editor

Andrea Arrighetti
(Università degli Studi di Siena)

Anno XXV numero 2/2018
Registrazione Tribunale di Firenze
n. 5313 del 15.12.2003

ISSN 1724-9686 (print)
ISSN 2465-2377 (online)

Director

Saverio Mecca
(Università degli Studi di Firenze)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Mariarosaria Barbera
(Direttore Generale del Parco
archeologico di Ostia Antica)

Philippe Bernardi
(Centre national de la recherche
scientifique, Aix-en-Provence)

Giovanna Bianchi
(Università degli Studi di Siena)

Susanna Caccia Gherardini
(Università degli Studi di Firenze)

Emma Cantisani
(Istituto per la Conservazione e la
Valorizzazione dei Beni Culturali | CNR)

Giuseppe Alberto Centauro
(Università degli Studi di Firenze)

Michele Coppola
(Università degli Studi di Firenze)

Maurizio De Vita
(Università degli Studi di Firenze)

Daniela Esposito
(Sapienza | Università di Roma)

Carlo Alberto Garzonio
(Università degli Studi di Firenze)

Luca Giorgi
(Università degli Studi di Firenze)

Alberto Grimoldi
(Politecnico di Milano)

Paolo Liverani
(Università degli Studi di Firenze)

Pietro Matracchi
(Università degli Studi di Firenze)

Alessandro Merlo
(Università degli Studi di Firenze)

Camilla Mileto
(Universitat Politècnica de València)

Gaspar Muñoz Cosme
(Universitat Politècnica de València)

Lorenzo Nigro
(Sapienza | Università di Roma)

José Manuel López Osorio
(Universidad de Málaga)

Andrea Pessina
(Soprintendente della SABAP per la città
metropolitana di Firenze e le province
di Pistoia e Prato)

Hamdan Taha
(Former Director General of Antiquities,
Palestinian Territory, Occupied)

Guido Vannini
(Università degli Studi di Firenze)

Fernando Vegas López-Manzanares
(Universitat Politècnica de València)

Cristina Vidal Lorenzo
(Universidad de Valencia)



Stampato su carta di pura cellulosa Fedrigoni



Cover photo

Pompei,
lato sud del peristilio

Copyright: © The Author(s) 2018

This is an open access journal distributed under the Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International License
(CC BY-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>).

graphic design

●●● dida**communicationlab**
DIDA Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 14
50121 Firenze, Italy

published by

Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
Borgo Albizi, 28, 50122 Firenze, Italy
www.fupress.com

Indice

Un percorso interdisciplinare per la ricostruzione degli orizzontamenti lignei delle domus romane <i>Luca Sbrogiò, Angelo Bertolazzi, Umberto Turrini, Maria Rosa Valluzzi, Vanessa Centola, Jacopo Bonetto</i>	4
Columnen, cantherii, transtra et capreoli: intorno alla genesi delle incavallature lignee <i>Ruggieri Nicola</i>	30
Dialettica del rudere urbano: storia di un isolato Shikumen a Shanghai <i>Gabriela Frulio</i>	52
I terremoti del I secolo d.C. a Pompei. Osservazioni intorno ai danni e consolidamenti nelle Terme Stabiane con particolare riguardo ad uno sperone nel <i>Destructarium</i> <i>Stefano Galassi, Ruggieri Nicola, Giacomo Tempesta</i>	72
Palazzo Capponi delle Rovinate a Firenze: analisi e valutazioni per il progetto di restauro <i>Giovanni Minutoli</i>	92

Un percorso interdisciplinare per la ricostruzione degli orizzontamenti lignei delle domus romane

Luca Sbrogiò, Maria Rosa Valluzzi,
Vanessa Centola, Jacopo Bonetto

DBC, Università degli Studi di Padova

Angelo Bertolazzi, Umberto Turrini

DICEA, Università degli Studi di Padova

pagina a fronte

Fig. 10
Pompei, diverse forme
degli alloggiamenti
delle travi nelle
murature ben
squadrate (foto degli
autori, dicembre 2015)

Abstract

In most cases, archaeological excavations provide very little information about buildings' upper parts, such as roof and floors, except for a few peculiar cases, such as Pompeii, Herculaneum and ancient Ostia. Being wood less durable than masonry, our knowledge of the rules and the principles commonly used in Antiquity to design timber structures is still limited to hypothesis. Ancient writers, such as Plinius or Vitruvius, cannot help either, due to the recurrent difficulty of interpreting structural details and technical aspects discussed in their essays. In the paper, an integrated method, able to combine the archaeological data with the architectural knowledge of the Antiquity and the support of engineering analyses, is proposed. Based on limited information already available and through the application of the simplified kinematic approach, unknown geometrical data of the Roman house have been identified through analytical formulas, thus linking a house's floor layout to its elevation. In particular, starting from the linking of the house's floor layout to its elevation, dimensional criteria for timber beams and the roof's pitch in agreement with the archaeological evidence have been defined.

Introduzione

L'immagine delle volumetrie e della configurazione altimetrica degli edifici archeologici d'età romana (e non solo) non è in genere direttamente deducibile dalla conoscenza, per quanto approfondita tramite lo scavo e le altre tecniche d'indagine, dell'impianto delle murature o delle fondazioni.

Nei contesti abitativi la minor qualità costruttiva, intesa in senso di consistenza strutturale, e l'uso esteso di materiali deperibili come il legno comportano, salvo casi eccezionali, una riduzione dell'entità dei resti rinvenibili rispetto a quanto potrebbe restituire un edificio pubblico, in cui è più probabile l'uso di murature massicce e strutture orizzontali altrettanto in muratura, quali volte e cupole.

Di converso, il frequente ritrovamento di complessi residenziali antichi, romani in particolare, impone il confronto con la loro ricostruzione in una situazione di assenza di criteri condivisi che non si limitino all'analogia o



Fig. 1
Inclinazione della
copertura in funzione
della latitudine
secondo una proposta
di Rondelet ripresa
nel trattato di Nicola
Cavalieri San Bertolo
(da Cavalieri San
Bertolo 1832)

NOMI DELLE CITTÀ	latitudini geografiche	INCLINAZIONI DE' COPERTI			
		di soli canali	di tegole maritate	di lastre d'ardesia	di tegole piatte
	gr. min.	gr. min.	gr. min.	gr. min.	gr. min.
Amsterdam	52. 23	28. 55	33. 44	36. 09	38. 33
Berlino	52. 32	29. 04	33. 35	36. 12	38. 46
Bologna	44. 29	21. 01	24. 31	26. 16	28. 01
Bruzelles	50. 51	27. 23	31. 57	34. 14	36. 31
Copenaghen	55. 40	32. 12	37. 34	40. 15	42. 56
Costantinopoli	41. 00	17. 32	20. 17	21. 55	23. 22
Dresda	51. 12	27. 44	32. 21	34. 40	36. 58
Edimburgo	55. 58	32. 30	37. 55	40. 38	43. 20
Firenze	41. 46	18. 18	21. 21	22. 53	24. 24
Genova	44. 25	20. 57	24. 27	26. 11	27. 56
Lisbona	38. 42	15. 14	17. 46	19. 03	20. 19
Londra	51. 31	28. 03	32. 34	35. 04	37. 04
Madrid	40. 25	16. 57	19. 47	21. 11	22. 36
Milano	45. 25	21. 57	25. 37	27. 26	29. 16
Modena	44. 34	21. 06	24. 37	26. 23	28. 08
Monaco	48. 02	24. 34	28. 40	30. 43	32. 45
Mosca	55. 45	32. 17	37. 40	40. 21	43. 03
Napoli	40. 50	17. 22	20. 16	21. 42	23. 09
Palermo	38. 10	14. 42	17. 09	18. 23	19. 36
Parigi	48. 50	25. 22	29. 36	31. 42	33. 49
Piacenza	45. 05	21. 37	25. 13	27. 01	28. 49
Pietroburgo	59. 56	36. 28	42. 33	45. 35	48. 37
Roma	41. 54	18. 26	21. 30	23. 01	24. 35
Stoccolm	59. 20	35. 52	41. 51	44. 50	47. 49
Torino	44. 51	21. 23	24. 57	26. 44	28. 31
Versavia	52. 14	28. 46	33. 34	35. 58	38. 21
Venezia	45. 25	21. 57	25. 37	27. 26	29. 16
Vienna	48. 12	24. 44	28. 51	30. 55	32. 59
Zurigo	47. 28	24. 00	28. 00	30. 00	32. 00

all'imitazione e che non lascino aperti dubbi sulla reale possibilità di applicare determinate soluzioni costruttive al contesto rinvenuto.

Il percorso di conoscenza archeologica può essere pertanto completato grazie al contributo di altre discipline, in particolare, tramite la considerazione delle condizioni strutturali ricorrenti degli orizzontamenti (solai e coperture) e delle murature in elevazione degli edifici antichi (Giuliani, 2006) o, in assenza di informazioni dirette da questi, dell'edilizia storica. Così facendo, i vari frammenti edilizi rinvenuti dallo scavo riacquistano l'unità all'interno di un organismo sottoposto alle sollecitazioni dell'ambiente e dell'uso.

Il coinvolgimento e l'integrazione di competenze proprie dell'archeologia, dell'architettura e dell'ingegneria, qui espresse dai Dipartimenti di Beni Culturali e di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università di Padova, sono quindi fondamentali per affrontare un problema che è chiaramente interdisciplinare.

Il tema dell'articolazione in elevato della casa romana può essere allora affrontato nella forma il più possibile completa, nel rispetto delle cono-

scienze archeologiche e con il sostegno, al contempo, degli elementi geometrico-costruttivi necessari e sufficienti per approntare studi numerici di comportamento meccanico. Ciò comporta, sulla base delle conoscenze archeologiche e il soccorso di quelle architettoniche nelle lacune rimaste, l'implementazione delle informazioni in modo gerarchico, dai dati alle ipotesi, all'interno di uno schema, o, più correttamente dal punto di vista ingegneristico, di un *modello*.

Sfruttando il "terreno comune" tra archeologia e ingegneria rappresentato dal modello della casa romana di ambito campano-laziale è stato possibile mettere in luce alcune questioni essenziali cui si cerca di dare risposta con il presente lavoro. Tra esse si possono citare: a) l'individuazione di disposizioni strutturali ricorrenti nei solai e nelle coperture in rapporto alle caratteristiche geometriche dell'edificio; b) la definizione di regole empiriche di dimensionamento strutturale (se esistono) e la loro traduzione in espressioni matematiche riproducibili; c) la ricerca di una relazione (se esiste) tra la configurazione planimetrica dell'edificio e quella altimetrica, in particolare con le altezze delle murature e le inclinazioni delle coperture.

Lo studio infine ha portato alla redazione di apposito software, sviluppato in linguaggio Visual Basic che, sulla base dei dati di configurazione generale dell'edificio e di dettaglio tecnico-costruttivo delle strutture, consente di individuare in modo rapido i termini geometrici indefinibili mediante il solo studio archeologico e comparativo (Sbrogiò, 2016; Centola, 2018).

Conoscenze preliminari

La sistematizzazione di tutti gli elementi, archeologici e costruttivi concorrenti alla formazione del modello, è resa possibile anzitutto dallo spoglio dalle conoscenze acquisite sia nel contesto dell'archeologia che dell'architettura e dell'ingegneria (Sbrogiò, 2016; Centola, 2018).

Nella letteratura archeologica (tra gli altri, Choisy, 1873; Giovannoni, 1925; Lugli, 1957; Ginouvès, 1992; Adam, 1988; Cagnana, 2000; Lancaster, 2005; Giuliani, 2006; Ulrich, 2007; Oleson, 2008; Bianchini, 2010; Malacrino, 2010; Lancaster, 2015; Vitti, 2016), ampio spazio è dedicato alle tecniche di lavorazione della pietra e della muratura e alle modalità di realizzazione delle strutture più complesse e caratteristiche dell'architettura romana quali archi, volte e cupole. Nel campo delle strutture lignee si rilevano, invece, maggiori incertezze (Trevor Hodge, 1960; Mathé, 2017): per colmare i vuoti lasciati dagli scarsi ritrovamenti si fa pertanto ricorso al confronto con tecniche tradizionali ancor oggi esistenti (Adam, 1988) o si attinge direttamente alle fonti letterarie antiche (Plino *N. H.*; Vitruvio, *De Arch.*; Varrone, *De Lingua Lat.*). Ciò comporta notevoli difficoltà di interpretazione della terminologia specifica, in assenza di riferimenti diretti originali (Tampone, 2000; Gros, 2001).

È possibile individuare le maggiori incertezze della trattatistica antica nelle descrizioni delle parti di edificio dove, presumibilmente, le competenze e l'esperienza dei capomastri prevalevano sul contributo dell'architetto. Non a caso, a fronte della descrizione dell'impostazione generale delle

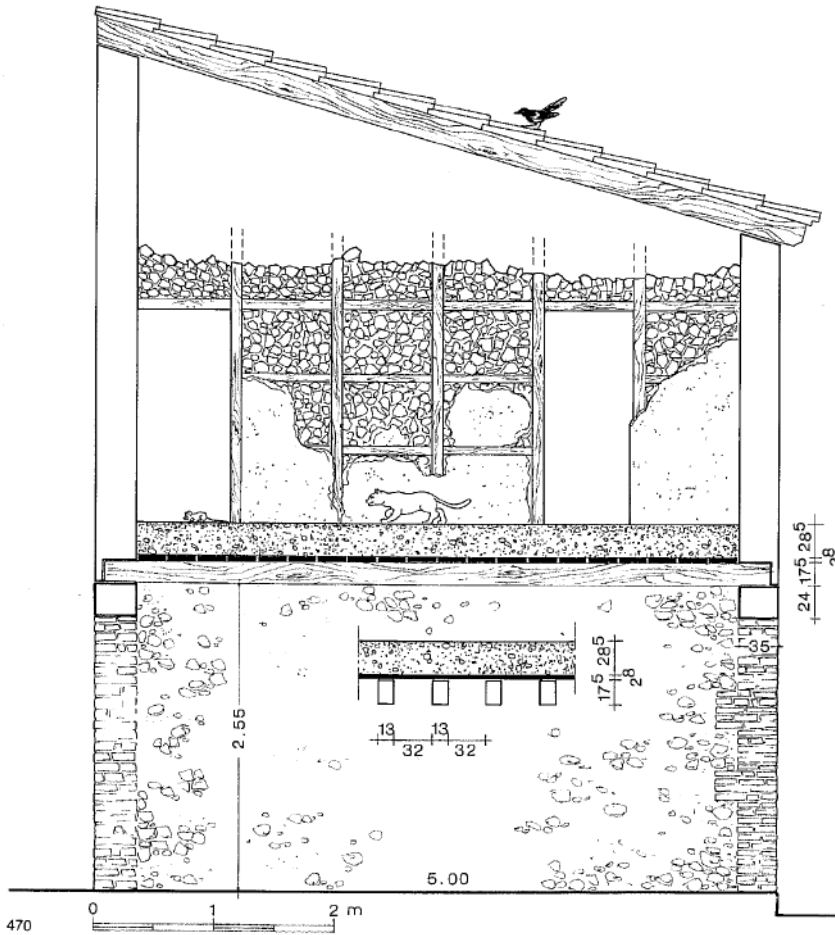
strutture di piano e di copertura di una parte così importante della casa romana di ambito vesuviano come l'atrio, in rapporto alla luce da superare e all'effetto architettonico da ottenere, vengono taciuti aspetti non secondari che scaturiscono dal disegno complessivo, come la questione della pendenza delle falde dell'atrio e la gestione delle loro intersezioni (Pierattini, 2009; Sbrogiò, 2016; Centola, 2018), oppure da questioni di dettaglio, come gli appoggi delle strutture in legno nelle murature (un problema che invece trova spazio già nella trattatistica rinascimentale come in Alberti o nello Scamozzi).

Un'altra lacuna importante emersa dall'analisi della letteratura, in vista di una accurata ricostruzione delle parti fuori terra degli edifici, è relativa all'esistenza di criteri di natura empirica per il dimensionamento delle strutture lignee, ossia per stabilire le dimensioni di una sezione rispetto alla lunghezza della trave e ai carichi che deve sostenere. Relativamente ai tetti mancano, oltre alle dimensioni delle travi, le indicazioni relative alla configurazione generale, come l'inclinazione rispetto alla tipologia dell'orditura, al manto di copertura e all'entità delle precipitazioni. Alcune soluzioni sono deducibili dalla consultazione della manualistica premoderna o, al più tardi, ottocentesca, ma già in quest'ultima si rinvengono considerazioni progettuali basate sui risultati dell'allora nascente scienza delle costruzioni, che difficilmente potevano rientrare tra le conoscenze di un antico costruttore (Milizia, 1781; Cavaliere San Bertolo, 1832; Cantalupi, 1862; Curioni, 1871; Mazzocchi, 1871; Donghi, 1906) al pari di formule che appaiono oggi decisamente deterministiche (Rondelet, 1835) e che forniscono i risultati esposti (vedi Fig. 1).

L'esclusione della trattatistica rinascimentale dall'elenco delle fonti letterarie è voluta, ed è motivata dal fatto che i manuali più recenti, dal Settecento in poi, perdono il riferimento al testo vitruviano e mostrano maggiore interesse al reale, alle regole pratiche di cantiere che si cerca di sistematizzare e validare attraverso la nascente scienza delle costruzioni (De Fino, 2008). È proprio questo momento di passaggio tra l'empiria e il calcolo che, a parere degli autori, fotografa il sapere costruttivo fino ad allora accumulato e rappresenta una fonte di informazione più precisa ed interpretabile secondo schemi e regole generali rispetto agli sforzi di teorizzazione precedenti. Il confronto tra i due gruppi di trattati, prima e dopo le esperienze di Galilei e di Parent, ha tuttavia dimostrato la sostanziale continuità degli aspetti pratici e di dettaglio delle strutture lignee legittimando ulteriormente questa scelta (Sbrogiò, 2016).

Per quanto attiene infine le fonti materiali, in area italiana, la maggior parte delle conoscenze nel campo dei sistemi costruttivi adottati nelle parti in legno degli edifici antichi, quali solai di piano e coperture, proviene dagli studi dedicati alle città archeologiche dell'area vesuviana, le sole, o quasi, dove è possibile rinvenire tracce consistenti delle parti superiori. Tuttavia, è riscontrabile una maggiore attenzione per il dettaglio architettonico o decorativo (aggetti, mensole, gronde, manti di copertura) o per gli elementi di partizione interna (scale, parapetti, soppalchi), rispetto ad una lettura

Fig. 2
 "Sezione tipo" di
 una casa a due
 piani con bottega
 al pianterreno
 ad Ercolano (da
 Adam 1988)



complessiva dei dati in rapporto agli spazi funzionali dell'abitazione, se si eccettuano isolati tentativi (Ulrich, 1996; Adam, 1988; Ulrich, 2007; Ruggieri, 2017).

Ricerche recenti hanno permesso di stabilire anche le essenze lignee impiegate per usi strutturali (Di Pasquale et al., 2012; Moser et al., 2013; Camardo et al., 2015; Moser et al., 2016; Ruggieri, 2017), evidenziando un sostanziale comparabilità con quanto indicato dalla trattatistica e anche dall'esperienza costruttiva italiana successiva, con l'impiego di legno di conifera di provenienza sostanzialmente locale, almeno ad Ercolano.

Tuttavia, è grazie ad un'apposita campagna di censimento nel sito nella città archeologica di Ercolano, condotta in accordo con la *Soprintendenza Speciale dei Beni Archeologici di Pompei Ercolano e Stabia*, che è stato possibile rilevare le forme e le dimensioni delle travi (indirettamente attraverso la misura degli alloggiamenti nelle murature), gli interassi e le luci strutturali, la direzione e la tipologia delle strutture in rapporto alle dimensioni e alla funzione dell'ambiente nell'organizzazione della casa antica. I dati rac-

colti sono stati poi confrontati con le nozioni ricavate dalla manualistica e con le attuali strategie di progetto (Sbrogiò, 2016; Centola, 2018), contribuendo a migliorare l'interpretazione delle scelte operate dagli antichi costruttori ed indirizzando la successiva fase di individuazione del criterio di dimensionamento (cfr. Tab. 4).

L'assetto della casa romana

L'assetto di riferimento della casa romana in ambito peninsulare, assemblato ed ottimizzato in base alle conoscenze preliminari raccolte dalla letteratura storica ed emerse da considerazioni di tipo strutturale, è qui proposto in qualità di strumento di ausilio alla conoscenza archeologica. A tal scopo, è necessario definire in via preliminare una gerarchia delle informazioni di riferimento. Esistono valori noti, i *dati* del problema, estrapolati dallo scavo archeologico; valori variabili entro certi limiti o secondo certe tipologie, i *parametri*, ricavabili dallo studio comparato delle fonti e della letteratura o per analogia con altre strutture; e, da ultimo, le vere e proprie *incognite*, vale a dire tutto ciò che non può essere noto a priori e che dipende dalle prime due classi di informazioni (Tab. 1).

Tab. 1
Classificazione delle
informazioni descrittive
del modello

	Dati	Parametri	Incognite
Geometrie	- Spessore delle pareti - Dimensioni degli ambienti - Altezza delle pareti* - Altezza delle travi di impalcato* - Spaziatura delle travi* - Forma della sezione*	- Spaziatura delle travi* - Altezza delle pareti* - Forma della sezione*	- Inclinazione delle falde di copertura - Altezza delle travi di impalcato*
Tipologia strutturale	- Disposizione orditure*	- Disposizione orditure	
Materiali	- Tipologia muratura	- Tipologia legno strutturale	
Carichi	- Neve - Vento - Peso proprio pareti	- Peso proprio del tetto - Carico di esercizio (aspetti funzionali)	

I termini indicati con * possono essere noti in particolari circostanze di rinvenimento ma nella maggior parte dei casi sono indeterminabili tramite lo scavo archeologico.

Le informazioni qui descritte consentono l'implementazione di modelli semplificati di comportamento meccanico, quale quello per catene cinematiche di corpi rigidi di muratura o "componenti strutturali" (Giuffrè, 1993), considerando che: a) la maggior parte delle informazioni è ricavata da indicazioni a carattere generale di tipo manualistico; b) sono evidenziate le analogie tra singoli casi più che le differenze; c) nel periodo di riferimento dello studio non è compreso il comportamento fisico dei materiali da costruzione (tensioni, deformazioni) ma solo la manifestazione macroscopica di esso (collasso, configurazione deformata); d) le conoscenze

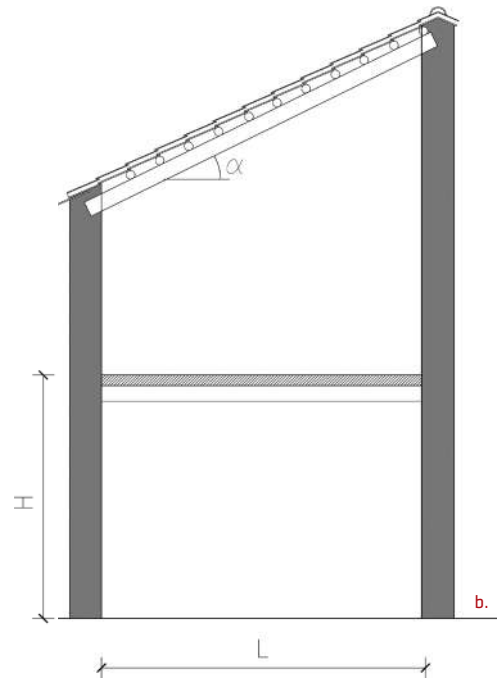
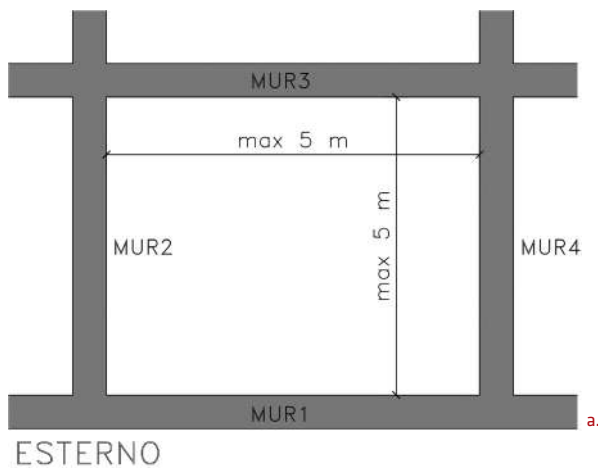


Fig. 3
Schematizzazione in
pianta (a) e sezione
(b) dell'edificio di
Fig. 2 (disegno degli
autori)

in campo statico possono ragionevolmente ritenersi limitate alla statica dei vettori e alla configurazioni di equilibrio dei corpi (Benvenuto, 1981). Il metodo per catene cinematiche richiede dati a macroscale, come quelli deducibili dall'analisi della letteratura, per i tre aspetti di geometrie, materiali e carichi, da combinare in relazioni di equilibrio tra corpi rigidi gestibili anche in modo parametrico. Esso è efficacemente applicato nell'analisi sismica delle costruzioni storiche in muratura (Decreto Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018) ma si rivela altrettanto utile per analisi in campo statico, come nel caso in studio e di seguito descritto.

Al fine di rappresentare una casa privata in area vesuviana, l'edificio-modello presenta al più due piani fuori terra, una pianta all'incirca rettangolare, in cui le murature perimetrali sono intersecate a tratti da muri di spina ad esse ortogonali i quali, a loro volta, possono incrociare eventuali pareti interne longitudinali portanti. Con riferimento ad un edificio di tipo residenziale di medio alto livello, le distanze tra le pareti sono tali (5 m circa al massimo) da consentire l'impiego di solai ad orditura prevalentemente monodirezionale secondo la dimensione minore degli ambienti coperti, con calpestio formato da tavolato ligneo e soletta in conglomerato (Centola, 2018). La copertura presenta anch'essa l'orditura semplice di puntoni disposti nella direzione della pendenza e, pertanto, spingenti sulla parete perimetrale d'appoggio, ed è rifinita con un'orditura di correntini ortogonali che reggono il manto di tegole piane e coppi di coperta (Figg. 2-3).

I dati

Gli unici dati effettivamente a disposizione sono quelli determinati o estrapolati dalla conoscenza del sito e dallo scavo archeologico: la posizione geografica, l'impianto murario dell'edificio, le dimensioni degli am-

bienti, lo spessore e il tipo delle murature. La posizione geografica determina le azioni variabili del vento, della neve e del sisma (quest'ultimo non viene qui considerato) che agiscono (agivano) sulla struttura antica, e che è possibile determinare ipotizzando di estendere la validità delle prescrizioni normative attuali (Decreto Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018) in assenza di studi specifici. Gli altri dati consentono di definire le geometrie delle strutture e, da queste, i pesi propri, tramite una corrispondenza tra le murature più frequenti nel panorama archeologico antico e le tipologie descritte nella normativa vigente (Circ. Min. Infrastrutture 2 febbraio 2009). La corrispondenza è stata stabilita sulla base delle nuove classificazioni (Ginouvès e Martin, 1985; Giuliani, 2006; Piazza, 2015) sostituite della nomenclatura tradizionale (Lugli, 1957), la quale viene riproposta in Tab. 2.

Tab. 2
Parametri delle murature
di comune ritrovamento
archeologico

Nomenclatura tradizionale	Tipologia muraria	Riferimento Tab. C8A.2.1 DM 2/2/2009	W [kN/mc]	f _m [MPa]
<i>Opus quadratum</i> (tufo)	Muratura a conci di pietra lavorati su tutte le facce	Muratura a conci di pietra tenera	16	1,4
<i>Opus testaceum</i>	Muratura piena in mattoni legati da malta di calce	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	18	2,4
<i>Opus testaceum a nucleo e paramento</i>	Muratura piena in mattoni legati da malta di calce con nucleo interno	- - -	18 (*)	5 (*)
<i>Opus incertum</i> (cattiva tessitura)	Muratura in scapoli lapidei sbozzati legati da malta di calce	Muratura in pietrame disordinata	19	1
<i>Opus incertum</i> (buona tessitura)	Muratura in scapoli sbozzati sui paramenti esterni separati da nucleo interno in malta di calce	Muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno	20	2
<i>Opus reticulatum</i>	Muratura in elementi piramidali disposti con le basi allineate a 45° sul paramento; nucleo in malta di calce	Muratura in pietra a spacco con buona tessitura	21	2,6
<i>Opus quadratum</i> (calcare)	Muratura a blocchi lapidei squadri	Muratura a blocchi lapidei squadri	22	6

(*) Il dato è ricavato da (Giarvini et al., 2006) poiché una simile tipologia muraria non è presente in normativa; in alternativa è possibile ricorrere alle caratteristiche dell'*opus reticulatum*.

La corrispondenza tra le tipologie murarie antiche e quelle classificate dalla normativa attuale è stabilita su base descrittiva, in assenza di specifiche prove di resistenza sui materiali, pur nella consapevolezza di poter difficilmente assimilare caratteristiche tipologiche differenti in merito, ad esempio, alla compattezza del nucleo interno della muratura romana rispetto

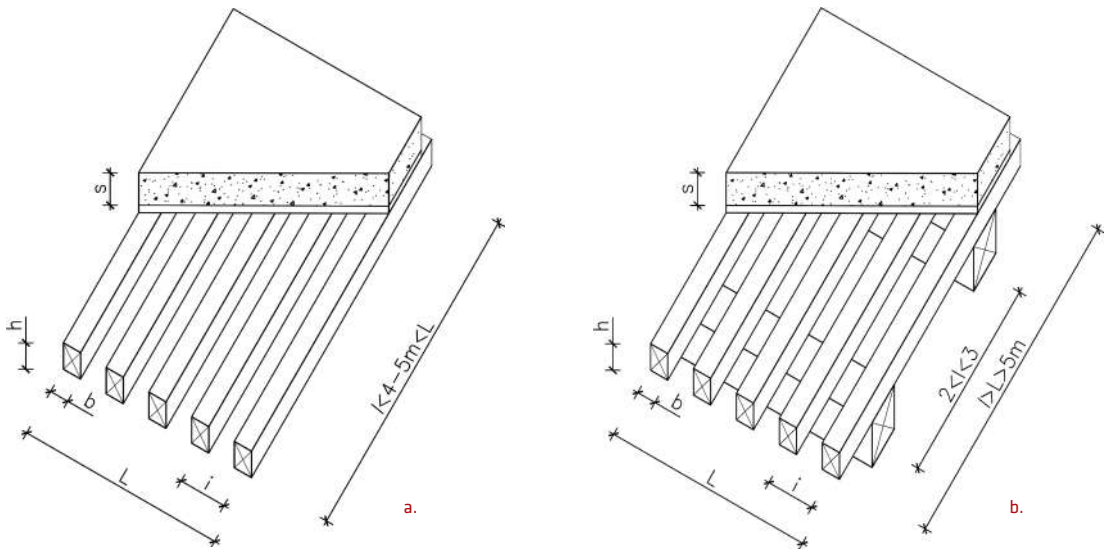


Fig. 4
Possibili
configurazioni
dei solai lignei
tradizionali: orditura
semplice (a) e doppia
(b) (disegno degli
autori)

alle tipologie delle epoche successive (Sbrogiò, 2016). In questa prima schematizzazione, l'opera reticolata può essere assunta ad una muratura in pietra a tessitura irregolare di buona qualità (Giuliano, 2010). Per il tipo di modellazione adottata (cfr. par. 2.3.2) si vedrà che è sufficiente conoscere il solo peso specifico della muratura (dato a "macroscala"), relativamente più facile da determinare rispetto alla sua resistenza a compressione (dato a "microscala").

I parametri

La configurazione dei solai lignei tradizionali (Fig. 4) è influenzata da diversi aspetti: a) le luci strutturali in gioco; b) l'uso e la funzionalità degli ambienti; c) il materiale disponibile; d) le possibilità economiche della committenza; e) il livello di comprensione del funzionamento strutturale; nonché f) la trasmissione dei saperi tecnici. Tutto questo limita le possibili disposizioni degli elementi a poche combinazioni, chiaramente riconoscibili nell'edilizia storica italiana e nella manualistica: l'orditura semplice o doppia per i solai, le configurazioni spingenti o non spingenti a singola o doppia orditura nelle coperture (Barbisan e Laner, 1997a; Barbisan e Laner, 1997b; Giordano, 1999; Tampone, 2000). Esistono poi soluzioni meno ordinarie, come le capriate, ma non è possibile affrontare in questa sede l'argomento che, solo recentemente, sembra aver trovato una possibile soluzione (Camardo e Notomista, 2014). Si può affermare tuttavia che, nell'ambito dei limiti geometrici stabiliti dal presente studio, non se ne richiede l'impiego.

Le stesse configurazioni sono riconoscibili anche nelle tracce lasciate a Pompei, Ercolano e Ostia Antica sulle murature (Ulrich, 1996; Adam, 1988; Ulrich, 2007; Ruggieri, 2017) testimoniando la persistenza di modi costruttivi tradizionali tramandati (Adam, 1988) e, di conseguenza, legittiman-

do il confronto tra modalità costruttive postclassiche ed antiche, almeno nell'ambito dell'edilizia privata corrente, salvo i cantieri per committenze di alto rango per i quali è lecito immaginare l'impiego di materiali e soluzioni eccezionali, come attestato anche dalle fonti letterarie (Giuliani, 2006).

Più controversa è l'identificazione di una regola di dimensionamento degli elementi lignei: i manuali tecnici sette-ottocenteschi riportano una prima sistematizzazione delle conoscenze allora disponibili, in un'interessante commistione tra regole pratiche di cantiere e prime codificazioni numeriche, nella quale spicca la nota regola dell'altezza della sezione rapportata alla lunghezza dell'elemento strutturale (cd. "luce"), cfr. Tab. 3.

Tab. 3
Altezza delle travi
rispetto alla luce nella
manualistica storica

	Rondelet	Milizia, Cavalieri	Cantalupi, Curioni	Donghi
Orditura semplice	1/24	1/18	1/24	1/20
Rompitratta	1/18	-	1/18	1/18

Questi rapporti si riscontrano già nella trattatistica rinascimentale, ad ulteriore conferma della permanenza di questi insegnamenti anche a distanza di tanti secoli.

Vi è inoltre il problema della forma della sezione (rettangolare, quadrata, tonda) poiché essa è determinabile tanto sulla base di considerazioni strutturali (efficacia rispetto all'inflessione cfr. Donghi, 1906; Giordano, 1999; Sbrogiò, 2016) quanto sulla disponibilità economica del committente (sfruttamento del materiale): la manualistica tende a riferirsi a sezioni squadrate, ma in sito l'impiego attestato è di gran lunga più variabile (Guidobaldi et al., 2008; Ruggieri, 2017; Centola, 2018). Il confronto tra i dati raccolti in sito (Centola, 2018), i pochi già pubblicati (Ulrich, 1996; Adam, 1988) e le indicazioni dei manuali è stato determinante per proporre un'espressione di dimensionamento adeguata alle ipotesi archeologiche.

In questa formulazione matematica, a differenza di quanto accade per la muratura, rientrano anche proprietà meccaniche a "microscala", come la resistenza a flessione e il modulo elastico, dipendenti per di più dalle condizioni di impiego del legno. Tuttavia, è necessario individuare tali valori in modo da essere adeguati al contesto archeologico, nell'impossibilità di applicare direttamente tanto i valori proposti dalla normativa attuale (UNIEN 338), quanto quelli dedotti dalla trattatistica (cfr. Rondelet, 1835 e Mazzocchi, 1871) poiché non sono chiare le condizioni di prova (che influenzano la resa strutturale) usate in quest'ultima. Ciononostante, alcuni dati presentati proprio dal Mazzocchi consentono di stabilire una corrispondenza tra i parametri di allora e quelli dei legnami massicci attuali di coltivazione italiana e di qualità medio-bassa secondo la UNI 11035 (Fig. 5). I parametri ottocenteschi sono determinabili previa applicazione dei soli coefficienti correttivi relativi alla classe d'uso e alla durata del carico, i quali sono espressione di caratteristiche intrinseche del materiale e possono quindi rappresentare un vincolo indipendentemente dall'epoca del "pro-

getto” (Decreto Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018) (Fig. 6). Ovviamente, non avrebbe senso in questo contesto applicare il coefficiente di sicurezza del materiale oggi previsto dalla normativa.

I carichi agenti sui solai, pesi propri e carichi di esercizio, possono essere determinati, i primi in modo parametrico, utilizzando le diverse stratigrafie di pavimentazione ricostruite dal trattato vitruviano (Giuliani, 2006) (Fig.7), oppure riferendosi a rinvenimenti archeologici; i secondi stimati in 150-200 kg/mq, sulla base di un generico uso residenziale, come già suggerito dalla manualistica e prescritto anche dalla normativa oggi vigente (Decreto Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018) (Fig. 8).

Le incognite

I valori rimasti ancora incogniti dallo studio precedente corrispondono ad informazioni di natura geometrica del modello e riguardano i solai, nell'aspetto della dimensione delle sezioni, e la copertura, relativamente all'angolo d'inclinazione delle falde.

Dimensionamento delle travi

In termini moderni, il dimensionamento di una sezione strutturale può avvenire rispetto: a) alla resistenza (stato limite ultimo del materiale, cioè la condizione oltre alla quale si verifica la rottura del materiale) o, b) alla deformabilità (stato limite di esercizio, cioè la condizione per cui la deformazione della struttura risulta incompatibile con il suo uso); il legno è tipi-

	Nome dei legnami	Peso al m. ^o c. ^o	Valor medio del coefficiente di elasticità <i>E</i> al c. ^o q. ^o	Valor medio del coefficiente di resistenza <i>R</i> al c. ^o q. ^o
Legnami nazionali	Rovere (<i>quercus robur</i>)	Chil. ^l 1052	Chil. ^l 96589	Chil. ^l 106
	Cerro (<i>quercus cerris</i>)	» 901	» 134815	» 105
	Elce (<i>quercus ilex</i>)	» 985	» 181033	» 161
	Olmo	» 688	» 113067	» 174
	Noce	» 650	» 79904	» 85
	Faggio	» 649	» 112555	» 96
	Frassino	» 673	» 87095	» 83
	Pino di Calabria . . .	» 697	» 103191	» 99
	Somma	Chilog. ^l	909809	Chil. ^l 909
Valor medio generale: »		113726	» 113	
Legnami esteri	Pino di Corsica . . .	Chil. ^l 647	Chil. ^l 133370	Chil. ^l 112
	Abete di Trieste . .	» 467	» 88331	» 64
	Quercia di Stiria . .	» 683	» 75979	» 93
	Abete del Nord . . .	» 483	» 103508	» 65
	Pino dell'Oregon . .	» 601	» 158608	» 121
	Teak	» 615	» 138213	» 106
	Somma	Chilog. ^l	698099	Chil. ^l 561
Valor medio generale: »		116349	» 93	

Fig. 5
Proprietà del
legname a flessione
(da Mazzocchi 1871)

camente un materiale in cui quest'ultima condizione è spesso maggiormente vincolante rispetto alla rottura. A queste esigenze, entrambe note per via empirica alle generazioni di costruttori del passato, va poi aggiunta quella, c), per certi versi ancora più stringente, del risparmio del materiale, cioè del suo massimo sfruttamento. In tale problema di ottimizzazione, cioè di individuazione del minimo costo o del massimo beneficio, assume un ruolo determinante non tanto la singola dimensione della sezione ma la forma, espressa ad esempio dal rapporto ξ tra larghezza e altezza (nell'ipotesi di sezione rettangolare), e il tronco da cui la sezione strutturale viene ricavata (Fig.4).

Con riferimento ad una trave di solaio sollecitata a flessione verticale retta, fissato il diametro del tronco da cui la si ricava è possibile determinare la sezione che: a) massimizza la resistenza (cioè collassa per un carico più elevato); oppure b) minimizza la deformazione (si inflette meno); oppure ancora c) sfrutta meglio la sezione (utilizza meno materiale, cioè ottiene le stesse proprietà di una trave ricavata da un tronco più grande ma sagomata in modo differente). Per le tre condizioni si trova che ξ vale rispettivamente 0,71, 0,58 e 1; cioè la trave a sezione rettangolare più snella (caso b) è più rigida delle altre due (casi a e c), mentre quella quadrata (caso c) sfrutta appieno la sezione circolare. Questi risultati sono ottenibili sia per via analitica (Giordano, 1999; Sbrogiò, 2016) che con una semplice costruzione geometrica sulla sezione del tronco (Donghi, 1906) e sono peraltro confermati dai ritrovamenti archeologici (Ulrich, 1996; Adam, 1988) (Fig. 9).

Nelle abitazioni più povere di Pompei ed Ercolano, costituite da soppalchi sulla bottega sottostante, le travi sono tipicamente quadrate o circolari (Guidobaldi *et al.*, 2008; Ruggieri, 2017), rispondendo al criterio c), mentre nelle abitazioni ordinarie, anche se con qualche eccezione, sono rettangolari (Ulrich, 1996; Adam, 1988; Centola, 2018), oscillando tra i criteri a) e b) (Fig. 10). In altre circostanze, l'adozione di sezioni diverse è attribuita alla variabilità nell'approvvigionamento dei materiali (Menichelli e Scappin, 2011).

Per una trave in semplice appoggio di sezione rettangolare $b \times h$ e di luce strutturale netta l , sottoposta ad un carico lineare uniformemente ripartito r (dipendente in modo parametrico dallo spessore del pacchetto di pavimento e dall'interasse delle travi) è possibile ricavare l'espressione dell'altezza della sezione in funzione del citato rapporto $\xi = b/h$ e di un parametro strutturale di riferimento connesso o alla resistenza a flessione (modulo di resistenza, espressione (1)) o alla deformabilità (momento di inerzia, espressione (2)). La prima espressione è ottenuta scrivendo la legge di Navier in mezzera della trave, per ottenere la massima tensione; la seconda si ricava eguagliando l'abbassamento nello stesso punto intermedio della trave ad un valore limite di riferimento della freccia l/K , come viene illustrato in dettaglio in Appendice 2. Il significato delle lettere è dato in Appendice 1, mentre il pedice "d" indica il valore di progetto della grandezza (ossia moltiplicato per i coefficienti riportati in Fig. 6).

$$1 \quad h = \sqrt{\frac{3r l^2}{4 \xi^2 f_d}} \quad 2 \quad h = \sqrt{\frac{5K r l^3}{32 \xi E_d}}$$

K è un numero puro intero che rappresenta la massima deformazione verticale ammissibile in mezzeria (cd. freccia) espressa in genere come frazione della luce; tipicamente è compreso tra 250 e 500 (con variazioni di 50), in cui i valori più alti corrispondono ad inflessioni minori e quindi a travi più rigide. Le due formule sono valide anche per sezioni rettangolari ad angoli smussati, entro certi limiti (Giordano 1999), mentre espressioni analoghe possono essere ottenute per le sezioni circolari (Sbrogio, 2016).

Uno studio parametrico delle due espressioni (Sbrogio, 2016; Centola, 2018) ha permesso di accertare che la (1) corrispondente al precedente caso a), restituisce, come previsto, sezioni più piccole della (2), rispondente alla situazione b).

La Tab. 4 riassume e confronta le caratteristiche dimensionali delle tracce di solaio rilevate ad Ercolano (Centola, 2018) con i risultati della citata analisi parametrica delle formule (1) e (2) per una situazione di carico ordinaria sugli orizzontamenti (ambiente residenziale, pavimentazione in battuto di malta di medio spessore). I dati di rilievo comprendono la sezione $b \times h$ delle travi (vengono qui considerate solo le travi rettangolari), il rapporto ξ tra le due misure, il passo i dell'orditura, l'altezza H dal piano di calpestio e infine il rapporto l/h , cioè l'inverso del rapporto normalmente usato per progettare (solo ai fini di una più immediata valutazione). La spaziatura delle travi, relativamente ridotta, fino al limite della stessa larghezza della sezione lignea, è un parametro importante, perché da essa dipende l'entità del carico ripartito agente sulle travi. È evidente la preferenza per la sezione tozza ($\xi_m \approx 0,75$) e di notevole altezza ($l/h < 20$) rispetto alla luce. Le medie pesate sono ottenute rispetto al numero di fori rilevati in ogni ambiente (Tab. 4).

La valutazione numerica tramite la (1) e la (2) è ottenuta considerando i parametri relativi a legno di conifera "Centro-Sud" classe S3 secondo UNI 11035; applicando i coefficienti riduttivi relativi alla classe di servizio 2 (interno non riscaldato) con $K_{mod}=0,6$, $K_{d_{ef}}=2$; carico distribuito lineare sulle travi di 200 kg/m a passo di 40 cm (medio desunto dal rilievo), corrispondente ad una pavimentazione in battuto di malta spessa 20-25 cm (per un totale di 250-300 kg/mq) e carichi accidentali dell'ordine dei 150-200 kg/mq; limite di deformabilità fissato a $K=500$.

L'altezza calcolata, se rapportata alla luce della trave, corrisponde al rapporto altezza-luce di $1/24$ per la (1), mentre la (2) restituisce dimensioni che si avvicinano al rapporto $1/18$. Il confronto (Tab. 4) coi valori da rilievo mette in luce la commistione dei due criteri, cioè l'uso di sezioni relativamente tozze (espressione (1)) ma dimensionate per ridurre all'inflessione (formula (2)), segno del tentativo di ottimizzare l'uso del materiale senza compromettere l'utilizzabilità delle strutture orizzontali.

L'informazione relativa all'altezza di interpiano viene usata in seguito (cfr. par. 2.3.2) nell'espressione (6) per ottenere l'inclinazione della falda di copertura.

		da rilievo								da calcolo			
Insula	Casa	Fori alloggiamento travi conservati	Luce ℓ [m]	b [m]	h [m]	ξ	H [m]	i [m]	ℓ/h	h resistenza [m]	h rigidezza [m]	L/h res	L/h rig
II	Aristide	12	4,8	0,2	0,2	1,00	3,35	0,2	24	0,20 (*)	0,24	24	20
III	Tramezzo di legno	3	3,47	0,15	0,2	0,75	1,45	0,48	17	0,18	0,20 (*)	19	17
III	Tramezzo di legno	7	3,83	0,15	0,2	0,75	3,65	0,22	19	0,19 (*)	0,22	20	18
III	Erma di bronzo	7	2,7	0,10	0,15	0,67	3,5	0,33	18	0,16 (*)	0,17	17	16
III	Erma di bronzo	9	2,14	0,24	0,15	0,63	2,68	0,38	14	0,14	0,15 (*)	16	15
IV	Atrio a mosaico	12	3,13	0,20	0,27	0,75	-	0,48	12	0,17	0,19	19	17
IV	Alcova	5	2,29	0,13	0,15	0,87	1,9	0,35	15	0,13	0,14 (*)	18	16
IV	Alcova	4	2,75	0,15	0,15	1,00	2	0,35	18	0,14 (*)	0,16	20	17
IV	Alcova	10	2,92	0,20	0,2	1,00	2,57	0,29	15	0,14	0,16	20	18
IV	Alcova	10	2,92	0,14	0,15	0,90	2,4		19	0,15 (*)	0,17	19	17
IV	Dei Cervi	8	2,59	0,30	0,21	0,70	3,23	0,26	12	0,15	0,16	17	16
V	Nettuno e Anfritrite	8	2,494	0,10	0,15	0,67	2,45	0,38	17	0,15 (*)	0,16	17	15
V	Del bel Cortile	24	3,92	0,15	0,25	0,60	3,27	0,545	16	0,21	0,23 (*)	19	17
V	Apollo Citaredo	4	4,23	0,15	0,3	0,50	-	0,83	14	0,23	0,26	18	16
V	Bicentenario	10	4,51	0,16	0,3	0,53	3,69	0,45	15	0,24	0,27 (*)	19	17
V	Colonna laterizia	7	5	0,15	0,24	0,63	2,43	0,27	21	0,24 (*)	0,28	21	18
V	Colonna laterizia	4	2,73	0,15	0,2	0,75	2	0,45	14	0,15	0,17 (*)	18	16
V	Del gran portale	6	1,96	0,15	0,15	1,00	1,47	0,25	13	0,11	0,12 (*)	18	16
VI	Colonnato tuscanico	7	2,9	0,20	0,3	0,67	-	0,33	10	0,17	0,18	18	16
VI	Colonnato tuscanico	7	2,84	0,20	0,3	0,67	3,7	0,32	9	0,16	0,18	17	16
VI	Salone nero	5	3,29	0,21	0,16	0,76	1,99	0,3	21	0,17 (*)	0,19	19	17
VI	Salone nero	7	3,29	0,13	0,13	1,00	3,41	0,33	25	0,16 (*)	0,18	21	18
VI	Salone nero	4	3,14	0,20	0,3	0,67	-	0,3	10	0,17	0,19	18	16
VII	Galba	3	2,23	0,06	0,06	1,00	3,7	0,96	37	0,12	0,13	18	17
Or. I	Grananius	32	4,12	0,12	0,2	0,60	4,3	0,43	21	0,22 (*)	0,24	19	17
Or. I	Gemma	9	4,64	0,10	0,15	0,67	3,29	0,45	31	0,23	0,26	21	18
Dec. inf.	Ingresso 12-13	4	2,42	0,20	0,3	0,67	2,95	0,34	8	0,15	0,16	17	15
MEDIA						0,75	2,84	0,40	17			19	17
MEDIA PESATA						0,73	-	-	18				

(*) corrispondenza tra valore misurato e reale (tolleranza +/- 3 cm)

La coesistenza dei due rapporti si spiega pertanto con un doppio criterio dimensionale, in funzione del ruolo strutturale: sezioni più sfruttate (e quindi più piccole) sono impiegate per la semplice orditura, mentre sezioni più generose si adottano per i rompitratta (le travi principali che sorreggono l'orditura semplice nel caso di luci più elevate).

Per l'orditura semplice (Fig. 4) è infatti sufficiente evitare il collasso ed è ammissibile una certa inflessione, per i rompitratta è invece più importante limitare l'inflessione (se la resistenza è già assicurata) per impedire la sconnessione dell'orditura soprastante. Questi ultimi, se si guarda all'edilizia storica, presentano in genere sezione quadrata poiché, essendo di notevole dimensione, cercano di sfruttare al massimo il materiale in accordo con il criterio c) enunciato in apertura di paragrafo.

Non va dimenticata la necessità di riscontro fisico dei risultati della formula, ottenibile dal confronto con le dimensioni dei legni effettivamente disponibili sui mercati, poiché la dimensione delle travi, in termini di lunghezza e sezione, dipende dall'altezza e dal diametro del tronco reale, a loro volta funzione dell'età dell'albero (Bertogliati e Conedera, 2012). Non potendo ipotizzare una disponibilità illimitata di alberi secolari da poter impiegare nelle costruzioni, nella pratica corrente è evidente il limite di 4-5 m per la luce dei solai ordinari, attestato anche dalla manualistica (Mazzocchi, 1871; Donghi, 1906). La Fig. 11 riassume le dimensioni in circolazione prima dell'avvento del legno lamellare.

pagina a fronte

Tab. 4

Rilievo delle sezioni lignee impiegate in alcuni ambienti domestici ad Ercolano (Centola, 2018) confrontate con le misure ottenibili dal calcolo

Fig. 6

Coefficienti correttivi del materiale legno proposti dalla normativa attuale:

a. K_{mod} rispetto alla durata del tempo di applicazione del carico;
 b. K_{def} rispetto alla classe di esposizione in funzione di temperatura ed umidità medie dell'ambiente, (estratti dalle Tab. 4.4. IV e Tab. 4.4. V del Decreto Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008)

materiale	riferimento	classe di servizio	classe di durata del carico				
			permanente	lunga	media	breve	istantanea
legno massiccio	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
legno lamellare incolato	EN 14080	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

materiale	riferimento	classe di servizio		
		1	2	3
legno massiccio	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00

Per legno massiccio posto in opera con umidità prossima al punto di saturazione, e che possa essere soggetto a essiccazione sotto carico, il valore di k_{def} dovrà, in assenza di idonei provvedimenti, essere aumentato a seguito di opportune valutazioni, sommando a i termini della tabella un valore comunque non inferiore a 2,0.

Pendenza del tetto

Di fronte alla necessità archeologica di risalire, a partire dalla configurazione globale dell'edificio, planimetrica ed altimetrica, all'inclinazione della falda di copertura, è sembrato opportuno fare ricorso al ricordato approccio per catene cinematiche. Nel metodo originale, la compagine strutturale, se la qualità muraria lo consente, è scomposta in corpi rigidi sottoposti a forze macroscopiche verticali (pesi delle strutture), stabilizzanti, e orizzontali (sismiche), destabilizzanti, di cui si studiano semplici condizioni di equilibrio rispetto a cerniere o sistemi di cerniere ideali (Fig. 12). Tuttavia,

nelle condizioni esclusivamente statiche dello specifico problema allo studio, poiché l'unica forza ribaltante è quella dovuta alla spinta della copertura, è possibile risalire da questa all'inclinazione della falda da cui ne dipende l'entità.

Il metodo cinematico prevedrebbe di individuare, tra i vari possibili, il meccanismo di collasso con il coefficiente di attivazione minore in quanto quello più probabile: ciò implicherebbe di esplorare un numero consistente di configurazioni possibili degli elementi monolitici in movimento. Ciascuna configurazione cinematica, infine, dovrebbe essere ulteriormente combinata con l'intera gamma di situazioni archeologico-architettoniche ottenibile permutando orditure, pacchetti di finitura e sezioni degli elementi in solai e coperture illustrate in Tabella 1 e ricavate dalle espressioni (1) e (2). Allo scopo di validare la procedura di calcolo qui proposta, si considera solamente la condizione di collasso più gravosa e tale da meglio evidenziare i rapporti tra le forze in gioco, rappresentata dal meccanismo di ribaltamento semplice e monolitico di una parete perimetrale attorno ad una cerniera posta a filo esterno (punto H in Fig. 13) nel quale le diverse situazioni architettoniche (orditura, pacchetto di finitura del solaio, dimensioni degli elementi strutturali) vengono "condensate" nei parametri di carico statico agenti sul sistema, paralleli o ortogonali al piano medio della parete, descritti nella stessa Fig. 13.

L'assunzione di monolitismo della parete dipende dalla buona qualità della malta romana usata per il nucleo delle murature, di cui è stata dimostrata la tenacità, anche a distanza di secoli, e l'affinità coi materiali tipicamente usati per la costruzione delle murature in area campano-laziale quali tufo e mattoni, comprovati sia dall'osservazione in sito (Adam, 1988), sia da analisi in microscopia (Jackson, 2009 e Jackson, 2014). Di converso, si ritiene che il ribaltamento avvenga senza il trascinarsi di "cunei" delle pareti di spina per mantenere un maggior margine di sicurezza.

Fig. 7
Possibili stratigrafie di pavimentazione ricostruite sulla base delle indicazioni vitruviane (da Giuliani 2006)

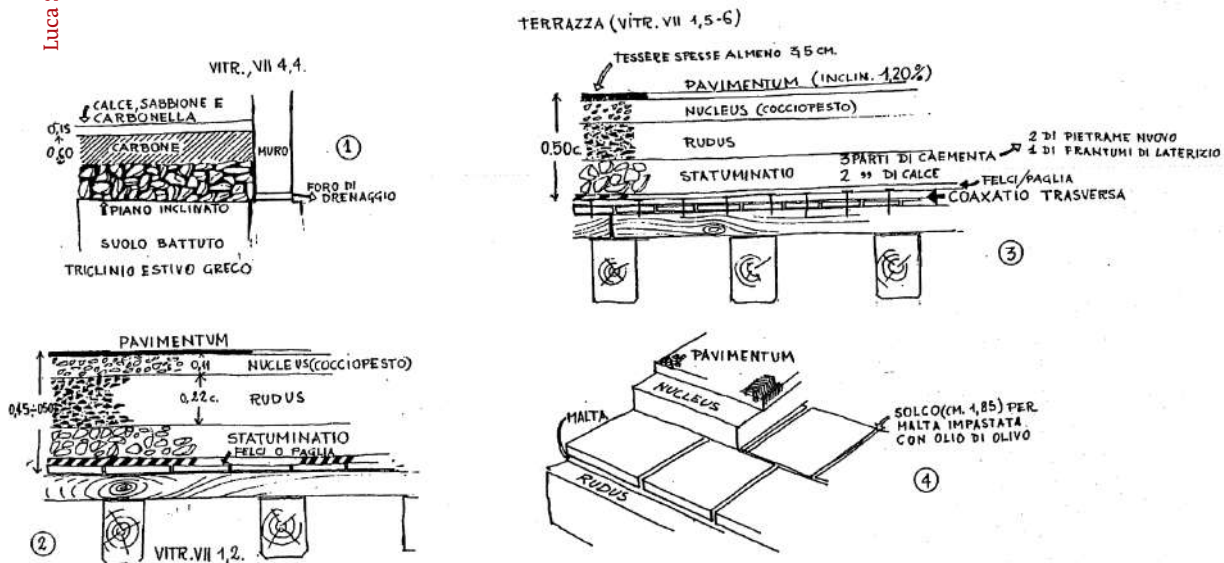


Fig. 8
Carichi di esercizio
impiegati a metà
Ottocento (da
Mazzocchi 1871)

INDICAZIONE DEI LOCALI	PESO PER METRO QUADRATO		VALORE DI P_t	
	dell'orditura del solaio	del sovracarico addizionale	Ch. ¹	P_t
CASE D'ABITAZIONE				
Camere rustiche a semplice pavimento d'assi	Ch. ¹ 50	Ch. ¹ 150	Ch. ¹ 200	
Camere civili, gabinetti, ecc. . .	» 150	» 100	» 250	
		» 150	» 300	
Sale ordinarie	» 150	» 200	» 350	
Grandi sale	» 150	» 300	» 450	
EDIFICI PUBBLICI				
Uffici, sale ordinarie	» 150	» 200	» 350	
Sale di riunione	» 180	» 320	» 500	
Grandi sale per assemblee . . .	» 180	» 420	» 600	
Magazzini, docks, ecc.	» 50	» 450	» 500	
		» 100	» 900	» 1000

Infine, attraverso uno studio parametrico preliminare gli autori hanno riscontrato la difficoltà nel controllare l'effetto di schiacciamento della muratura con conseguente allontanamento della cerniera dal filo esterno al centro della parete e pertanto si è ritenuto più opportuno considerare la muratura come infinitamente resistente a compressione (condizione ammissibile anche dalla vigente normativa sismica, cfr. Circ. Min. Infrastrutture 2 febbraio 2009).

La spinta orizzontale S dei puntoni, per una striscia verticale di parete profonda 1 m, si può esprimere come (Sbrogì, 2016):

$$3 \quad S = cpl \operatorname{sen} \alpha$$

La (3) è fisicamente plausibile poiché il modulo di S aumenta da 0° a 45° per poi diminuire fino ai 90° , passando cioè da una trave orizzontale ad un "pilastro" in legno in appoggio alla muratura.

Si è deciso inoltre di esprimere il coefficiente numerico, che da calcolo risulta pari a $1/2$, attraverso il fattore c , per tenere conto della progressiva inflessione delle travi che fa aumentare la spinta col passare del tempo. Il campo di variazione di c è compreso tra $0,5$ (al momento della messa in opera) e 1 (al momento della sostituzione del tetto), ma lo studio parametrico ha dimostrato che il limite superiore può essere convenientemente fissato a $0,75$ (Sbrogì, 2016). Il carico verticale del tetto all'appoggio sulla parete risulta (Sbrogì, 2016) (Fig. 14):

$$4 \quad P = pl(1 + \operatorname{sen}^2 \alpha) / 2$$

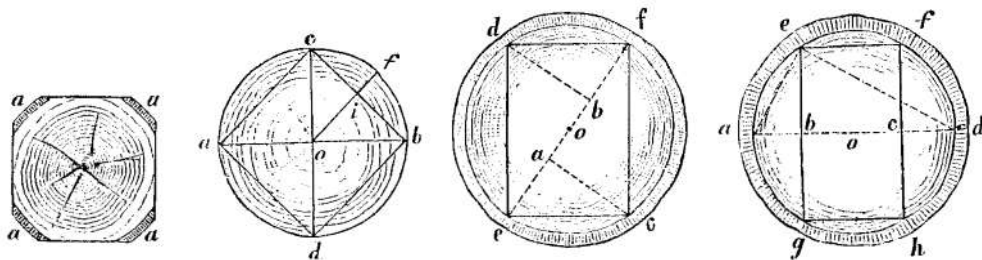


Fig. 9
 Sezioni squadrate ottenibili da un tronco (di diametro costante); da sinistra a destra: sgrossatura del tronco, costruzione per massimo sfruttamento del materiale (caso c); costruzione "a resistenza" (a) e "a rigidezza" (b) (da Donghi 1906)

pertanto, la condizione di equilibrio della parete si può scrivere come:

$$5 \quad SH = Wb + (P+N) d$$

Sostituendo (3) e (4) in (5) si ottiene un'equazione goniometrica non omogenea di secondo grado che, tramite la posizione $Z = [2 Wb + dl (q+p)] / (pl)$ e l'applicazione della relazione fondamentale della goniometria, restituisce:

$$(Z + d) \tan^2 \alpha - 2 c H \tan \alpha + Z = 0$$

la quale ammette soluzioni per:

$$6 \quad \alpha_{1,2} = \arctan \frac{cH \pm \sqrt{c^2 H^2 - Z(Z+d)}}{Z+d}$$

Delle due soluzioni possibili, l'unica che abbia significato fisico si ottiene ponendo il meno al numeratore. La formula si riferisce al caso più generale di un edificio a due piani; per poter considerare il ribaltamento di un solo piano è sufficiente porre N (cioè il carico di superficie q) pari a zero e ridurre coerentemente l'altezza H.

Validazione del metodo

La formula (6) permette di legare le caratteristiche deducibili dalla planimetria dell'edificio (spessore dei muri, dimensioni degli ambienti, tipologia muraria), ad un dato incognito degli alzati (l'inclinazione del tetto) passando attraverso una serie di valori di input archeologici variabili entro certi limiti (pesi della copertura e del solaio, altezza di piano) che fungono da parametri.

Essa esprime il raggiungimento di una condizione limite indesiderabile, rappresentata dal ribaltamento della parete o dall'apertura di lesioni alla base, rispetto alla quale il costruttore antico poteva porsi ad un'adeguata "distanza di sicurezza".

In quanto tale, il risultato va inteso come valore ultimo di uno "spettro" di valori e non "il" valore deterministico di inclinazione della copertura.

Lo studio parametrico della (6), ossia l'applicazione sistematica a casi diversi variando un parametro per volta, ha dimostrato che essa restituisce pendenze comprese tra il 25 e il 45% (angoli tra i 14° e i 24°), corrispondenti ai valori più comuni riscontrati nella pratica edilizia tradizionale (Rondelet, 1835; Mazzocchi, 1871; Barbisan e Laner, 1997b).

Tuttavia, esistono combinazioni di carichi e geometrie, in particolare in presenza di pareti particolarmente spesse (circa 60 cm o 2 piedi antichi), per le quali la (6) non porge un risultato utile, vale a dire: a) l'angolo è superiore o inferiore ai limiti costruttivi del tetto oppure b) non si ha alcun risultato, cioè la parete è stabile per qualsiasi valore della spinta.

Nel primo caso, nonostante sia assicurato il senso fisico del problema (cfr. *supra* formula (3)), non si ha un riscontro con la prassi costruttiva; nel secondo le indicazioni provenienti da sito non sono sufficienti per completare l'analisi. In entrambi i casi si deve ricorrere alle regole del buon costruire proprie della zona e dei materiali adottati per risolvere il problema, cioè, in particolare, individuare l'inclinazione per la quale sia garantito il deflusso dell'acqua secondo la zona climatica, deducendolo ad esempio dalla manualistica (Fig. 15).

Gli intervalli di inclinazione della copertura per spessori di parete compresi tra 30 e 60 cm (1-2 piedi antichi), altezze di interpiano di circa 3 m così come dedotte dalla Tab. 4, spaziatura delle murature parallele ordinaria, tale da consentire di coprire le luci strutturali con una semplice orditura lignea, numero di piani variabile tra uno e due, fissati i materiali e i carichi per condizioni ritenute tipiche per Pompei, sono esposti, parzialmente, nella seguente Tab. 5 (Centola, 2018).



Fig. 10
Pompei, diverse forme degli alloggiamenti delle travi nelle murature: tonde o approssimativamente sgrossate. (foto degli autori, dicembre 2015)

N°	Luce [m]	Spessore muro [cm]	Inclinazione falda (edificio a 1 piano)	Inclinazione falda (edificio a 2 piani)
1	2	30	45° (100%)	18,26° (33%)
2		35	45° (100%)	26,57° (50%)
3		40	45° (100%)	45° (100%)
4		45	45° (100%)	45° (100%)
5		50	45° (100%)	45° (100%)
6	3	30	21,8° (40%)	12,41° (22%)
7		35	34,99° (70%)	17,22° (31%)
8		40	45° (100%)	23,27° (43%)
9		45	45° (100%)	32,62° (64%)
10		50	45° (100%)	45° (100%)
11	4	30	16,17° (29%)	9,65° (7%)
12		35	23,27° (43%)	13,5° (24%)
13		40	36,13° (73%)	17,74° (32%)
14		45	45° (100%)	22,78° (42%)
15		50	45° (100%)	30,11° (58%)
16	5	30	13,5° (24%)	8,58° (15%)
17		35	18,78° (34%)	11,31° (20%)
18		40	25,64° (48%)	14,04° (25%)
19		45	45° (100%)	18,26° (33%)
20		50	45° (100%)	23,27° (43%)

Tab. 5
Alcuni esempi dei valori ultimi di pendenza della falda del tetto in funzione della luce strutturale, spessore della parete e del tipo di muratura (opera incerta senza nucleo) di un edificio a uno o due piani con altezza di interpiano pari a 3 m. Nel caso a due piani è stato ipotizzato un solaio con una preparazione pavimentale spessa 15 cm con peso di volume pari a 1350 kg/mc su un tavolato spesso 2 cm. In corrispondenza di un'inclinazione di 45° non si verifica il ribaltamento (da Centola, 2018)

Fig. 11
Dimensioni dei
legnami venduti a
Roma (da Cavalieri
San Bertolo 1832)

classificazione	Denominazioni usuali d'assortimento	lunghezza		larghezza		groschezza		Avvertenze
		palmi romani	metri	onze romane	metri	onze romane	metri	
travi di castagno	Corda	50	11,17	"	"	24,0	0,447	Le groszze assegnate alle travi debbono sus- stere a distanza di dieci palmi, o sia met. 2,234 dal piede, cioè dall'estre- mità più grossa. Le travi che hanno una lunghezza maggiore della tabulare si denotano con l'aggiunto rinforzati. Così corda rinforzata vuol dire una corda più luoga di palmi 50, cioè di met. 11, 17; ec.
	Cordicella	45	10,05	"	"	18,0	0,335	
	Legnotto	40	8,94	"	"	15,0	0,279	
	Arzareccio	35	7,82	"	"	12,0	0,223	
	Carrareccio	30	6,70	"	"	10,0	0,186	
	Colonna d'un palmo Colonna di dieci onze	14 14	3,13 3,13	"	"	12,0 10,0	0,223 0,186	
travicelli di castagno	Travicellone	25	5,59	"	"	8,0	0,149	Oltre il castagno, di cui è massimo l'uso, i legnami diversi più comunemente usati in Roma sono il piop- po, volgarmente detto al- lucio, l'olmo, il pino, il noce, il pero, il sorbo, ec.
	Filagnone	24	5,36	"	"	7,0	0,130	
	Filagna di mezzo pal- mo	20	4,47	"	"	6,0	0,111	
	Filagna di cinque onze	20	4,47	"	"	5,0	0,093	
	Palombello	15	3,35	"	"	6,0	0,111	
	Travicello da sedici Travicello da tredici	16 13	3,57 2,90	"	"	6,0 5,0	0,111 0,093	
tavoloni di castagno	Travicelletto da sedici Travicelletto da tredici	16 13	3,57 2,90	"	"	4,0 3,0	0,074 0,056	Pel tavolone le dimen- sioni notate sono le mi- nime che possa avere. Se la lunghezza d'un tavolo- ne è minore di palmi 12 esso si distingue col nome di mozzetta. Il tavolone ricavato dal mezzo d'un fusto dieci mozzareccia i laterali chiamansi acco- toni.
	Limoncello	"	"	"	"	3,0	0,056	
	Piana da quindici Piana da dodici	15 12	3,35 2,68	6,0 6,0	0,111 0,111	3,0 3,0	0,056 0,056	
	tavole di ca- stagno	(Tavola da solajo	9	2,01	"	"	1,5	
(legolo da solajo		0	2,01	4,0	0,074	1,0	0,019	
Tavolone		"	2,68	"	"	6,0	0,111	
tavoloni di legni diversi	Fetta di sei onze	"	"	"	"	6,0	0,111	Pel tavolone le dimen- sioni notate sono le mi- nime che possa avere. Se la lunghezza d'un tavolo- ne è minore di palmi 12 esso si distingue col nome di mozzetta. Il tavolone ricavato dal mezzo d'un fusto dieci mozzareccia i laterali chiamansi acco- toni.
	Fetta di tre onze	"	"	"	"	3,0	0,056	
	Tavola dimezza gros- rezza	"	"	"	"	3,0	0,056	
	Tavola del sesto	"	"	"	"	2,0	0,037	
tavole di legni diversi	Tavola interzata	"	"	"	"	1,6	0,030	Pel tavolone le dimen- sioni notate sono le mi- nime che possa avere. Se la lunghezza d'un tavolo- ne è minore di palmi 12 esso si distingue col nome di mozzetta. Il tavolone ricavato dal mezzo d'un fusto dieci mozzareccia i laterali chiamansi acco- toni.
	Tavola ordinaria	"	"	"	"	1,2	0,022	
	Tavola mezzanella	"	"	"	"	0,6	0,011	

Conclusioni

L'approccio proposto nasce dalla convinzione che, seppur con le dovute specificità, sia possibile unire le conoscenze e gli strumenti propri di diverse discipline, mutuamente rielaborati, al fine di determinare parametri altrimenti non disponibili delle costruzioni antiche o non direttamente correlabili con quanto di esse oggi rimane. Si è cercato in particolare di proporre un modo nuovo di interpretazione dei dati archeologici, guardando con una diversa ottica ai dati già a disposizione, o sfruttando informazioni apparentemente difficili da collegare.

Nel caso qui illustrato, si sono potuti ricostruire i caratteri geometrici dell'impianto tipico delle case romane del Centro-Sud Italia, con particolare riferimento alle dimensioni delle componenti degli orizzontamenti lignei (solai e coperture), validati sulla base del comportamento statico ammissibile dell'edificio e in rispondenza alle previsioni più generali dell'attuale normativa tecnica. Successivamente si è cercato di definire un legame tra la configurazione in pianta e lo sviluppo tridimensionale dell'edificio tramite un approccio volutamente semplificato ma facilmente controllabile e dipendente da poche informazioni.

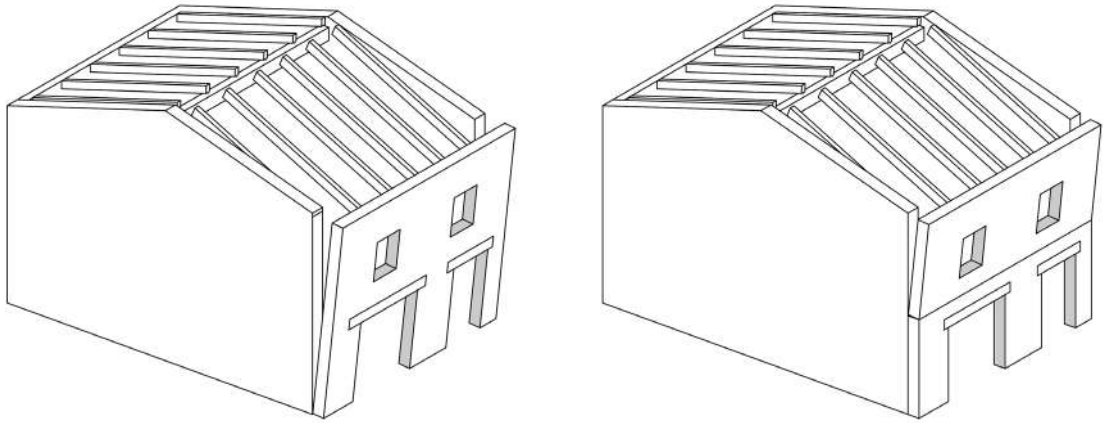


Fig. 12
Schematizzazione di
diversi meccanismi
collasso per
macroelementi di
murature d'ambito
(disegno degli autori)

Nell'attuale fase di validazione è stato possibile ottenere sia un'indicazione di progetto per le travi degli orizzontamenti, sia una ricostruzione volumetrica semplificata dell'edificio.

Le travi risultano a sezione rettangolare tozza ma sovrabbondanti rispetto alle necessità di contenimento dell'inflessione, segno di una precoce intuizione, anche se del tutto empirica, delle principali regole di progettazione di queste strutture. Nella ricostruzione delle volumetrie, si è studiato l'assetto di edifici murari con orizzontamenti lignei, in funzione di murature di spessore compreso tra i 30 e i 60 cm, altezze di interpiano attorno ai 3 m e dimensioni ordinarie degli ambienti coperti con solai ad orditura semplice (4-5 m), che sono state riconosciute essere rappresentative delle condizioni dell'edilizia pompeiana. Per tali dati in ingresso è stata infine determinata un'indicazione di pendenza delle falde di copertura tra il 20 e il 45%, salvo correzioni apportate in funzione della reale capacità di smaltimento delle acque meteoriche in rapporto alle caratteristiche costruttive dei tetti antichi.

Nonostante, in via preliminare, l'applicazione sia riferita ad un ambito specifico dell'edificato antico, l'approccio offre numerose prospettive di estensione sistematica in altri ambiti tipologici e territoriali e di approfondimento di ulteriori tipi costruttivi (lo studio, ad esempio, della capriata nell'antichità), coadiuvato anche dall'implementazione delle formule analitiche nel software dedicato.

È in corso di studio la trasformazione del programma di calcolo in una piattaforma web accessibile da remoto; tale ampliamento consentirà, inoltre, di integrare nuovi contributi per possibili affinamenti alla procedura. Il metodo, si propone esplicitamente come strumento di supporto all'interpretazione dei dati archeologici, ossia di fornire campi di variabilità numerica più che singoli valori deterministici delle grandezze incognite delle stesse e di farlo in modo agevole, anche per chi non possieda una specifica formazione ingegneristica. Le informazioni dedotte sono pertanto in grado di offrire allo studioso una vera e propria gamma di ipotesi plausi-

bili, corroborate dall'applicazione di criteri provenienti da altre discipline, aprendo così la possibilità di ulteriori margini di compressione ed interpretazione della storia antica.

APPENDICE 1 - notazione matematica

Significato dei simboli adottati nelle formule:

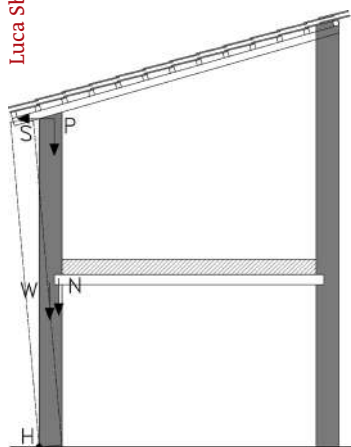
- h* altezza della sezione della trave
- b* larghezza della sezione della trave
- i* spaziatura di travi ad orditura semplice
- I* distanza dei rompitratta nel solaio ad orditura doppia
- s* spessore della pavimentazione nei solai in legno
- r* carico distribuito linearmente su una trave di solaio
- t* spessore della muratura
- b=t/2* braccio del peso proprio
- d=2t/3* braccio dei carichi verticali di solaio e copertura.

Nota: se si assume che le travi di tetti e solai penetrino nella muratura per circa metà dello spessore di quest'ultima, e che all'appoggio si verifichi una distribuzione triangolare del carico di contatto (nulla a filo interno del muro, massima in mezzeria, cfr. Barbisan e Laner, 1997a), la risultante di quest'ultimo cade nel baricentro del triangolo, posto a *t/6* dalla mezzeria e pertanto alla distanza indicata dal filo esterno

l luce strutturale degli elementi

- H* altezza delle murature da un piano di calpestio all'intradosso del piano successivo
- p* carico distribuito superficiale in copertura in direzione globale
- q* carico distribuito superficiale in copertura in direzione globale
- S* spinta orizzontale del tetto
- P* carico verticale del tetto
- N* peso dell'orizzontamento
- W* peso proprio della parete
- ζ rapporto tra i lati di una sezione lignea (*b/h*)
- K* [250; 300; 350; 400; 450; 500], frazione della luce ammissibile in deformazione
- α inclinazione della copertura
- c=1/2* coefficiente relativo alla spinta del solaio in cima alla parete
(valore massimo pari a 0,75, per considerare l'aumento di spinta dovuto alla deformazione delle travi del tetto)
- E* modulo elastico del materiale
- f_d* resistenza a flessione di progetto del materiale (legno)
- f_m* resistenza a compressione (muratura)

Fig. 13
Rappresentazione schematica delle azioni agenti sulla parete nel calcolo del cinematicismo (disegno degli autori)



APPENDICE 2 - ottenimento delle espressioni matematiche

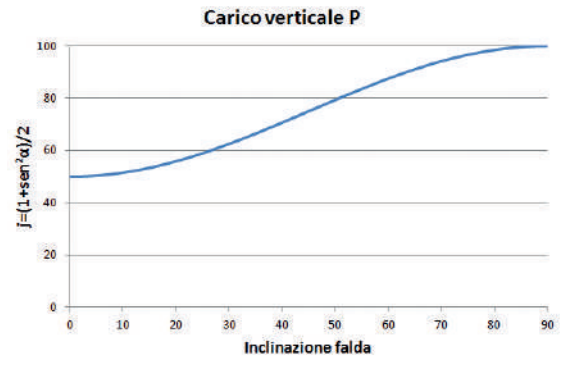
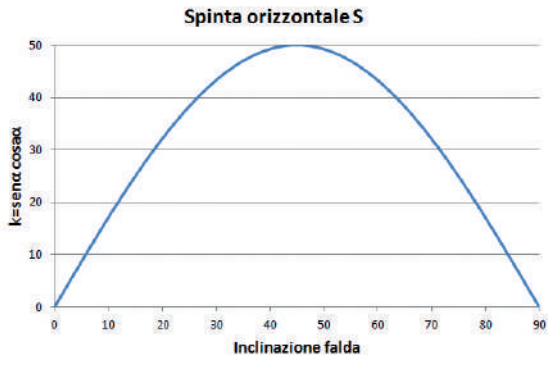
Espressione (1):

Dalla scienza delle costruzioni, il massimo momento sollecitante *M* per una trave in semplice appoggio e caricata in modo uniforme è pari a:

$$7 \quad M = ql^2 / 8$$

Per la legge di Navier risulta che la massima tensione al lembo della sezione della trave inflessa è

$$8 \quad f = M / W$$



Con W modulo di resistenza della sezione rettangolare, pari a $W=bxh^2/6$. Avendo posto $\xi=b/h$ è immediato ottenere $W = \xi h^3/6$. Sostituendo la (7) nella (8) con W espresso in funzione di ξ , si ha:

$$f = \frac{ql^4/8}{\xi h^3/6}$$

Semplificando ed esplicitando h si ottiene la (1).

Espressione (2):

L'abbassamento verticale in mezzeria η della trave posta nelle stesse condizioni di vincolo e di carico descritte in precedenza è espresso dalla:

$$\eta = \frac{5ql^4}{384EJ}$$

Dove J è il modulo d'inerzia della sezione, il quale per una sezione rettangolare è pari a $J = bxh^3/12$. Esprimendo nuovamente b come ξxh e η come una frazione della luce della trave (l/K), si ottiene:

$$\frac{l}{K} = \frac{5ql^4}{384E \xi h^4/12}$$

Semplificando dove possibile ed esplicitando h si risale quindi alla (2).

Fig. 14 Graficizzazione delle espressioni (3) e (4) riferite in percentuale alla reazione vincolare della trave orizzontale in semplice appoggio: a. spinta orizzontale S esprimendo la (3) come $\text{cost} \cdot k$, in cui $\text{cost} = c \cdot p \cdot l = 1$ e $k = \text{sen} \alpha \cos \alpha$; b. carico verticale P esprimendo la (4) come $\text{cost} \cdot j$, in cui $\text{cost} = p \cdot l = 1$ e $j = (1 + \text{sen}^2 \alpha) / 2$

Qualità della copertura	Inclinazione del tetto
Tegole cave posate a secco	da 21° a 27°
» murate	» 27 » 31
» piatte ad uncino	» 33 » 45
» maritate (tetto alla romana)	» 20 » 26
» fiamminghe	» 40 » 50
Ardesie	» 33 » 45
Lamine metalliche (rame, zinco, ferro).	» 18 » 21
Paglia, assicelle, tavole	» 40 » 50
Tela incatramata, cartoni, ecc.	» 20 » 25

Fig. 15 Inclinazioni dei tetti suggerite in funzione del manto di copertura del tetto (da Mazzocchi 1832)

Bibliografia

- Adam J.P. 1988, *L'arte di costruire presso i Romani*, a cura di M.P. Guidobaldi, Longanesi, Milano
- Barbisan U., Laner F. 1997a, *I solai in legno. Soluzioni tradizionali, elementi innovativi, esempi di dimensionamento*, Franco Angeli, Milano
- Barbisan U., Laner F. 1997b, *Capriate e tetti in legno. Progetto e recupero*, Franco Angeli, Milano
- Bertogliati M., Conedera M. 2012, *Stima dell'età degli alberi: problemi e validazione dei principali approcci metodologici esistenti all'esempio di dati raccolti al Sud delle Alpi*, «Bollettino della Società ticinese di scienze naturali», C, (1), pp. 25-42
- Benvenuto E. 1981, *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*, Sansoni, Firenze
- Bianchini M. 2010, *Le tecniche edilizie nel mondo antico*, Dedalo, Roma
- Cagnana A. 2000, (a cura di) *Archeologia dei materiali da costruzione*, Mantova
- Camardo D., Casieri M.B., D'Andrea A., Heussner U., Kastenmeiere P., Notomista M. 2015, *Studio dei legni del tetto e del controsoffitto della casa del Rilievo di Telefo ad Ercolano: tracce di lavorazione, tecniche di carpenteria, analisi dendrocronologiche e documentazione archeologica*, «Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Römische Abteilung», CXXI
- Camardo D., Notomista M. 2014, *La scoperta del tetto in legno del Salone dei Marmi della Casa del rilievo di Telefo di Ercolano (Italia)*, in XVIII CIAC: Centro y periferia en el mundo clásico. El hábitat doméstico en el mundo clásico, a cargo de J.M. ÁlvarezMartínez, T. Nogales Barrate, I. Rodà de Llanza, vol. II pp. 1043-1047
- Centola, 2018, *I sistemi di copertura nelle domus di età romana*, tesi di dottorato, tutor Jacopo Bonetto, non pubblicato
- Cantalupi A. 1862, *Istituzioni pratiche elementari sull'arte di costruire le fabbriche civili*, Tipografia Domenico Salvi e comp., Milano
- Cavalieri San Bertolo N. 1832, *Istituzioni di architettura statica ed idraulica*, F.lli Negretti, Mantova
- Choisy A. 1873, *L'art de bâtir chez les Romains*, Ducher et C., Paris
- Curioni G. 1872, *L'arte di fabbricare, ossia corso completo di istituzioni teorico-pratiche*, A. F. Negro, Torino
- De Fino C. (a cura di) 2013, *Il recupero sostenibile dell'edilizia dei primi decenni del ventesimo secolo mediante materiali e tecniche innovative*, Consiglio Regionale della Basilicata
- Di Pasquale G., Allevato E., Moser D., Nello O. 2012, *Wooden resource and timber use in Roman Campania: economical and ecological implications* in Scienze naturali e archeologia, a cura di A. Carrallo, M.R. Senatore., Roma, pp. 129-131
- Donghi D. 1906, *Manuale dell'architettura. Compilato sulla traccia del Baukunde des architekten*, vol. I, parte I, UTET, Torino
- Giavarini C., Samuelli Ferretti A., Santarelli M.L. 2006, *Mechanical Characteristics of Roman 'Opus Caementicium'*, in *Fracture and Failure of Natural Building Stones. Applications in the Restoration of Ancient Monuments*, ed. S.K. Kourkolis
- Ginouévès R., Martin R. 1985, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine, I. Matériaux, techniques et formes du décor*, Collection de l'École française de Rome, 84, Rome-Athènes
- Ginouévès R. 1992, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine, II. Éléments constructifs: supports, couvertures, aménagements intérieurs*, Collection de l'École française de Rome, 84, Rome-Athènes
- Giordano G. 1999, *Tecnica delle costruzioni in legno*, Hoepli, Milano
- Giovannoni, G. 1925, *La tecnica della costruzione presso i Romani*, Società editrice d'arte illustrata, Roma
- Giuffrè A. (a cura di) 1993, *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Laterza, Roma
- Giuliani C.F. 2006, *L'edilizia nell'antichità*, La nuova Italia scientifica, Roma, ed. or. 1990

- Giuliano M. 2010, *I materiali da costruzione di Pompei: provenienza, estrazione, tecniche edilizie*, tesi di laurea, rel. A. De Simone, non pubblicato
- Guidobaldi M.P., Camardo D., Esposito E., Tommasino E. 2008, *I solai e gli architravi lignei dell'antica Ercolano*, in *Nuove ricerche archeologiche nell'area vesuviana (scavi 2003-2006)* a cura di P.G. Guzzo, M.P. Guidobaldi, Roma, pp. 558-560
- Gros P. 2001, *Architecture romaine du début du 3. Siècle av. J.-C. à la fin du Haut-Empire. Maisons, palais, villas et tombeaux*, vol. II, Picard, Paris
- Jackson M.D., Logan J.M., Scheetz B.E., Deocampo D.M., Cawood C.G. et al. 2009, *Assessment of material characteristics of ancient concretes*, *Grande Aula, Markets of Trajan, Rome*, «Journal of Archaeological Sciences», XXXVI (11), p. 2481-2492, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.07.011>
- Jackson M.D., Landis E.N., Brune P.F., Vitti M., Chen H. et al. 2014, *Mechanical resilience and cementitious processes in Imperial Roman architectural mortar*, in *Proceedings of National Academy Society of United States of America*, ed. D.J. Killick, 111 (52), pp. 18484-18489, <https://doi.org/10.1073/pnas.1417456111>
- Lancaster L. 2005, *Concrete vaulted construction in the Imperial Rome: innovations in context*, New York
- Lancaster L. 2015, *Innovative vaulting in the architecture of the Roman Empire, 1st to 4th centuries CE*, New York
- Lugli G. 1957, *La tecnica edilizia romana, con particolare riguardo a Roma e Lazio*, Giovanni Bardi, Roma
- Malacrino C. 2010, *Ingegneria dei greci e dei romani*, Arsenale Editrice, S. Giovanni Lupatoto
- Mathé V. 2017, *Le bois de construction en Grèce du I^{er} au I^{er} siècle avant Jésus-Christ*, «Aedificare. Revue internationale d'histoire de la construction», I (1), pp. 45-62, <http://halshs-01639170>
- Mazzocchi L. 1871, *Trattato su le costruzioni in legno*, Antonio Vallardi, Milano
- Menicali U. 1992, *I materiali dell'edilizia storica. Tecnologia e impiego dei materiali tradizionali*, Roma
- Menichelli C., Scappin L. 2011, *I solai lignei a Venezia*, in *Venezia. Forme della costruzione, forme del dissesto*, a cura di F. Doglioni, G. Mirabella Roberti, Cluva Libreria Editrice, Padova
- Milizia F. 1781, *Principi di architettura civile*, S. Majocchi, Milano
- Moser D., Allevato E., Clarke J.R., Di Pasquale G., Nelle O. 2013, *Archaeobotany at Oplontis: woody remains from the Roman Villa of Poppaea (Naples, Italy)*, «Vegetation History Archaeobotany», XXII (5), pp. 397-408, <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0381-z>
- Moser D., Nelle O., Di Pasquale G. 2018, *Timber economy in the Roman Age: charcoal data from the key site of Herculaneum (Naples, Italy)*, «Archaeological and Anthropological Sciences», X (4), pp. 905-921, <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0406-0>
- Oleson J.P. 2008, *The Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical World*, Oxford University Press, Oxford (UK)
- Piazza A. 2015, *Strutture murarie: verso una classificazione tipologica*, tesi di laurea magistrale in Scienze Archeologiche, relatore Jacopo Bonetto, non pubblicato
- Pierattini A. 2009, *Manuale del restauro archeologico di Ercolano: tipi, tecniche costruttive e schede progettuali di indirizzo al restauro dell'edilizia archeologica di Ercolano*, Dedalo, Roma
- Rondelet J.B. 1835, *Traité theorique et pratique de l'Art de Bâtir*, Trad. it. a cura di B. Soresina, L. Caranenti, Mantova
- Ruggieri N. 2017, *Carpenteria di legno dei tetti e dei solai interpiano a Pompei nel I secolo D.C.*, «Restauro archeologico», XXVI (2), <http://dx.doi.org/10.13128/RA-22204>
- Sbrogiò, 2016, *Il progetto simulato della domus romana. Premesse metodologiche al progetto di una copertura archeologica modulare*, tesi di laurea, relatore M. R.Valluzzi, non pubblicato
- Tampone G. 2000, *Il restauro delle strutture in legno*, Hoepli, Milano
- Trevor Hodge A., *The woodwork of Greek roofs*, Cambridge 1960
- Ulrich R.B. 1996, *Contignatio. Vitruvius and the Campanian Builder*, «American Journal of Archaeology», I
- Ulrich R.B. 2007, *Roman Woodworking*, New Haven and London
- Vitti P. 2016, *Building Roman Greece. Innovation in vaulted construction in the Peloponnese*, Roma 2016

Fonti

De Arch. = Marco Vitruvio Pollione, *De architectura*

N.H = Caio Plinio Cecilio Secondo, *Naturalis Historia*

De Lingua Lat. = Varrone, *De Lingua Latina*

Normativa

Comitato Europeo di Normazione 2009, UNI EN 338:2009, *Legno strutturale - Classi di resistenza*.

Ente Nazionale di Unificazione 2010, UNI 11035-2:2010, *Legno strutturale - Classificazione a vista secondo la resistenza meccanica - parte 2: Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per tipi di legname strutturale*

Ministero delle Infrastrutture, *Aggiornamento delle 'Norme Tecniche per le costruzioni'*, D.M. 17 gennaio 2018

Ministero delle Infrastrutture, *Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove Norme Tecniche per le costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, Circ. Min. 617, 2 febbraio 2009.

Columnen, cantherii, transtra et capreoli: intorno alla genesi delle incavallature lignee

Nicola Ruggieri

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti
e Paesaggio per le province di Cz, Cs e Kr

pagina a fronte

Fig. 2
Agrigento, Tempio
della Concordia,
alla sommità del
pronaos è ancora
visibile il vano di
alloggiamento di
una possibile trave
di colmo

Abstract

The herein paper proposes a diachronic analysis of the timber carpentry roof in the roman context. It is based on cross attestations deriving from ancient literary sources, the iconography emphasized in artefacts belonging to different figurative arts that reproduce timber structures and on the beam sockets still present in some constructions. The analysed roof carpentries developed in antiquity in Greece, Magna Graece and Etruria, were, in general, constituted by a horizontal member on which struts rest, with the role of supporting two oblique members that form the roof pitch. An organization that persisted in the roman constructive culture at least until the 4th century when the truss system, able to generate new interrelations among the component elements, became particularly widespread.

Introduzione

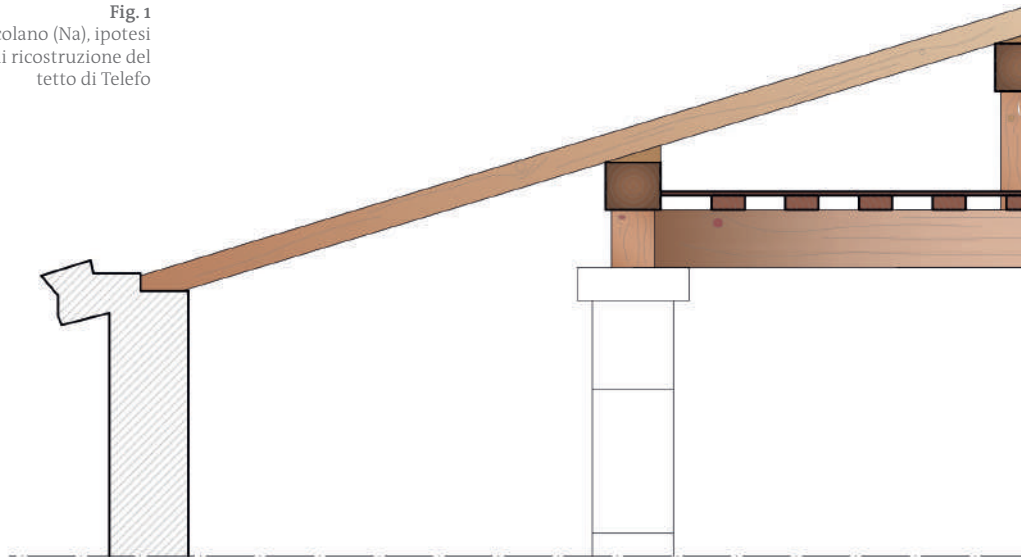
Il processo di ideazione della incavallatura¹ è un tema quanto mai controverso, su cui difficile risulta pronunciarsi, essendo gli elementi di carattere storico poco espliciti in proposito. Probabilmente l'architettura greca e magno-greca non conoscevano un tale sistema, generalmente gli ambienti erano coperti da travi, soggette a semplice flessione determinata dal peso proprio e da uno o più colonnelli, aste verticali che sostenevano lunghi elementi inclinati per conferire la pendenza ai tetti; le membrature erano dunque solo poggiate, prive di collegamenti che potessero innescare trazioni. Una posizione divergente rispetto alla letteratura sull'argomento che invece afferma la possibilità di un impiego della capriata almeno dall'età ellenistica (Adam, 1984; Hellmann, 2002) o, in una datazione più alta, dal VI secolo a.C. (Hodge, 1960; Klein, 1998).

Dall'analisi delle riproduzioni di tetti presenti nell'architettura funebre etrusca si deducono alcuni caratteri costruttivi costanti e, similmente alla *Graeca consuetudo*, una armatura lignea non assimilabile ad un sistema ad incavallatura. *L'ars struendi* romana attinge a piene mani alla cultura costruttiva greca e soprattutto etrusca e, verosimilmente, solo dal IV secolo d.C. adotterà in maniera diffusa, per coprire grandi luci, un sistema di

¹Nel testo si è preferito distinguere tra capriata, intesa come struttura lignea di copertura di tipo classico (Tampono, 1996; Tampono et al, 2002) ovvero composta da due puntoni, catena, due saette e monaco, e incavallatura, termine più generale che include tutte le possibili organizzazioni, comunque generanti nelle aste compressioni e trazioni.



Fig. 1
Ercolano (Na), ipotesi
di ricostruzione del
tetto di Telefo



membrature “chiuso”² – l’incavallatura – in cui si determinano nuove interrelazioni tra i nodi³ che inibiscono gli spostamenti e ottimizzano, in generale, il comportamento strutturale degli elementi componenti tanto da poterne ridurre la sezione resistente.

² In quanto non determina spinte all’esterno del sistema.

³ Da cui scaturiscono sforzi di trazione nell’asta orizzontale.

⁴ Nei templi peripteri di epoca classica le membrature orizzontali dovrebbero essere comprese entro il *Sekòs* mentre le aste inclinate del tetto interesserebbero l’intera estensione trasversale del tempio (Gros, 1997), oltre il *Sekòs*, senza dunque congiungersi alle estremità.

⁵ Per esempio quella del Tempio di Efesto ad Atene, del Tempio della Concordia ad Agrigento, del Tempio di Poseidone a Paestum; per quest’ultima, alla interpretazione di Hodge (1960) si aggiunge quella autorevole di Choisy (1873), con poche varianti, a cui il professore inglese si è largamente ispirato.

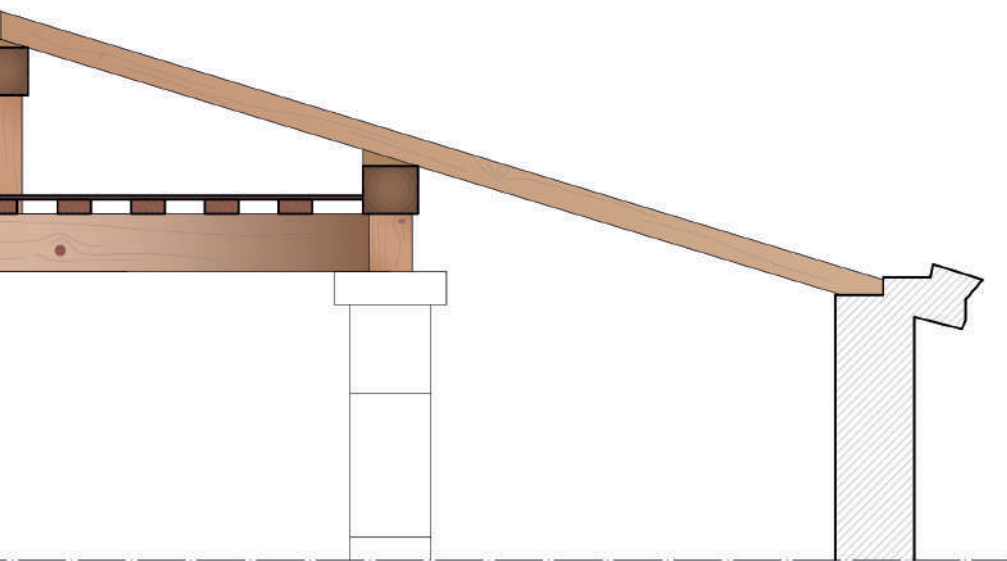
⁶ Infatti, frequentemente il piede del falso puntone non è concorrente con la membratura trasversale come per esempio nel Tempio della Concordia ad Agrigento, dove l’incavo per ricevere l’asta inclinata è realizzato ad una quota superiore a quelli deputati all’alloggiamento dell’elemento orizzontale (Hodge, 1960). Il geison infatti, viene concepito con intenti funzionali e non decorativi (Kleine, 1998) proprio per ostacolare la divaricazione della membratura inclinata di copertura.

I precedenti

Grecia, Magna Grecia e Sicilia

Essenzialmente litica dovette essere la cultura costruttiva importata dalla Grecia nei territori colonizzati dell’Italia meridionale tra VII e V secolo, sebbene è sicuramente il legno il materiale adottato per la carpenteria di copertura. Assenti risultano le attestazioni di resti di strutture lignee, tuttavia l’analisi dei fori di alloggiamento ancora presenti in diversi templi e dei caratteri dimensionali dei vani da coprire (Hodge, 1960) consentono di ipotizzare la possibile organizzazione delle membrature nell’antichità nei tetti di Grecia, Magna Grecia e Sicilia. La configurazione più comune in tali territori tra VI e IV secolo a.C. è costituita da una trave disposta trasversalmente all’ambiente su cui poggiano colonnelli a sostegno della trave di colmo e di una eventuale ulteriore orditura principale a questa parallela, utile a sua volta a sopportare il carico proveniente dai falsi puntoni e dallo strato finale di copertura⁴ (Orlandos, 1966). Un organismo strutturale (Fig. 1) che pertanto, anche nelle numerose varianti⁵, è costituito da un impalcato con la duplice funzione di portare il cassettonato e al contempo di realizzare un appoggio per i colonnelli a sostegno delle travi principali longitudinali. Non si rileva alcuna interazione tensionale tra le aste inclinate poggianti sulla muratura⁶ e la trave disposta trasversalmente all’ambiente.

I templi greci tra VI e V secolo a.C. in madrepatria sono, in generale, caratterizzati dalla presenza di colonnati intermedi che offrono alle travi del so-



laio vincoli posti a distanze esigue. In ambito siciliano, ad Agrigento (Fig. 2) in particolare, sono attestati invece edifici sacri con differenti caratteristiche dimensionali in cui è riscontrabile una luce libera significativa⁷ (Hodge, 1960). Spiccano tra i templi dell'antica Akragas le dimensioni colossali dell'Olympieion che presenta una distanza massima tra due appoggi consecutivi di 12,85 mt (Hodge, 1960). Una tale lunghezza comporta indiscutibili problematiche per il suo superamento, legate oltre che alla resistenza soprattutto alle elevate deformazioni scaturenti, possibile solo con l'adozione di membrature di notevole sezione resistente, di difficile approvvigionamento. Una soluzione alternativa è rappresentata dallo sviluppo di configurazioni di maggiore complessità e assimilabili ad un sistema ad incavallatura, organizzazione che secondo Hodge (1960)⁸ venne adottata negli edifici realizzati in Sicilia almeno dal 550 a.C..

Alla stessa epoca appartiene il cippo da Gela (Danner, 1993) (Fig. 3), conservato nel museo di Siracusa, che riproduce un edificio con un tetto e rimanda, plausibile ipotesi, alla sua armatura lignea. La trave e le due aste inclinate che costituiscono il frontone presentano una *esuberanza* dimensionale, forse risultato dell'applicazione di lastre frontonali fittili che ricoprono elementi lignei di misure minori. La mezzeria del timpano è contraddistinta da una colonna con capitello eolico (Naso, 1996), utile per sostenere il carico derivante dalla copertura attraverso i due falsi puntoni, raffigurati privi di efficace collegamento alla sottostante membratura orizzontale. Più recente, in ambito magno greco, è la datazione attribuita al Pinax (V secolo a.C.) (Fig. 4) (Cardosa et al, 1999), parte di una serie di bassorilievi⁹ dedicati come *anathema* nel Santuario di Persefone, sito sul colle della Mannella a Locri. Il repertorio iconografico raffigurato include atti culturali che suggellano l'itinerario iniziatico verso le nozze (Grillo, 2014). La tavoletta analizzata presenta una lacuna nel registro inferiore e rappresenta

⁷Tra gli altri il tempio di Eracle e quello dorico di San Biagio, ad Agrigento, rispettivamente con luce di 11,84 mt e di 10,35 mt; dimensioni che non trovano uguali in Grecia, dove la massima distanza tra gli appoggi si registra nell'Eretteo pari a 9,80 mt (Hodge, 1960).

⁸Tuttavia, nonostante il parere autorevole di Hodge (1960), restano su una tale proposta di datazione perplessità in quanto basata su elementi indiretti. Differente opinione è evidenziata da Coulton (1976) secondo il quale, infatti, la superiorità tecnica siciliana non deriverebbe da un avanzamento tecnologico ma nella facilità, grazie per esempio ai boschi dell'Etna, di approvvigionamento del materiale con dimensioni elevate.

⁹Si tratta di manufatti in terracotta di varie dimensioni prodotti in serie, la cui prima edizione ed esposizione si deve a Paola Zancani Montuoro (1954).

Fig. 3
Siracusa, museo
Archeologico
Regionale Paolo
Orsi, Cippo da
Gela, VI sec. a.C.

una scena di sacrificio incruento (Marroni et Torelli, 2016) in cui due donne partecipano al momento rituale. Lo sfondo della scena è dominato da un tempio in stile dorico-ionico, forse realmente esistito, con timpano decorato da due colombe e la cui copertura, ribassata, è costituita verosimilmente da una struttura lignea. Colonne ioniche litiche con fusto scanalato sorreggono, infatti, una *trabs* su cui poggia una teoria di membrature disposte perpendicolarmente e portante un possibile cassettonato. Tale solaio sorregge una ulteriore membratura orizzontale su cui sembrerebbe scaricare, attraverso il colonnello posto nella mezzeria, il peso proveniente da due elementi inclinati che realizzano la modesta pendenza della falda. Il bassorilievo non evidenzia alcun collegamento tra le aste inclinate e la trave e risultano semplicemente appoggiate, prive dunque di alcun accorgimento per generare sforzi di trazione nell'asta orizzontale.

Etruria

Analoghe soluzioni per la copertura di edifici in età arcaica e classica sono attestate in ambito etrusco.

La cultura romana si nutre intensamente, com'è noto, delle conoscenze, anche di tipo tecnologico, del popolo dei *Tirreni*, al punto che è difficile distinguerne elementi di indipendenza. L'esame delle strutture di legno etrusche pertanto, rappresenta un sicuro caposaldo utile nell'esegesi delle carpenterie in epoca romana. Malgrado non siano noti rinvenimenti di tet-



ti realizzati in ambito etrusco, è possibile tentare di delinearne i caratteri fondamentali attraverso le fonti letterarie e, soprattutto, mediante l'analisi dell'architettura funeraria. Le strutture tombali riproponendo morfologie riprese dell'architettura civile risultano dunque utili poiché potrebbero restituire dettagli importanti sulle caratteristiche costruttive dei tetti.

La Tomba dei Leoni Dipinti, risalente al VII secolo a.C., intagliata nella roccia, è parte del complesso funerario del Tumulo degli Scudi e delle Sedie a Cerveteri. L'impianto planimetrico è caratterizzato da un lungo dromos su cui si aprono trasversalmente due camere minori e alla cui estremità sono presenti due ambienti allineati, una camera funeraria e una sorta di vestibolo. La camera funeraria è caratterizzata da un soffitto che riproduce una trave di colmo su cui poggiano membrature inclinate che a loro volta sorreggono una orditura secondaria¹⁰; si riscontra una gerarchia nelle dimensioni¹¹. L'interasse dell'orditura minuta rappresentata è minore di quella dei falsi puntoni e forma un reticolo quasi regolare che rimanda ad una organizzazione a lacunari. La parete di fondo raffigura elementi scolpiti disposti in verticale (Zancani Montuoro et Zanotti-Bianco, 1954) che evocano tre ometti, di cui quello centrale a supporto della trave di colmo, collegati da una membratura orizzontale; questa ultima svolge un ruolo fondamentale nel mantenere nel piano le tre aste verticali, altrimenti labili.

Una analoga articolazione compare nel tumulo Mengarelli (VII secolo a.C.) nella necropoli della Banditaccia a Cerveteri.

L'interpretazione del soffitto della Tomba dei Leoni trova riscontro nell'urna bronzea di Vulci¹². Tale manufatto scoperto nella necropoli dell'Osteria e conservato al Museo Nazionale Etrusco di Valle Giulia, infatti, raffigura con sufficiente approssimazione una abitazione ad intelaiatura lignea con carpenteria di copertura costituita da una trave di colmo su cui poggiano falsi puntoni a sezione quadrangolare.

Una organizzazione più complessa presenta la carpenteria riprodotta nella Tomba delle Cinque Sedie a Cerveteri, risalente al VII secolo a.C., è caratterizzata da un *dromos* di accesso e da tre camere scavati nel tufo. Uno degli ambienti posto a sinistra del *dromos* presenta un soffitto displuviato conformato come l'intradosso di un solaio, con colmareccio a cui vengo-

Fig. 4
Locri (Rc), colle della Mannella, Pinax del Santuario di Persefone

¹⁰ Evidenti sono le analogie con l'articolazione del tetto del tempio tuscanico descritta da Vitruvio in IV, 7, 5 "... supraque eum fastigium, columnen, cantherii, templa sunt conlocanda ...".

¹¹ In generale, le rappresentazioni delle travi di colmo in ambito etrusco sono di elevata dimensione se comparate a quelle desumibili dai fori di alloggiamento dei coevi templi greci; una differenza da attribuire, secondo Hodge (1960), al maggior onere statico che deve assumere, derivante dalle pesanti statue caratteristiche dell'architettura templare etrusca.

¹² Simile articolazione è ravvisabile nell'urna cineraria fittile a forma di tempietto risalente al IV-III secolo a.C. (Colonna, 1986), rinvenuta a Volterra.



Fig. 5
Toscana (Vt),
necropoli
Peschiera,
tomba a casa



no affiancate, parallelamente, in prossimità della mezzeria di ciascun spiovente, due ulteriori travi principali sui cui poggia una teoria di fitti travetti. La trave di colmo è riprodotta su un piano diverso rispetto alla restante orditura, diversamente dalle travi e dai travetti posti alla stessa quota, forse per non esasperare l'altezza del solaio, connessi a mezzo legno. Dalla raffigurazione si evince inoltre che le tre travi principali sono caratterizzate da una base di dimensioni preponderanti rispetto all'altezza, con il probabile obiettivo di ampliare e migliorare l'appoggio per una orditura secondaria, quest'ultima, al contrario, si contraddistingue per l'altezza maggiore della base, ottimizzando con tale geometria la risposta agli sforzi flessionali. La perizia tecnica nel rappresentare la carpenteria di copertura da parte dell'artigiano si esprime anche nella probabile riproduzione della deformazione dei travetti che presentano nella parte terminale, verso il colma-reccio, una concavità concorde con una inflessione derivante da un insufficiente dimensionamento e da possibili fenomeni di viscoelasticità, tipici delle strutture lignee.



Una eccezionale testimonianza di età arcaica proviene dalla necropoli Pechiera a Tuscania (Vt), dove fu realizzata la tomba rupestre a dado che ripropone una tipologia di copertura diffusa nella coeva architettura domestica (Cristofani, 1985). Si tratta di un tetto a capanna il cui timpano scavato nella roccia raffigura cinque ometti poggianti su una trave e che sostengono due elementi obliqui che realizzano la pendenza (Fig. 5). Le aste inclinate non concorrono al piede con le estremità della membratura orizzontale; una configurazione pertanto che non può innescare alcun mutuo trasferimento di sollecitazioni tra elementi inclinati e quello orizzontale.

Allo stesso periodo è da ascrivere la Tomba dei Giocolieri a Tarquinia (Fig. 6); costituita da una unica camera, presenta nella parete di fondo una elegante composizione in cui è raffigurato il defunto che assiste ad uno spettacolo in suo onore. Il registro superiore della parete è caratterizzato da fasce orizzontali policrome che rinviano ad una modanatura di una membratura, verosimilmente lignea, su cui scarica un monaco “ante litteram” la cui base è riprodotta più ampia rispetto alla sommità. Tale membratura è

Fig. 6
Tarquinia (Vt),
tomba dei Giocolieri



raffigurata a sostegno di un elemento lineare disposto longitudinalmente all'ambiente, che evoca una trave di colmo. Non è visibile l'apparecchio che genera l'inclinazione della falda, che si presume essere composto da due elementi obliqui poggianti sulla trave di colmo.

Una sintassi compositiva e cromatica che si ripete nella parete di fondo della coeva Tomba del Barone, databile tra 530 a.C. - 520 a.C., e nella Tomba dei Tori (VI secolo a.C.), entrambe situate nella necropoli dei Monterozzi a Tarquinia.

Allo stesso ambito cronologico appartiene la Tomba del Bronzetto dell'Offerente, nella necropoli di San Cerbone nel parco archeologico Baratti di Populonia (Fig. 7). Si tratta di una tomba del tipo ad edicola che evidenzia una peculiare disposizione delle membrature del tetto interamente litico. L'armatura è costituita da due elementi inclinati, compressi, assimilabili a colonnelli, che trovano un equilibrio attraverso il contrasto reciproco mentre, al piede, la traslazione è ostacolata dalle possenti murature di ambito. Su tali elementi obliqui, continui per l'intera lunghezza del tetto, poggiano lastre in calcare che formano il manto di copertura. Il fronte opposto presenta invece un concio posto all'estradosso della mezzeria della cornice che corona le pareti della tomba e rimanda ad un colonnello ligneo, la cui sommità è conformata a triangolo, al fine di far combaciare tale geometria¹³ con l'inclinazione dei falsi puntoni che formano il displuvio.

Una raffigurazione singolare, rimarchevole anticipazione delle successive configurazioni, capace di realizzare un vero e proprio spartiacque nella storia delle costruzioni lignee, compare nella stele di San Vitale (Fig. 8), conservata nel Museo Civico Archeologico di Bologna. Si tratta di un segnale di una tomba ad inumazione dell'VIII secolo a.C., in cui è incisa nella tenera arenaria una capanna¹⁴ descritta negli elementi costruttivi essenziali. Un telaio di legno rappresenta la struttura verticale, il cui montante centrale continua fino alla sommità per sostenere le due membrature inclinate che costituiscono la falda. Tali aste sono caratterizzate dalla peculiare presenza di due contraffissi, la prima raffigurazione all'autore no-

¹³ Una simile morfologia della sezione è attestata, per quanto è desumibile dal foro di alloggiamento, nella trave di colmo del Tempio di Poseidone a Paestum.

¹⁴ Rappresentano le tipiche cellule, costruite in legno e strame, degli insediamenti proto urbani di età villanoviana; solo durante l'età medio orientalizzante si assiste al passaggio irreversibile dalla capanna alla casa (Colonna, 1986).

ta¹⁵, utile per garantire una maggiore rigidità del tetto, altrimenti deformabile e fornire al puntone un vincolo intermedio. Nella rappresentazione compaiono alcune semplificazioni, specie nel dettaglio dei nodi, per cui non è possibile interpretarne in maniera univoca la geometria e la modalità di trasferimento delle tensioni. Tuttavia, è possibile ipotizzare un collegamento tra le varie membrature oltre che a gravità anche con l'ausilio di fibre vegetali che consentono una interazione tra le varie aste.

Il sistema di copertura scolpito nella stele di San Vitale non determinò una elevata influenza sull'organizzazione delle armature dei coperti successivi rimanendo confinato all'esecuzione di capanne. La motivazione è da ricercare nel fatto che l'apparecchio piuttosto che tendere a realizzare con consapevolezza una incavallatura deriva dalla necessità di legare e concludere il graticcio nella parte sommitale¹⁶ altrimenti privo di equilibrio.

La carpenteria dei tetti a Roma

Le origini

L'arte del costruire degli etruschi e dei greci, anche relativamente alla carpenteria lignea, confluisce nella cultura latina confermando con evidenza il debito di Roma verso tali popoli. Una dipendenza che si traduce in una continuità, in ambito romano, di adozione di soluzioni per le armature dei tetti, almeno fino al I secolo a.C., già sperimentate in Magna Grecia e dai Tirreni senza sostanziali elementi di innovazione¹⁷.

Tale tipo di configurazione probabilmente caratterizzava la copertura del Tempio di Marte Ultore (Fig. 9), ex voto di Augusto al tempo della battaglia dei Filippi (42 a.C.) (Ward-Perkins, 2002), situato nel Foro di Augusto a Roma. Allo stato attuale l'anta in opera quadrata presenta fori quadrangolari per l'alloggiamento delle travi che costituivano il solaio con, sovrastante, desumibile dagli incavi presenti nella muratura, tegole afferenti ai due spioventi la cui inclinazione era originata da membrature inclinate; non risultano evidenze riconducibili ad una incavallatura.

Eccezionale per l'iconografia evidenziata e di estremo valore documentario per la definizione della storia delle carpenterie lignee dei tetti è il rilievo funerario rinvenuto nel 1938 sotto il Palazzo della Cancelleria a Roma (Fig. 10a e 10b). Si tratta di un documento marmoreo di 146 cm di lunghezza, di altezza massima di 49 cm e di circa 6 cm di spessore, che decorava la tomba di Aulo Irzio in Campo Marzio (Rodríguez Almeida, 1994) e che durante il medioevo fu tagliato dalla collocazione originaria e reimpiegato come materiale costruttivo (Rodríguez Almeida, 1994). Il rilievo raffigura un anfiteatro, forse in costruzione, le cui strutture lignee rappresentate sarebbero ponteggi e, in generale, strutture provvisorie per l'erezione del manufatto (Rodríguez Almeida, 1994). Tuttavia, la presenza delle tegole a copertura del tetto, in aggiunta alla dimensione elevata delle membrature (Welch, 2007) condurrebbero a propendere per una diversa interpretazione, ovvero una struttura dal carattere definitivo. Simile è la posizione di Coarelli (2001) che fa risalire il rilievo al I secolo a.C., immediatamente dopo la morte di Aulo Irzio avvenuta nel 45 a.C., discorde dalla datazione suggerita

pagina seguente

Fig. 7

Populonia (Li),
necropoli di San
Cerbone, tomba
del Bronzetto
dell'Offerente

¹⁵Se si esclude uno dei dipinti magdaleniensi realizzati all'inizio del Paleolitico superiore nella caverna di Font de Gaume in Dordogna (Singer et al., 2012) che sembrerebbe riprodurre un tetto con due elementi inclinati che evocano delle saette.

¹⁶La presenza dell'elemento orizzontale ha la finalità di chiudere il telaio ligneo ed è meramente di ausilio a scongiurare rotazioni dei due montanti e garantirne pertanto la stabilità, solo come funzione secondaria ha quella di assorbire spinte, peraltro infime specie se è efficace il nodo di sommità tra le membrature inclinate.

¹⁷La stretta relazione con le organizzazioni dei tetti greci è stata già evidenziata da Giovannoni (1925, pag.71): "... Nello schema a copertura lignea (a Roma) i principi costruttivi non differiscono molto da quelli dei templi greci e degli altri edifici a loro affini ...".





ta da Rodriguez Almeida (1994) compresa tra I e II secolo d.C. che propone come tema raffigurato un anfiteatro, di carattere provvisorio ma concluso nella sua esecuzione.

La scena nel registro centrale del rilievo evidenzia una costruzione a pianta cilindrica, con una trama in elevato che rimanda ad una possibile opera quadrata¹⁸ dalla cui sommità si dipartono pilastri verosimilmente a sostegno di un *velarium*, lateralmente sono presenti gallerie che sembrerebbero perimetrare l'anfiteatro. La copertura del complesso è raffigurata con tre incavallature poggianti su pali lignei, quest'ultimi solidarizzati unicamente all'estremità superiore. Semplici cavalletti caratterizzano il tetto delle gallerie laterali a cui corrispondono inferiormente ulteriori membrature appaacciate a formare triangoli, quindi indeformabili. La luce elevata afferente alla parte centrale comporta una organizzazione maggiormente complessa della carpenteria; le incavallature, infatti, si arricchiscono di ulteriori membrature, un monaco e due saette. Queste ultime sono raffigurate connesse, verosimilmente mediante chiodi, alla faccia del puntone, mostrando una chiara volontà di ricerca di indeformabilità del sistema. Interessante è l'elemento, verosimilmente una tavola, posto in verticale¹⁹, d'irrigidimento del nodo puntone-catena con il compito di ostacolare una possibile traslazione e di imporre alla catena una sollecitazione di trazione. Il monaco, con il compito precipuo di sopportare il carico derivante dalle due membrature oblique²⁰ risulta insieme ai contraffissi connesso alla catena. Il carico concentrato proveniente dai due puntoni dell'incavallatura centrale scarica in corrispondenza dell'elemento sottostante inclinato²¹, la cui lunghezza libera d'inflessione viene ridotta dalla presenza di un ulteriore vincolo approssimativamente in mezzzeria costituito da una tavola²² disposta in perpendicolare e, all'estremità opposta, collegata all'asta orizzontale. Si rileva una inclinazione elevata del tetto che, sebbene implichino membrature lunghe e dunque possibili problemi di instabilità, per-

Fig. 8

Bologna, museo civico archeologico, stele villanoviana di San Vitale

Fig. 9

Roma, Tempio di Marte Ultore

pagina a fianco

Fig. 10

a. Roma, palazzo della Cancelleria, rilievo funerario di Aulo Irzio

b. Particolare del registro centrale.

1. saetta;

2. tavola

d'irrigidimento nodo catena-puntone;

3. elemento inclinato

in corrispondenza del puntone;

4. tavola

d'irrigidimento

Fig. 11

Ricostruzione delle armature dei tetti proposte da Vitruvio di Fra Giocondo (1511)



mette di ridurre la componente orizzontale al piede del puntone, comportando benefici per la tenuta del *fragile* nodo puntone-catena.

Non conosciamo l'entità della diffusione nel I secolo a.C. dell'organizzazione dell'armatura dei tetti raffigurata nel rilievo di Irzio e se rappresenta un episodio isolato. Vitruvio nel riportare nel *De Architectura* lo stato dell'arte delle costruzioni alla data della redazione tra il 30 e il 20 a.C. (Gros, 1997), sembra risentire del *peso* delle soluzioni sviluppate in Grecia, Magna Grecia ed Etruria, senza fare sicura menzione ad organizzazioni del tipo a capriate o, più in generale, ad incavallature. L'architetto di Augusto, in dipendenza della luce da coprire, descrive due tipologie di configurazioni strutturali *tectum commodus*²³ per vani di dimensioni ridotte e la soluzione con *transtra et capreoli*²⁴ nell'eventualità che la luce da coprire fosse elevata.

L'armatura da adottare nei tetti per coprire spazi non molto ampi, secondo Vitruvio, è costituita da una trave di colmo (*columen*) sui cui poggiano membrature oblique (*cantherii*) sporgenti ai bordi estremi delle cornici. La configurazione descritta è includibile in quelle di tipo non spingente (Cecotti et al, 2007).

Nel caso di *maius spatium*, la configurazione del tetto raccomandata da Vitruvio diventa maggiormente complessa e composta da *transtra cum capreolis*.

Le figure a corredo delle edizioni rinascimentali del *De Architectura* "attualizzano" in termini contemporanei le indicazioni di Vitruvio riguardanti le coperture di luce considerevole rappresentando carpenterie con organizzazione delle membrature assai simile a quelle comunemente adottate tra '400 e '500. La lettura e il relativo apparato grafico di Fra Giocondo (1511) (Fig. 11) e, analogamente per la ricostruzione proposta da Barbaro e Palladio²⁵ (1567), descrivono infatti, una incavallatura completa di monaco, due contraffissi, puntoni e catena. Si tratta dunque di un sistema chiuso costituito da una catena che poggia sulle murature d'ambito a cui sono vincolati alle due estremità i puntoni, utili a generare trazione in tale membra-

¹⁸ Ulrich (2007) ipotizza una struttura di legno per l'intero anfiteatro anche per la tessitura a scacchiera.

¹⁹ Una vera e propria staffa ante-litteram, sebbene quest'ultima rappresenta un ausilio di tipo passivo che esercita la propria azione nel caso unicamente di disservizio del nodo puntone-catena.

²⁰ Una ulteriore conferma alla intuizione di Tampone (1996) che ritiene che il monaco abbia in origine una funzione preminente nel portare i contraffissi e non di permettere la connessione tra i due puntoni.

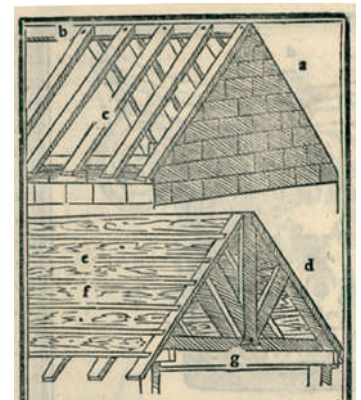
²¹ Tale membratura forma con l'asta contigua una "V", interpretabile come un vincolo utile a ridurre la luce della copertura nella parte centrale.

²² Dalle varie sovrapposizioni di membrature raffigurate si può dedurre che l'intera carpenteria sia costituita da tavole assemblate, una caratteristica che permette di ridurre il carico proprio.

²³ "... si comoda, columen, et cantherii prominentes ad extremam suggrundationem ..." (Vitruvio, Liber IV, 2, 1).

²⁴ "... Sub tectis, si maiora spatium sunt, et transtra et capreoli ..." (Vitruvio, Liber IV, 2, 1).

²⁵ La disposizione delle membrature proposta dai due trattatisti è caratterizzata da differenze minime e non sostanziali: il monaco nella versione di Fra Giocondo è rappresentato, diversamente dalla organizzazione disegnata da Palladio, rigidamente vincolato alla catena con evidenza di giunzione a tenone e mortasa; problematica dal punto di vista dell'equilibrio risulta la raffigurazione delle saette di Palladio, in cui, sebbene sono correttamente disposte nella mezzeria del puntone, l'inclinazione non ne consente un efficace funzionamento.



²⁶ Da Ginouvès (1992, pag 175) viene definita *charpente à ferme*, una incavallatura le cui interazioni con il contorno consistono unicamente nella trasmissione di sforzi verticali. Lo studioso francese include nelle membrature componenti una tale armatura del tetto "... une pièce verticale axiale travaillant aussi à la traction ...", ovvero un terzo elemento componente la incavallatura, un monaco, di cui Vitruvio sembrerebbe non fare alcuna menzione e che ad ogni modo, mancando le saette, non risulta in trazione ma, se vincolato alla catena, è soggetto a sforzi di compressione.

²⁷ Il primo tentativo di interpretazione grafica del tetto della basilica di Fano si deve a Cesare Cesariano nell'omonima edizione del *De Architectura* del 1521 che raffigura una sorta di travatura reticolare ante litteram a sostegno della copertura. Sostanzialmente simile è la lettura di Palladio che propone una armatura del tetto articolata in due travi longitudinali collegate da ritzi principali ed elementi inclinati di controventamento, in una organizzazione che trova diversi punti in comune con il disegno del Ponte sul Cismon (Tamponet et Furnis F., 2003). Una interpretazione quella di Palladio non condivisa in tempi più recenti da Perrault (Perrault, 1673) e Viollet Le Duc (1863) che propongono differenti configurazioni: una incavallatura caratterizzata dagli elementi essenziali, puntoni, monaco, saette e catena relativamente a quella del medico francese, più complessa, con l'aggiunta di colonnelli e falsa catena, è la rappresentazione del tetto della basilica di Fano inclusa negli *Entretiens sur l'architecture*.

²⁸ Benché Plinio riferisca che si utilizzavano non di rado nelle strutture lignee membrature di oltre 30 mt di lunghezza (NH 16, 200-201) come nell'anfiteatro dell'imperatore Nerone dove venne impiegata una trave di larice di 120 piedi e di sezione 2 piedi. Plinio ricorda inoltre un altro esempio, il portico dei Septa di Marco Agrippa appartenente al *Diribitorium*, le cui membrature misuravano 100 piedi con una sezione di 1,5 piedi.



tura. Una interpretazione quella rinascimentale che è condivisa anche dalla esegesi più recente²⁶. Tuttavia, emergono dalla sintetica e poco esplicita esposizione di Vitruvio non pochi dubbi sul reale significato che non consentono, ad opinione di chi scrive, una univoca definizione della configurazione del tetto affrontata nel trattato. Né per dirimere una tale controversa questione sono particolarmente utili le informazioni desumibili dalla trattazione²⁷, sebbene dettagliata nell'elencarne in particolare le dimensioni, della basilica di Fano riportata nel capitolo V del *De Architectura*, la cui copertura è caratterizzata da una luce massima di 60 piedi. Una dimensione da superare di circa 18 metri dunque, che comporta, indipendentemente dall'organizzazione e dalla specie legnosa impiegata, una sezione resistente considerevole, di difficile approvvigionamento²⁸, con un impegno delle risorse di resistenza e rigidità del materiale fino ad un valore estremo. Un limite di cui è pienamente consapevole Vitruvio che adotta nella realizzazione della basilica, *compactis trabes*, travi composte da tre elementi di due piedi (*liber V*, 1, 8), la cui solidarietà è garantita da *subscudes et securiculae* (*liber IV*, 7, 4), connettori con incastro a coda di rondine (Ginouvès et Martin, 1985), di ausilio a contrastare l'insorgenza di tensioni tangenziali tra le membrature connesse soggette a flessione.

Il termine *trabs* che Vitruvio usa diffusamente per indicare le travi che si pongono sulle colonne²⁹ differisce unicamente per le caratteristiche dell'appoggio rispetto a *transtrum*. La definizione di quest'ultimo elemento costruttivo è affrontata da Sesto Pompeo Festo che, raccogliendo e sintetizzando diverse fonti antiche, identifica *transtrum* come "... naium dicuntur et tigna, quae ex pariete in parietem porriguntur ..." (Paulus Festus, II, 505,3), ovvero una trave disposta trasversalmente al vano. Una traduzione che è, in generale, accettata dalla comunità scientifica anche per il termine impiegato da Vitruvio³⁰ nella trattazione della carpenteria dei tetti e individua dunque, una trave, non legata ad una specifica unità strutturale. È da osservare, utile a meglio identificare il ruolo dei *transtra* nella carpenteria di copertura, che nel trattato vitruviano un tale vocabolo viene impiegato insieme a *capreolus*; un termine, quest'ultimo, che presenta una chiara affinità con *capra*³¹ con cui condivide l'identica radice. Le *capre*, com'è noto, identificano macchine, di ausilio per il sollevamento³² di materiale da costruzione, composte da antenne soggette a compressione che, al fine di ridurre la spinta al piede, sono disposte con una modesta inclinazione quasi in verticale. A corroborare una tale relazione etimologica è la traduzione di *capreolus* riportata in diversi dizionari³³, definito come *puntello*, elemento quindi sollecitato preminentemente a compressione. Nella discussione è quanto mai opportuno fare riferimento inoltre, alla autorevole definizione di Corso (Gros, 1997, pag. 444) che sostiene che "... I *capreoli*



Fig. 12
Ercolano (Na), tetto di Telefo,
membratura lignea, reperto n. 11



Fig. 13
Ercolano (Na), tetto di Telefo,
membratura lignea, reperto n. 34

(Foto proprietà di Herculaneum Conservation Project: Parco Archeologico di Ercolano, Packard Humanities Institute, Istituto Packard per i Beni Culturali)



dovrebbero essere dei puntoni, probabilmente, piuttosto che le travi oblique denominate *cantherii* ...". Da quanto fin qui esposto ne deriva, ragionevole supposizione, che *capreolus* per Vitruvio rappresenti un puntello che, con riferimento all'armatura del tetto, potrebbe essere identificato con il *colonnello*. Una organizzazione per superare luci notevoli quindi non includibile nelle incavallature, in cui le membrature sono soggette essenzialmente a sollecitazioni di compressione senza che si determini alcuna interazione tra gli elementi da cui possano scaturire sforzi di trazione.

Approssimativamente contemporanea alla stesura del *De Architectura*, per quanto è emerso dalle analisi dendrocronologiche³⁴, è la carpenteria del tetto del Salone dei Marmi della Casa del Rilievo di Telefo ad Ercolano. Si tratta della struttura lignea di copertura più antica che ci sia pervenuta³⁵, sebbene non più *in situ*³⁶. I legni rinvenuti in numero di circa 500³⁷ comprendono l'orditura minore, membrature di dimensioni rilevanti che costituivano la struttura portante del tetto ed elementi afferenti ad un casettonato. Lo stato di conservazione delle membrature è estremamente variabile, con sostanziali differenze riscontrabili anche nella geometria, da rettangolari e quadrate ad elementi caratterizzati ancora dalla presenza di corteccia o appena scortecciati con sezione trasversale approssimativamente circolare. Dall'esame delle caratteristiche dimensionali e di forma del legname se ne può desumere il possibile ruolo all'interno dell'unità strutturale; anche la presenza di tracce di ferramenti rappresenta un ulteriore contributo a meglio definire la funzione originaria del reperto. Tali indicatori sono stati impiegati per l'analisi dell'elemento ligneo identifica-

²⁹ Sebbene Vitruvio aggiunge, nella descrizione della basilica di Fano, come possibili appoggi anche "... *anta et parietes pronai*..." *De Architectura*, V, I, 9.

³⁰ Corso (Gros, 1997, pag. 444) per esempio riporta "... *I transtra* sono le travi orizzontali trasversali..."

³¹ Verosimilmente la *capriata*, in uso solo dal XX secolo secondo il Devoto Oli del 2013 ha derivazione etimologica proprio da *capra*.

³² Sono incluse da Vitruvio nelle *machinae tractoria* (Ruggieri, 2017b) descritte nel capitolo X del *De Architectura*.

³³ Si vedano tra gli altri il vocabolario Devoto Oli del 2013 e Treccani del 2017.

³⁴ Basate su curve dell'areale appartenente alla Germania centrale, che trovano corrispondenza anche per l'Italia centro-meridionale, portano a datare la carpenteria ai primi anni del I secolo d.C. (Camardo et al., 2015).

³⁵ È da segnalare un altro tetto in crollo rinvenuto a Firenze nelle Terme di Piazza della Signoria risalenti al II secolo d.C. (Shepherd, 1989). Dallo scavo è emerso materiale fittile, elementi metallici e resti di travi di legno, che costituivano un sistema di soffitto a volta a botte in laterizio sostenuto da una carpenteria lignea di cui Sabelli (Shepherd, 1989) propone una ricostruzione.

³⁶ I flussi piroclastici che hanno caratterizzato la dinamica eruttiva del Vesuvio nel 79 d.C. hanno provocato oltre alla carbonizzazione della maggioranza delle membrature per l'alta temperatura, il collasso del tetto della Casa di Telefo con elementi rovesciati nelle immediate vicinanze.

³⁷ Sono afferenti oltre che alla copertura del Salone anche ad un porticato del balcone in oggetto dello stesso manufatto (Camardo et Notomista, 2015).

Fig. 14
La tipica
organizzazione
dell'armatura dei
tetti tra VI e IV
secolo a.C. in Grecia
e Magna-Grecia

³⁸Uno studio basato su una iniziativa del Packard Humanities Institute in collaborazione con la Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Pompei, Ercolano e Stabia e la British School a Roma.

³⁹L'incavo realizzato nell'asta lignea utile per collegare.

⁴⁰La parte di superficie dell'incavo realizzata nella catena finalizzata ad ostacolare lo scorrimento del puntone.

⁴¹Inclinato di circa 10 gradi rispetto all'asse della membratura è connesso mediante, probabilmente, due chiodi. Tali ferreamenti, opportunamente, risultano non allineati sulla stessa fibra al fine di evitarne la divaricazione conosciuto come effetto "spacco". Si ipotizza un impiego per il supporto del sottostante cassettonato.

⁴²È infatti lievemente inclinato rispetto al bordo della trave e quindi messo in opera "a tradimento".

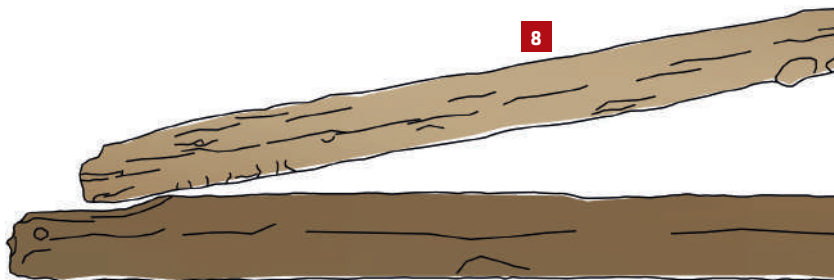
⁴³Si ottiene così un manufatto di dimensioni maggiori con evidente economia in quanto è possibile anche utilizzare alberi di scarso fusto.

⁴⁴Gli elementi identificati con 76 e 146 presentano una differenza nella geometria rispetto ai reperti 34 e 210. Infatti, dalla base maggiore della figura trapezoidale fuoriesce un elemento rettangolare di circa 6 cm di spessore per una altezza di circa 15 cm. Una tale forma sarebbe concorde con un colonnello che presenta un tenone all'estremità inferiore utile a garantire l'equilibrio sotto il carico trasferito dall'estremità dei falsi puntoni; il collegamento sarebbe avvenuto ad una mortasa realizzata nella mezzeria del *transtra*. Una congettura che presenta limiti di ordine statico, in quanto costituirebbe un carico concentrato realizzato dal colonnello proprio al centro dell'asta dove, al contempo si realizza una riduzione di sezione resistente per accogliere il tenone.

46

to nell'inventario predisposto dai tecnici dell'*Herculaneum Conservation Project*³⁸ con il n. 11 (Camardo et Notomista, 2015) (Fig. 12) che presenta una lunghezza di circa 6,5 mt, adeguata a superare la luce del Salone pari approssimativamente a 6 mt, sezione con altezza media di circa 30 cm e base di 16 cm. Ad uno dei margini della faccia si constata una riduzione dell'altezza, pur non evidenziando una vera e propria calettatura³⁹ in quanto risultano mancanti elementi che rinviano ad un possibile tallone⁴⁰; sono evidenti inoltre tracce di corrosione che attestano la presenza di elementi metallici sia sottoforma di piatto metallico⁴¹ che di possibili chiodi. Questi ultimi sono rilevabili alle due estremità della trave, in cui l'elemento lineare di "ferro", per quanto è possibile supporre dalla attuale morfologia risultato dei prodotti di ossidazione, sembra attraversare, quasi parallelamente⁴² alla dimensione maggiore, la sezione solo parzialmente. Si ipotizza dunque per l'asta denominata n. 11 l'appartenenza all'armatura di copertura con funzione di *transtrum*, caratterizzata da ferreamenti di ausilio a contrastare lo scorrimento della membratura inclinata posta in prossimità dei due estremi. Più difficile risulta l'individuazione degli elementi obliqui per i quali è possibile comunque fare alcune congetture basate unicamente sulla geometria. La membratura identificata con n. 8 di dimensioni di circa 3 mt di lunghezza ed una altezza della sezione pari a circa 22 cm, rilevo da (Camardo et al, 2015), potrebbe aver rappresentato fino all'eruzione del 79 d.C. l'elemento inclinato della carpenteria del tetto, benché non presenti alcuna traccia di corrosione complementare a quelle riscontrate nel reperto n. 11. Peculiare nella sua geometria è l'elemento identificato con n. 34 (Fig. 13) e, con simile morfologia, il n. 210, n. 76 e n. 146. Un manufatto a forma trapezoidale probabilmente da assemblare con un altro elemento di conformazione analoga mediante chiodi⁴³ a costituire un profilo a "V" rovesciata. Una sezione poliedrica composta⁴⁴ che rinvia ai colonnelli dei tetti realizzati in Magna Grecia e Grecia e che si è presunto essere raffigurati nelle tombe etrusche della necropoli Monterozzi a Tarquinia, con cui condividerebbe anche la pendenza esigua, (Fig. 14) e che pertanto si ipotizzano essere diretti antecedenti dell'organizzazione che caratterizzava la copertura della casa del Rilievo di Telefo⁴⁵.

La colonna Traiana, realizzata nel 113⁴⁶ ed eretta per celebrare le vittorie di Traiano sui Daci, include tra i rilievi⁴⁷ una raffigurazione che mostra in pri-



mo piano il *princeps*, circondato dai suoi collaboratori, che assiste all'assedio di una fortezza dacica. Un manufatto, quest'ultimo, che documenta nella parte estrema della scena l'organizzazione dell'armatura del tetto, costituita da due elementi inclinati, una *trabs* e un ometto. Una configurazione che secondo Cozzo (1970, pag. 193) non è riconducibile ad un comportamento a capriata, infatti " ... abbiamo invece il monaco che appoggiandosi riporta sulla catena tutto il carico verticale, in quanto i legni della catena raddoppiati ci indicano chiaramente il genere di sforzo sopportato ...". Una lettura che, tuttavia, risulta "viziata" dalla mancanza di chiare evidenze della connessione puntone-catena, strategica nel trasferire eventuali trazioni alla catena e di ausilio per una più precisa definizione del ruolo delle varie membrature.

Di realizzazione poco successiva e di cui autorevole testimonianza ci viene fornita tra gli altri da Palladio è la carpenteria che caratterizzava il pronao del Pantheon prima della rimozione del XVII secolo avvenuta per volere di papa Urbano VIII Barberini⁴⁸. Il disegno e il relativo commento, con strette analogie con le altre riproduzioni rinascimentali⁴⁹, descrivono una armatura composta da due falsi puntoni, ometti che costituiscono un vincolo per le membrature inclinate e una catena posizionata in prossimità della sommità, dunque poco efficace nell'ostacolare la traslazione dei puntoni. Dettagliata è la rappresentazione dei nodi che beneficiano di una elevata rigidità conferitagli da chiodi, probabilmente metallici. Le membrature, per quanto sostenute da Palladio⁵⁰ (Fig. 15) e confermato da Scamozzi⁵¹, sono costituite da tre tavole di bronzo⁵², di cui due a costituire le facce dell'elemento composto e un calastrello di collegamento posto in orizzontale tra le membrature, utile inoltre a scongiurare possibili fenomeni di instabilità. Le caratteristiche dei vincoli palesano la presenza di sforzi di trazione, almeno nella catena, da cui si deduce un comportamento di una tale carpenteria come incavallatura.

Lo sviluppo tra IV e VI secolo

Non sappiamo quanto l'organizzazione che caratterizzava il portico del Pantheon e, in generale, le incavallature fossero diffuse a Roma nel II secolo, tuttavia, un dato certo è un impiego di una tale *inventio* almeno dall'età augustea.

⁴⁵ Una differente lettura è stata proposta dal gruppo di ricerca dell'*Herculaneum Conservation Project*. Il concio di forma poliedrica sarebbe di ausilio al nodo puntone-puntone assicurando la messa in forza del sistema e di cui pertanto si presume avere tutti i caratteri, anche in termini di trasmissione delle tensioni, di un cavalletto moderno. Una congettura affascinante che tuttavia trova un punto debole in quanto rappresenterebbe un episodio isolato nel panorama dei tetti realizzati in ambito romano e nelle culture costruttive dei territori confinanti.

⁴⁶ CIL XIV 4543.

⁴⁷ Rilievo n. 85 nell'inventario in Cichorius, C., *Die Reliefs der Trajanssäule*, Berlino 1896-1900.

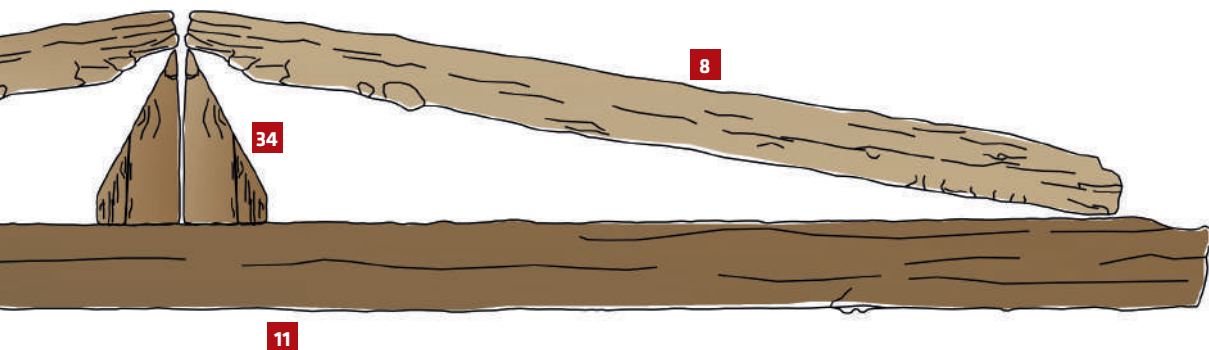
⁴⁸ "... I travi pur di bronzo maestrevolmente fatti ciascheduno con tre grosse tavole da chiodi pur di bronzo connesse, si son veduti a nostro tempo, finche Urbano VIII, l'anno 1627, le levò, per farne all'altar maggiore della Chiesa di S. Pietro colonne, ed à Castel S. Angelo artiglierie, ponendovi in loro luogo travi di legno..." (Nardini, 1666, VI, 4, pag 335).

⁴⁹ Sono infatti, conservati agli Uffizi i disegni del pronao del Pantheon di Sallustio Peruzzi, Sebastiano Serlio, Giovanni Antonio Dosio, Jacopo Sansovino e Cherubino Alberti (Lanciani, 1897).

⁵⁰ "... le travi del portico sono fatte tutte di tavole di bronzo..." Palladio, lib IV, pag 74 I Quattro Libri dell'Architettura Domenico de Franceschi Venezia 1570.

⁵¹ "... Travi composte de tre tavole di buona larghezza o grossezza di bronzo; cioè due che fanno i lati, ed una di sopra confitte insieme con pironi di metallo..." L'Idée dell'Architettura universale, part II, Libro VIII, cap. 21, pag 400.

⁵² Forse semplici lamine a "protezione" di un elemento ligneo, sebbene la quantità rilevante del bronzo ricavato, pari a circa 450.000 libbre, riportata da osservatori diretti (Lanciani, 1897) escluderebbero una tale supposizione.



⁵³ UDi poco posteriore, la cui costruzione è iniziata nel 385, è la Basilica di San Paolo fuori le Mura che, oltre a rappresentare una delle quattro basiliche maggiori, condivide con San Pietro la luce elevata della navata, superiore a 24 metri (Rondelet, 1817, (III), pl. 76). La carpenteria era costituita da una incavallatura alla "palladiana" costituita da catena, ometti, falsa catena, puntoni e sotto puntoni, almeno per quanto è desumibile dalle raffigurazioni di Pannini (1750), Piranesi (1778), Rondelet (1817) e *Letarouilly* (1857) che trovano strette analogie con la descrizione di Uggeri (1802), che ha una conoscenza diretta in quanto l'ha ispezionata. Una organizzazione che rimanda a tipi comuni solo successivamente, in particolare tra XVI e XVIII secolo, pertanto è possibile ipotizzare che le riproduzioni menzionate e quindi la carpenteria di San Paolo presente nel XIX secolo precedentemente all'incendio del 1823 è il risultato di un rifacimento successivo all'epoca di edificazione.

⁵⁴ Infatti, durante questo periodo, frequentemente le falde dei tetti inglesi sono caratterizzate da non elevate pendenze con armatura lignea composta da elementi essenziali, due puntoni e una falsa catena che ne irrigidisce il nodo (Brandon, 1849). Similmente avviene durante l'età Merovingia in Francia dove la carpenteria lignea di copertura è caratterizzata da semplici cavalletti disposti ad un interasse esiguo (Viollet Le Duc, 1863).

⁵⁵ Un dato che ci viene fornito dall'opera *De aedificiis* di Procopio di Cesarea, storiografo dell'imperatore Giustiniano che cita esplicitamente il nome di Stefano di Eilath (Procopio di Cesarea, VI secolo), architetto vissuto nel VI secolo, come progettista ed esecutore del complesso. Una fonte documentaria che trova conferma nelle analisi svolte con la metodologia della dendrocronologia (Lipshchitz et Waisel, 1974) e le determinazioni al Radiocarbonio (Galey et al., 1979). Una ulteriore prova deriva dall'esame di alcune tavole della carpenteria che presentano intagli con iscrizioni dedicate a Giustiniano per aver ordinato la costruzione della chiesa e al progettista Stefano di Eilath (Tampone, 1996).

Di notevole interesse per delineare lo sviluppo della carpenteria di copertura a Roma è la decorazione parietale conservata a San Pietro e risalente al X secolo che raffigura l'interno della Basilica costantiniana (330 d.C.)⁵³ (Fig. 16). L'affresco evidenzia la carpenteria di copertura di luce di circa 24 mt con unità strutturali disposte ad interasse particolarmente esiguo (Tampone, 1996; 2002). Si tratta di incavallature con monaco vincolato alla catena e una falsa catena, a sua volta collegata sia ai puntoni che, mediante un giunto a mezzo legno, al monaco, contrastando dunque gli spostamenti in verticale ed orizzontale. Fontana (1694) è l'autore di una descrizione, corredata da disegni, che ci fornisce ulteriori preziosi dettagli su tale carpenteria (Ruggieri, 2017a). Secondo l'architetto originario del Canton Ticino, l'incavallatura, che presenta identici elementi funzionali dell'affresco Vaticano, è costituita da membrature composte da due tavole connesse tra loro per mezzo di ferramenti metallici, ad esclusione del monaco, passante tra le tavole e vincolato mediante chiodi alla falsa catena ed ai puntoni. La catena è costituita, in lunghezza, da due pezzi collegati in mezzeria mediante staffe e indentature di dimensione modesta che, al fine di contenere gli sforzi di trazione a cui è soggetta la membratura risultano palesemente sottodimensionati. Il nodo catena-puntone presenta un tallone ridotto e l'apposizione di una staffa metallica. Le connessioni esterne si attuano per semplice appoggio con l'ausilio di un chiodo metallico che irrigidisce il vincolo e ne contrasta lo sfilamento dall'alloggiamento.

La tecnica costruttiva per coprire grandi spazi fu dunque portata alla perfezione e rappresenterà un paradigma per le realizzazioni alto medioevali. Si constata infatti, una continuità nelle soluzioni adottate in Italia, nell'Europa del nord⁵⁴ e in Medio Oriente, come nella penisola del Sinai, dove la carpenteria di Santa Caterina palesa strette affinità con quelle erette durante il Tardo Impero. Tale struttura lignea, risalente alla metà del VI secolo⁵⁵, è costituita da 13 capriate, oltre a due incavallature prive di catena addossate alla parte interna del timpano dei frontoni anteriore e posteriore (Tampone, 1996). La configurazione è quella più razionale del triangolo indeformabile ma con l'aggiunta del monaco e delle saette di sezione modesta. Le proporzioni della catena risultano maggiori delle altre membrature; una trasposizione del *transtrum* quale citazione di arcaismo, altrimenti priva di razionalità strutturale, conserva infatti memoria della funzione di trave soggetta a flessione, su cui poggia il monaco che insieme ai due puntoni hanno la funzione di conferire al tetto la pendenza.

Conclusioni

L'analisi diacronica delle armature dei tetti nell'antichità attraverso l'esame complementare di diverse fonti documentarie, sebbene con alcune incertezze, ha dimostrato che l'avanzamento tecnologico nell'esecuzione di palchi di copertura in ambito greco ed etrusco confluì nell'organizzazione dei coperti romani.

Assistiamo infatti ad un perpetuarsi di una configurazione dell'armatura lignea che attraversa, con modifiche poco sostanziali, l'età arcaica e classi-

ca fino almeno alla metà del I secolo a.C., data a cui risalirebbe secondo Corelli (2001) il rilievo scoperto nel campo Marzio raffigurante una capriata, che potrebbe segnare, al momento attuale delle conoscenze, un *terminus ante quem* nella genesi delle incavallature (Tabella 1). Precedentemente infatti, non ci sono attestazioni, per quanto dimostrato nel contributo, che testimonino irrefutabilmente la conoscenza dell'organizzazione a capriata. Non sembra infatti, si persegua consapevolmente alcuna interazione tra i nodi nella, seppur precoce nelle caratteristiche formali, raffigurazione scolpita nella stele di San Vitale; né la dimensione della luce da coprire, in particolare per i templi di Sicilia (Hodge, 1960) e della Grecia (Helmann, 2002), può essere dirimente a tal fine: esisteva, in casi eccezionali, la possibilità di approvvigionare travi dalla sezione e lunghezza considerevole, adeguate a coprire ambienti di dimensioni significative senza ricorrere ad un sistema ad incavallatura.

Ad ogni modo, la restituzione delle vicende che hanno portato a questo fondamentale momento creativo nella storia della tecnologia risulta difficile. Vitruvio, la redazione del cui trattato è approssimativamente coeva alla realizzazione della tomba di Irzio, non fornisce alcun elemento probante intorno ad una sua conoscenza delle incavallature, piuttosto l'interpretazione della sua glossa sulla carpenteria per superare un *maius spatium* indurrebbe a pensare ad un apparecchio non riconducibile ad una capriata. È comunque possibile supporre, con sufficiente attendibilità, che immediatamente dopo l'ideazione del nuovo sistema di armatura, questi fu impiegato in casi eccezionali, e che solo intorno al IV secolo si sia determinato per le incavallature uno sviluppo e una particolare diffusione.

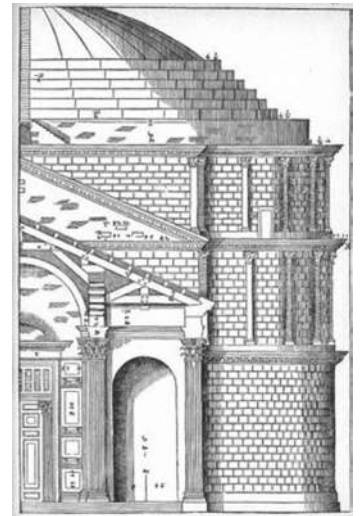


Fig. 15

La carpenteria del pronao del Pantheon (Palladio, 1570, I Quattro Libri dell'Architettura, Domenico de Franceschi, Venezia)

Fig. 16

Roma, grotte vaticane, raffigurazione della basilica costantiniana



pagina a fronte

Tab. 1

Tipologie di armature lignee dei coperti nell'antichità

Ambito Geografico	Ambito cronologico	Schema Grafico
Grecia Magna Grecia Sicilia	VI-IV secolo a. C.	
Magna Grecia	V secolo a. C.	
Etruria	VII-VI secolo a. C.	

Bibliografia

Adam J. P., 1984, *L'arte di costruire presso i romani*, Longanesi & C., Milano.

Andren A., 1959-60, *Origine e formazione dell'architettura templare etrusco-italica*, in «Rendiconti. Atti della Pontificia accademia romana di archeologia», XXXII, pp. 21-59.

Brandon R. J. A., 1849, *The Open Timber Roofs of the Middle Ages*, David Bogue, London.

Camardo D., Casieri M. B., D'Andrea A., Heusner K., Kastenmeier P., Notomista M., 2015, *Studio sulle tracce di lavorazione, dendrocronologia e documentazione sui legni del tetto della Casa del Rilievo di Telefo ad Ercolano*, in «Bullettino dell'Istituto Archeologico Germanico, Sezione Romana», Roma.

Camardo D., Notomista M., 2015, *The Roof and the Suspended Ceiling of the Marble Room in the House of Telephus Relief at Herculaneum*, *Journal of Roman Archaeology*, volume 28, pp. 39-70.

Cardosa M., Grillo E., Rubinic M., Schemal Pileggi R. 1999, *I pinakes di Locri Epizefiri* in a cura di Lissi Caronna E., Sabbiatore C., Vlad Borrelli, E., Parte I, «Atti e Memorie della Società Magna Grecia», Roma.

Ceccotti A., Follesa M., Lauriola P.L., 2007, *Le strutture di legno in zona sismica*, C.L.U.T. Editrice, Torino.

Choisy A., 1873, *L'art de bâtir chez les Romains*, Paris.

Coarelli A., 2001, *Gli Anfiteatri a Roma prima del Colosseo*, in *Sangue e arena*, a cura di A. La Regina, Electa, Milano, pp. 43-47.

Colonna G. 1986, *Urbanistica e architettura* pp. 371-532, in *Rasenna. Storia e civiltà degli Etruschi*, a cura di Pallottino, M., UTET da Garzanti Scheiwiller, Milano.

Coulton J. J., 1976, *The Architectural Development of the Greek Stoa*, Clarendon Press, Oxford.

Cozzo G., 1970, *Ingegneria romana: maestranze romane, strutture preromane, strutture romane, le costruzioni dell'anfiteatro Flavio, del Pantheon, dell'emisario del Fucino*, Multigrafica editrice, Roma.

Cristofani M., a cura di, 1985, *Dizionario illustrato della civiltà etrusca*, Giunti Editore, Firenze.

Danner P., 1993, *Die Dekoration auf First und Giebelsträgen in der archaischen Baukunst Italiens*, in *Deliciae Fictiles. Proceedings of the First International Conference on Central Italic Architectural Terracottas*, Rome 1990, ed. E. Rystedt, Ö. Wikander, and C. Wikander, pp. 93-107.

Fontana C., 1694, *Il tempio Vaticano e sua origine*, Stamparia di Gio: Francesco Buagni, Roma.

Galey J., Weitzman K., Forsyth G., 1979, *Il Sinai e il Monastero di Santa Caterina*, Editrice Arte e Pensiero, Firenze.

Ginouvès R., Martin R., 1985, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. Tome I. Matériaux, techniques de construction, techniques et formes de décor*. École Française de Rome, Roma.

Ginouvès R., 1992, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. II. Éléments constructifs: supports, couvertures, aménagements intérieurs*. École Française de Rome, Roma.

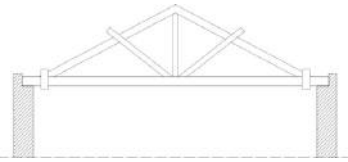
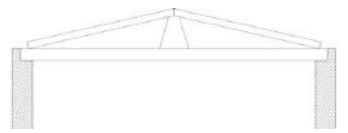
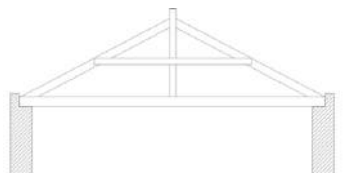
Giovannoni G., 1925, *La tecnica delle costruzioni presso i Romani*, Bardi, Roma.

Grillo E., 2014, *Oggetti e segni nei pinakes locresi: qualche osservazione*, in «Rogerius, Bollettino dell'Istituto della Biblioteca Calabrese», anno XVII, n. 1, Gennaio-Giugno 2014, pp. 45-57.

Gros P. (a cura di) 1997, *Vitruvio De Architectura*, Giulio Einaudi Editore, Torino.

Gros P., 2001, *L'architettura romana. Dagli inizi del III secolo a. C. alla fine dell'alto impero. I monumenti pubblici*. Traduttore: M. P. Guidobaldi, in Biblioteca di archeologia, L'Erma Di Bretschneider, Roma.

Hellmann M.-Ch., 2002, *L'architecture grecque tome 1: Le principes de la construction*, Paris.

Ambito Geografico	Ambito cronologico	Schema Grafico
Roma	I secolo a. C.	
Ercolano	I secolo a. C. I secolo d. C.	
Roma	IV secolo d. C.	

Hodge A. T., 1960, *The Woodwork of Greek Roofs*, Cambridge University Press.

Klein N. L., 1998, *Evidence for West Greek Influence on Mainland Greek Roof Construction and the Creation of the Truss in the Archaic Period*, *Hesperia*, «The Journal of the American School of Classical Studies at Athens» (pp. 335-374), Vol. 67, No. 4, Oct. - Dec., 1998. DOI: 10.2307/148449.

Lanciani R., 1897, *The Ruins and Excavations of Ancient Rome*, New York.

Lauter H., 1985, *Die Architektur des Hellenismus*, Darmstadt.

Lipshitz N., Waisel Y., 1974, *Dendrochronological Investigations in Israel (St. Catherine's Monastery in Southern Sinai)*, University Press, Tel Aviv.

Marroni E., Torelli M., 2016, *L'obolo di Persefone Immaginario e ritualità dei pinakes di Locri*, Edizioni ETS, Pisa.

Nardini F., 1666, *Roma antica*, Falco.

Naso A., 1996, *Architetture dipinte: decorazioni parietali non figurate nelle tombe a camera dell'Etruria meridionale (VII-V secolo a.C.)*, Volume 18 di *Bibliotheca archaeologica*. L'Erma Di Bretschneider, Roma.

Orlandos A. K., 1966, *Les Matériaux de construction et la technique architecturale des anciens Grecs*, trad. du grec par Vanna Hadjimichali, Éd. de Boccard, Paris.

Paulus Festus, II secolo, *De verborum significatu*.

Perrault C., 1673, *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, Jean Baptiste Coignard, Paris.

Rodriguez-Almeida E., 199, *Marziale in marmo*. «MEFRA» 106. 1, pp. 197-217.

Rondelet J., 1817, *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*, De Fain, Paris.

Rondelet J., 1839, *Trattato teorico pratico dell'arte edificare con note e aggiunte importantissime per cura di Basilio Soresina*, Francesco del Vecchio, Napoli.

Ruggieri N., 2017a, *Carpenteria di legno dei tetti e dei solai interpiano a Pompei nel I secolo d.C.*, in «Restauro Archeologico» n.2, luglio-dicembre, Firenze University Press, 2017, DOI 10.13128/RA-22204, pp. 4-19.

Ruggieri N., 2017b, *Macchine, strumenti, utensili e attrezzi di cantiere a Pompei nel I secolo d.C.*, «Bollettino Ingegneri», n. 9-10, Firenze, pp. 16-28.

Singer C., Holmyard E.J., Hall A.R., Trevor I. W. (a cura di) 2012, *Storia della tecnologia*, Paolo Boringhieri, Torino.

Shepherd E., 1989, *Concamerationes in ferro nitentes. Una regola vitruviana applicata alle terme romane di Piazza della Signoria a Firenze*, *Mitteilungen des deutschen arhaeologischen Instituts*, 96, pp. 419-431.

Tampone G., 1996, *Il restauro delle strutture di legno*, Hoepli, Milano.

Tampone G., Mannucci M., Macchioni N., 2002, *Le strutture di legno. Cultura, conservazione, restauro*, De Lettera, Milano.

Tampone G., Funis F., 2003, *The Palladio Timber Bridges*, in proceedings of the Conference on Construction History, 2003, Madrid.

Uggeri A., 1802, *Détails Des Matériaux Dont Se Servoient Les Anciens Pour la Construction de Leurs Bâtimens*.

Ulrich R. B., 2007, *Roman Woodworking*, Yale University Press.

Viollet-Le-Duc E. E., 1863, *Entretiens sur l'architecture* (tome I), Paris

Ward-Perkins J. B., 2002, *Architettura romana*, Electa, Milano

Welch K. E., 2007, *The Roman amphitheatre, from its origin to the Colosseum*, Cambridge University Press.

Zancani Montuoro P., 1954, *Note sui soggetti e sulla tecnica della tabella di Locri*, in «Atti M Grecia», n.s. I, 1954, pp. 71 - 106.

Zancani Montuoro P., Zanotti-Bianco U., 1954, *Heraion alla Foce del Sele. Il Primo thesauros, L'Architettura*, Libreria dello Stato, Roma.

Gabriela Frulio

Architetto

pagina a fronte

Fig. 26
Tianzifang, una
lane nell'isolato
di Taikang lu

Abstract

Regeneration and *renewal* are the contemporary topics for the management activities in historical areas of Shanghai. Introducing a personal experience, the author argues the main projects which have affected the historical compounds in Shanghai during the last twenty years, with particular reference to the Shikumen block (typical housing since the urban expansion in the late XIX century). The building in Shikumen style, characterized by terraced houses with high population density and inhabited by lower working classes until today, behind the name of restoration has been replaced with low population density building addressed to reach people, as gentrification strategy. Constructions are quite often rebuilt in the same style with a particular mix of invention and anastilosi or new parts in contemporary style.

Premessa

L'architettura Shikumen caratterizza distinguibilmente una vasta area del centro di Shanghai, oggi turistico e commerciale; frutto del sincretismo tra Oriente e Occidente, si sviluppò durante la seconda metà del XIX secolo ed è considerata, anche dai regolamenti di tutela, manifestazione identitaria e tradizionale della Shanghai storica. La fitta densità di case a schiera tipica dei quartieri operai occidentali è qui replicata in isolati omogenei e compatti, che prendono luce dal microtessuto generato dall'alternarsi di *lanes* (vicoli interni, *longtang*) e di corti centrali, mutuate dalla tradizione cinese. L'edificato è costituito da strutture in muratura di mattoni arricchite esternamente, come gli ingressi alla *lane*, da portali in pietra decorati in stile eclettico; l'interno conserva maggiormente una mediazione con l'abitare tradizionale attraverso strutture ed impalcati interamente lignei. Non troppi anni fa, nella primavera 2011, chi scrive ebbe l'occasione di partecipare al progetto per l'*urban renewal* di un comparto edilizio nell'area di Luxiang lu, un tempo costituita dalle fitte case a schiera in stile Shikumen, ai margini della cosiddetta *Old-town* di Shanghai.

Come appare dalla cartografia storica, il comparto oggetto dell'intervento era situato all'interno della città fortificata, a ridosso delle mura (di cui oggi



Fig. 1

Il centro di Shanghai in una mappa del 1910; in rosso il comparto di Luxiang delimitato dai canali d'acqua oggi interrati (rielaborazione sulla cartografia storica tratta da <https://www.virtualshanghai.net, ID260>)

pagina a fronte

Fig. 2

Evoluzione e diradamento nel comparto di Luxiang (2000-2017), Shanghai *old town*.

1. Stato al 1927: la veduta aerea mostra il comparto di Luxiang e gli isolati contermini caratterizzati dalla omogenea fitta sequenza di case a schiera Shikumen della fine del XIX secolo (da <https://www.virtualshanghai.net, ID727>).

2. Stato al 2002: il comparto si mantiene pressoché immutato mentre prosegue la realizzazione degli edifici a torre lungo uso degli assi viari che divide la *old town*.

3. Stato al 2009: il comparto di Luxiang è interamente demolito, insieme al comparto finitimo; rimangono concentrati in un lotto soltanto i cinque fabbricati da restaurare.

4. Stato al 2017: il comparto di Luxiang non è ancora oggetto di interventi edilizi, mentre nei lotti finitimi, a nord, si è sviluppata edilizia a schiera a bassa densità

Fig. 3

Il *compound* Shikumen oggetto dell'intervento individuato su una business atlas del 1946 (rielaborazione sulla cartografia storica tratta da <https://www.virtualshanghai.net, Shanghai Walled City - Business Atlas>)



rimane soltanto un brevissimo tratto). Si distingueva dalla struttura a scacchiera dell'ordito urbano per la sua forma a fuso che derivava dalla delimitazione naturale di tre canali d'acqua, oggi interrati o scomparsi come tutti i canali di Shanghai; il transito pedonale era garantito attraverso quattro ponti distribuiti pressappoco alle sue estremità.

Agli inizi del 'Novecento i canali risultavano già tombati e sostituiti da strade; il comparto era suddiviso in quattro isolati tendenti al quadrato, costituiti dall'alternarsi di ampi edifici sul fronte strada e dalla sequenza interna di case minime accessibili tramite una rete di *lane* e piccole corti.

Dei due isolati inferiori tra la Dafang lu e la Qingliang lu nel 2011 rimanevano soltanto cinque edifici storici risparmiati dalla demolizione dell'intera edilizia abitativa del comparto.

Gli edifici, abbandonati dai tempi della rivoluzione culturale, conservavano interamente il corredo di *soft materials* e qualche mobilia, in particolare nel fabbricato della villa. Soltanto uno di questi era utilizzato saltuariamente come dormitorio per soldati, presenti anche durante i sopralluoghi. Alle cupe strutture esterne di mattoni facevano da contraltare gli interni interamente in legno; le partizioni orizzontali e verticali, gli scaloni di stile eclettico o déco, la sala da biliardo con i tavoli: un passato scricchiolante conservato dalla polvere e dai bianchi lenzuoli delle ragnatele. Nello spazio esterno ormai libero si conservavano accatastati i resti di porzioni di muratura contenenti portali lapidei decorati in stile Shikumen, impacchettati e rinforzati strutturalmente in vista di un loro reinserimento in nuove compagini murarie o per fungere da modello per accomodamenti in stile di nuovi fabbricati.

L'area oggetto dell'intervento era parte di un più vasto progetto di rigenerazione urbana (circa un quarto dei complessivi 149.300 mq) che, iniziato finanziariamente nel 2000, prevedeva tra il 2003 ed il 2008 la demolizione dell'edificato storico preesistente e la riallocazione della popolazione residente in altre aree della città o il riconoscimento di un loro inden-



nizzo; in cinque anni furono rilocalizzate circa 4.000 persone. Nel complesso erano stati risparmiati soltanto sette edifici, perché ritenuti di pregio, cinque dei quali sorgevano nel comparto in questione. Tuttavia l'anno 2003 coincise con il riconoscimento governativo di *historical and cultural district* per la *Old-town* di Shanghai ed il progetto ebbe una sospensione. Nel 2005 fu adottato il *Protection Plan* del distretto e l'investimento su Luxiang dovette essere ridimensionato in accordo con le nuove leggi di tutela benché, ormai, le demolizioni erano quasi del tutto completate. Il *Protection Plan* impose la conservazione della viabilità originaria comprese le *lanes*, nello spirito di salvaguardare la piccola scala dei rapporti edilizi in essere e del paesaggio urbano. Nonostante non furono proposti condomini ad alta densità abitativa, con buona pace degli investitori, il progetto presentato non fu in completo accordo con la regolamentazione del *Plan* in quanto, pur restando nell'alveo dell'edilizia residenziale diffusa, proponeva rapporti spaziali omogenei e regolari, estranei allo scenario storico e sociale preesistente.

La *Property*, aveva inteso di riqualificare l'area di Luxiang secondo i canoni dell'*urban renewal* già sperimentati dieci anni prima sul quartiere di Xintiandi ed ininterrottamente riproposti con differenti declinazioni conservative (o meglio interpretative) in altre aree della Shanghai storica, tutti casi di comparti edilizi Shikumen. Niente di ricollegabile dunque alla paccottiglia restaurativa foraggiata dal governo, a partire dalla fine degli anni 'Cinquanta fino al 1999, per la vicina area turistica dello Yu Garden (l'area dei Giardini del mandarino Yu). L'intervento, nella scelta dei criteri di rifunzionalizzazione delle cinque strutture storiche, guardava inoltre alla loro conservazione anche materiale; nella vasta area risultato della demolizione prevedeva nuovi fabbricati bassi da realizzarsi in stile.





Figg. 4-5
Comparto di Luxiang, prospetto
sulla Dafang lu

Il *concept design* indicato dalla *Property* per i cinque degli edifici non demoliti si ispirava all'intervento di ristrutturazione dei locali del negozio di Vacheron Constantin, la prestigiosa orologeria sulla Huai Hai Lu 796, realizzato dallo studio italiano Kokaistudios e premiato nel 2009 dall'UNESCO per *Asia-Pacific Heritage Awards for Culture Heritage Conservation*. Fu questo il motivo per cui la Company che aveva ottenuto l'incarico di progettare l'intervento affidò lo sviluppo del *concept* ad un architetto italiano. Si partì con la progettazione del *sales-center*, il centro vendite dell'operazione immobiliare che doveva essere ristrutturato per primo al fine di sostenere la capitalizzazione e che doveva rappresentare tangibilmente lo spirito dell'iniziativa.

Fig. 6
Comparto di Luxiang,
particolare di un
portale Shikumen



Con l'architetto locale interno alla Company da subito si mostrarono le incolmabili divergenze: non ci si accordava sull'*accuracy* del rilievo e sulla caratterizzazione dei materiali, nonché di conseguenza sul livello di conservazione da stabilire per ciascuna fattispecie tecnico-costruttiva o decorativa. L'edificio che avrebbe dovuto ospitare il *sales-center* era una palazzina a tre livelli con struttura esterna in muratura di mattoni faccia a vista, di semplici fattezze e regolarità compositiva arricchita da portali in stile Shikumen. All'inverso, l'interno era pregevolmente decorato con soffitti in stucco e pavimenti policromi di seminato del tipo "alla veneziana" che alternavano sinuosi animali mostruosi a temi geometrici; gli infissi lignei che diaframmavano i locali dal giardino interno erano intagliati con raffi-



nate figurazioni naturalistiche. Ci si arenò davanti ai pavimenti in seminato: il collega cinese li riteneva di *plastic* (una sorta di locale linoleum) ed il repertorio figurativo non costituiva un particolare tema di interesse in quanto si trattava di un lessico tradizionale e non monumentale; pertanto potevano essere interamente rimossi. Dovetti insistere per la salvaguardia di un elemento tecnico costruttivo proprio della tradizione locale, di cui però non ero riconosciuta legittima interprete. A mio giudizio si trattava di una realizzazione di spicco nel panorama *déco* o Shikumen della *Old-town* shanghaiense; un ampio battuto di colore verde e giallo, presumibilmente realizzato su commessa occidentale, arricchito iconograficamente con motivi naturalistici e calligrafici della tradizione orientale. Il valore di quei pavimenti risiedeva proprio nella singolare consistenza tecnica ed espressiva che era di per sé rappresentativa del sincretismo culturale della Cina orientale dei primi anni del XX secolo, del *milieu* coloniale che ha permesso a Shanghai di diventare una città tutt'oggi cosmopolita ed aperta. La prima stesura del progetto non soddisfò le aspettative del cliente: il suo sviluppo era privo di sapore e non riusciva ad entusiasmare, svilto nelle *assumptions* ed estenuato dalle troppe negoziazioni tra le due posizioni. La Company decise infine di promuovere la posizione conservativa, confidando che questa avrebbe interpretato la *feeling* che il cliente aveva sotteso all'operazione immobiliare. Dovetti tornare in Italia per un breve periodo;

Fig. 7
Comparto di Luxiang, un portale Shikumen risparmiato durante le demolizioni dell'edilizia abitativa, consolidato ed impacchettato in vista di future opere di anastilosi reinterpretativa

al mio rientro mi venne comunicato, senza troppe spiegazioni, che il cliente aveva rescisso il contratto e che anche gli ultimi edifici del comparto di Luxiang sarebbero stati demoliti.

Tra il 2012 e il 2014 uno Studio franco-cinese progettò la risaturazione in stile dell'isolato settentrionale, con la realizzazione di residenze di lusso plurifamiliari dalla foggia Shikumen inserite ordinatamente in minimi spazi verdi, in luogo del fitto ed intricato tessuto abitativo preesistente. Ad oggi però i cinque fabbricati sono ancora in piedi e l'area non è stata riurbanizzata, benché l'isolato meridionale sia oggetto scavi.

Questa triste storia, che riassume il disorientamento in atto nella Cina contemporanea tra tradizione e modernità, tra colto ed incolto, tra vero e falso, tra istanze identitarie ed incapacità di autorappresentazione, suggerisce l'opportunità di riflettere su altre operazioni shanghaiensi di *urban regeneration* o *urban renewal*, realizzate a partire dagli anni 2000 sull'onda dell'impatto positivo della *gentrification strategy* nei paesi occidentali, la cui dimensione di opportunità e sostenibilità non è misurabile con la posta in gioco del costruito storico e del tessuto sociale.

Case history

Con buona pace dell'intelligenza accademica e dei rarissimi movimenti colti a favore del restauro urbano sostenibile, in Cina i quartieri popolari storici ed ormai obsolescenti, benché ancora densamente abitati, so-

Fig. 8
Comparto di
Luxiang, rassegna
degli elementi
costruttivi in legno
(infissi interni ed
esterni e vani scala)



no considerati “ruderi”, strutture non più in grado di adempiere ad alcuno scopo in quanto non più adatte a soddisfare le esigenze dell’età contemporanea.

Il rudere alla scala urbana è dunque dialettico e contraddittorio. La sua rifunzionalizzazione può soddisfare le istanze di trasmissione al futuro di valori storico culturali riconosciuti e dunque assumere una connotazione positiva in termini di accrescimento dell’esperienza umana, ma le strategie per attuarla possono invece assumerne una negativa, se non proprio realizzarsi in una azione depauperativa o ingannevole. D’altra parte, se si rimane nell’ambito generale della esperienza umana rifuggendo dai particolarismi, è altrettanto vero che la scelta di perdere un rudere alla scala urbana può sostanziarsi in una onesta e coerente demolizione totale (auspicabilmente previa documentazione accurata delle preesistenze e della sua storia), per fare spazio ad una altrettanto onesta o coerente opera di urbanizzazione contemporanea.

Appare conseguente che la città che emerge dai propri ruderi è di per se stessa contraddittoria, al pari di Shanghai con il suo alternarsi di grattacieli e minime riviscenze storiche che mettono in scena la *performance* dialettica della contemporaneità.

L’esempio ormai classico di *urban regeneration* o *urban renewal* a Shanghai è il comparto edilizio di Xintiandi, uno dei tanti costruiti durante la fine del XIX secolo come insediamenti popolari per contenere l’espansione urbana. L’intervento di riqualificazione, realizzato tra il 1999 e il 2001 dallo studio giapponese Nikken Sekkei International e dall’architetto Ben Wood di Boston, ha previsto la ristrutturazione ed ampiamente la ricostruzione pressoché *à l’identique* di gran parte dei fabbricati, con nuova destinazione commerciale e turistica (gallerie d’arte, ristoranti, negozi di souvenir di lusso, ma anche piccoli musei e appartamenti), resi fruibili a seguito di operazioni di diradamento. Diversamente dall’opinione locale, fatta eccezione per i residenti che furono letteralmente espulsi e ricollocati altrove, la maggioranza delle critiche all’intervento su Xintiandi proviene proprio da quei destinatari cui l’intervento era rivolto (anche grazie alle opinioni colte dispensate dalla guide turistiche internazionali), i quali pur deprecando il “falso storico” dell’intervento non trascurano però di frequentarne gli affollatissimi locali.

Xintiandi è oggi un comparto ibrido, straniero per i cinesi e cinese per gli stranieri, che ha tuttavia rappresentato un modello di successo vincendo premi nazionali ed internazionali compreso il *Urban Land Institute (ULI) Award for Excellence* nel 2003. Se certamente lo spirito del luogo, in termini di destinazione sociale, ha completamente mutato prospettiva svilendo la trasmissione dei significati insediativi ed urbani originari, è da riconoscere che l’iniziativa imprenditoriale attuata dal governo ha però costituito un volano per altre successive realizzazioni.

Diversa è la storia del comparto Shikumen di Tianzifang, meglio noto come Taikang lu, destinato ad essere interamente demolito nel 2005 per far posto ad un nuovo insediamento. Fu in questo caso la popolazione inse-

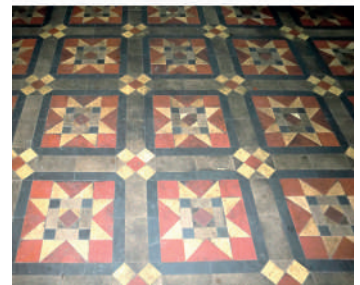
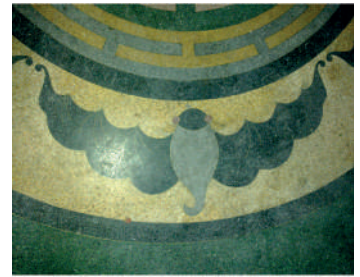


Fig. 9
Comparto di Luxiang, rassegna dei pavimenti in seminato (i più pregevoli con giunti delimitati da listelli metallici in opera) e pavimenti in cotto policromo

Fig. 10
Comparto di Luxiang, rassegna di elementi decorativi (elemento intagliato di un infisso tra cortili interni; decorazione a stucco dei soffitti cassettonati; boiserie a pannelli lignei; decorazioni degli elementi delle scale)



diata a muovere le proteste che si rivelarono tanto influenti quanto efficaci: per il basso costo delle abitazioni, considerato il livello di fatiscenza, a partire dagli anni 'Ottanta il quartiere era diventato sede di studi di giovani artisti, qualcuno poi divenuto protagonista del dibattito contemporaneo. Oggi il comparto ha prevalentemente una vocazione turistica con piccoli negozi, gallerie e botteghe tradizionali di qualità ma ha innegabilmente perso anche la sua seconda anima, quella delle avanguardie artistiche che si erano sostituite agli originari residenti. Non si è trattato di un intervento al pari di Xintiandi, l'aspetto esteriore degli edifici, ed apparentemente anche le condizioni igieniche, sono rimasti i medesimi; il riuso del comparto urbano deve il maggiore peso alla sua trasformazione commerciale. Intorno al 2010, da una imponente società immobiliare, è stata tentata una iniziativa di *renewal* sulla Sinan Mansion, un comparto di inizio secolo tangente alla Fuxing lu, una delle principali e più animate arterie di Shan-



Fig. 11
Distribuzione planimetrica dell'edificato nel comparto di Luxiang prima delle demolizioni del 2009. In giallo: i fabbricati residui (rielaborazione sulla cartografia storica tratta da <https://www.virtualshanghai.net>, Shanghai Walled City - Business Atlas)

Fig. 12
Layout del comparto di Luxiang prima delle demolizioni (tratto da Zhou J. 2012, p. 29)

Fig. 13
Progetto finale per il layout del comparto di Luxiang: pur mantenendo in essere la viabilità principale e gli edifici ritenuti di valore storico lungo strada, la distribuzione e la morfologia dei nuovi fabbricati altera quantitativamente e qualitativamente la natura del comparto (tratto da Zhou J. 2012, p. 30)



ghai, da sempre residenza della *élite* shanghaiense. L'attuazione concreta del *chinese faux-restoration style* sulle preesistenze ha fatto da contraltare ad una maggiore onestà espressiva nella reinterpretazione dell'aggiunzione o della sostituzione contemporanea. Ad eccezione della abitazione di Zhou Enlai, i 49 edifici storici sono stati demoliti e reinventati in stile o hanno fatto spazio a fabbricati dal linguaggio contemporaneo. I muri in mattoni grigi sono stati sostituiti da paramenti in pietra diaframmati da importanti infissi di ciliegio e quercia. L'assetto stradale interno è stato ruotato di parecchi gradi per consentire un favorevole riallineamento con la viabilità principale. Destinato ad ospitare negozi di lusso e residenze esclusive, l'intervento però non ha avuto la stessa fortuna di Xintiandi poiché inspiegabilmente l'area, benché centralissima e nel *core* commerciale della città, è scarsamente frequentata ed i locali non decollano.

Parimenti può dirsi per quanto recentemente attuato sulle rive meridionali del Pu-river (Waimalu lu), un complesso intervento di *urban renewal* che ha riguardato un intero vasto quartiere della fine del XIX secolo a destinazione prevalentemente industriale, unendo il recupero creativo delle abitazioni operaie in stile Shikumen alle suggestioni dell'archeologia industriale, attraverso nuove destinazioni culturali e ricreative (gallerie d'arte, negozi, locali di ristoro). La ristrutturazione edilizia, non ultimata per tutte le *dwelling*s, questa volta è animata da una tensione alla conservazione della autenticità materiale dei fabbricati, non senza discutibili delocalizzazioni ed anastilosi reinterpretative.

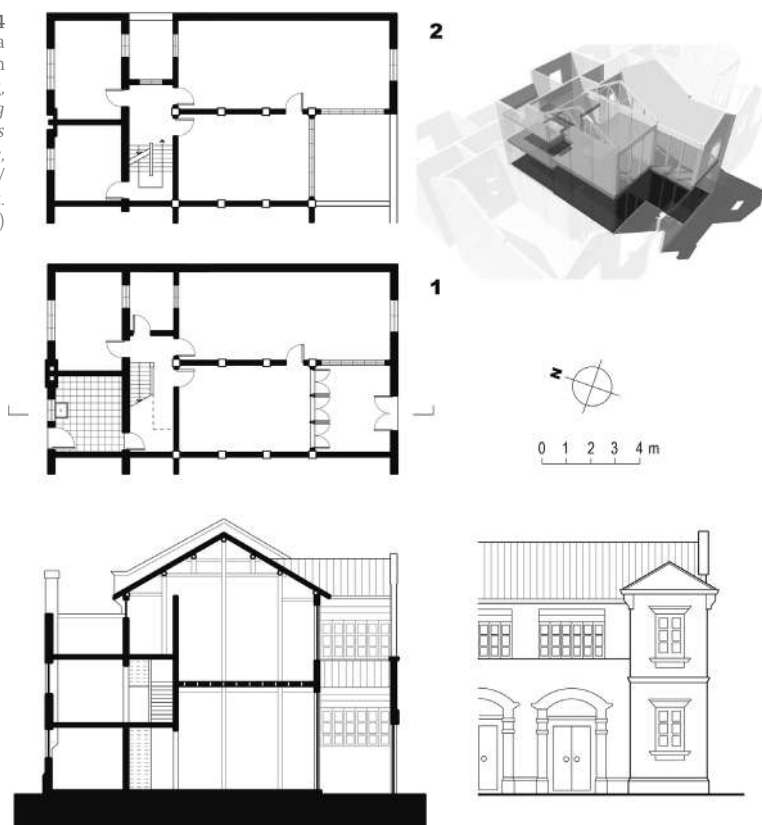
Culturalmente onesti, sia per metodologia che per tecniche utilizzate, so-

no altri interventi realizzati sui ruderi della storia industriale di Shanghai. Il comparto 50 Moganshan lu rinasce nel 2000 per iniziativa spontanea di alcuni artisti che vi stabiliscono bottega; è oggi un distretto artistico che contiene circa 120 tra gallerie d'arte e studio. I fabbricati sono stati oggetto di interventi manutentivi che ne hanno preservato la consistenza originaria, pur adattandoli alle mutate esigenze tecnologiche ed impiantistiche. A nord del Pu-river, l'area del 1933-Old Millfun, il macello di Shanghai progettato nel 1933 secondo un insolito brutalismo Déco, è stata oggetto nel 2007 di una rifunzionalizzazione ad uso commerciale e ricreativo che ha rispettato sia i materiali che l'articolazione spaziale originaria. L'area tuttavia non decolla: solo qualche *brand* occidentale è stato attirato dalle suggestioni brutaliste industriali.

L'impressione è che anche nella megalopoli shanghaiense le strategie sottese a questo genere di interventi abbia portato ad una saturazione. L'esperienza di Xintiandi, in termini di successo dell'intervento, risulta essere oggi l'unica vincente.

I modelli di riuso per le aree dell'edificato storico, che certamente contribuiscono ad affrancare agli occhi dell'attento osservatorio internazionale l'operato del governo cinese in tema di sviluppo urbano, consentono tuttavia di salvare solo una piccola percentuale di edilizia storica dalle demoli-

Fig. 14
Schema tipo di una
abitazione Shikumen
(tratto da Peter Wong,
*Chinese Puzzle: the Shifting
Patterns of Shanghai's
Shikumen Architecture*,
october 2, 2015, [https://
thethinkingarchitect.
wordpress.com](https://thethinkingarchitect.wordpress.com))



zioni spregiudicate in corso per la realizzazione di *compound* di lusso o ad alta densità abitativa. Nondimeno, il vantaggio non marginale in termini di conservazione urbana prescinde dal successo dell'operazione immobiliare, la quale potrebbe virare verso fette di mercato differenti e auspicabilmente più congrue con lo spirito dei luoghi, mediando tra conservazione dell'autenticità ed istanze di sviluppo.

Se da un lato il rudere alla scala urbana è stato privato di senso in termini ontologici, è pur vero che la sua consistenza formale, pur non del tutto originale e spesso in misura di diradato pallido ricordo, è stata perlomeno evocata. Non considerare il punto di partenza ma solo il punto di arrivo significa trascurare la complessità delle parti in gioco, significa ambire ad un risultato ottimale pretendendo di saltare le fasi necessarie alla sua costruzione culturale. L'erosione del tessuto storico della *Old-town* shanghaiense ha però avuto nell'ultimo ventennio una velocità sconcertante, tanto che la costruzione culturale dei risultati attesi potrebbe verosimilmente arrivare troppo tardi.

Vi è un limite strutturale che impedisce di comparare onestamente gli esiti di queste operazioni con gli interventi di rigenerazione urbana occidentale: la proprietà. I programmi di sviluppo europei promuovono incentivi per il restauro e la funzionalizzazione dell'abitato storico, indirizzati ad una struttura proprietaria prevalentemente privata ed estremamente frammentata, e tesi al miglioramento della qualità di vita del tessuto sociale insediato. In Cina la terra è ancora formalmente di proprietà dello Stato e le società di sviluppo immobiliare acquisiscono i diritti d'uso del fondo direttamente da esso, prescindendo dai detentori *in loco*.

Sfuggire ai processi di gentrificazione dell'abitato storico (la cosiddetta "aristocratizzazione delle città") in un paese come la Cina è cosa assai difficile, non solo per la dirompenza delle imponenti società immobiliari sulle logiche di sviluppo urbano, ma anche per l'acquiescenza che la popolazione stessa accorda in termini culturali a questo tipo di operazioni, che sono spesso viste come autentica riqualificazione di memorie storiche, come affrancamento agli occhi del pubblico internazionale da uno stereotipo di povertà ed ignoranza.

Già nei primi anni del 2000, i pochi residenti di classe medio-alta rimasti nella *Old-town* di Shanghai si erano tutti trasferiti verso altri quartieri più moderni e funzionali, lasciando spazio ad una popolazione omogenea di immigranti dalle diverse aree rurali della Cina, che si sovrapposero agli abitanti di basso reddito già stanziati. Se per questi lo spazio medio pro-capite è ancora oggi meno di 5 mq, i nuovi abitanti dei comparti "rinnovati" possono godere di uno spazio vitale pro-capite di circa 30 mq, che arriva nelle aree più esclusive fino ai 60 mq. A fronte della salvaguardia puntuale di qualche elemento caratterizzante ritenuto di pregio, il tessuto urbano della città antica di Shanghai, densamente edificato ad articolato dal groviglio di accessi interni ai comparti, sta progressivamente scomparendo, così come il fragile tessuto viario che scandiva il rapporto pieno/vuoto e pubblico/provato della vita quotidiana.



Fig. 15
Portale Shikumen di accesso ad una lane nel distretto di Yangshupu in un'immagine del 1920 (Nanyang Brothers' Cigarettes Company, da <https://www.virtualshanghai.net>, ID 310)

Fig. 16
Portale Shikumen di accesso ad una abitazione sulla Waimalu lu, lungo il Pu-river



Fig. 17
Edilizia coloniale in
un'area sottoposta
a demolizione nel
quartiere di Dongtai lu
(2016)



Gli sporadici episodi edilizi risparmiati dalla gentrificazione, al solo scopo di fungere da modelli stilistici per le moderne reinterpretazioni e, come si è detto, di sollevare le speculazioni immobiliari dalle accuse di diradamento, sopravvivono ontologicamente quali ruderi alla scala urbana. Agiscono in rapporto dialettico e di reciproca "ricostruzione" simbolica con il loro contesto mutato, poiché i rapporti di scala originari sono ormai impossibili da evocare; costituiscono il tramite materiale per mettere in scena il moderno ideale cinese di sviluppo economico all'ombra di una ricostruita presunta identità locale.

Tornata recentemente a Shanghai, mi sono diretta in Dongtai lu, la via del famosissimo mercatino dell'antiquariato all'aperto, dove si potevano ancora trovare, tra un mare di falsi ed anticaglie, anche vecchi e logori esemplari artigianali prodotti dalle diverse etnie di cui la Cina è costituita. Vietato l'accesso: lavori di demolizione e ricostruzione. Mentre guardo l'alzarsi del polverone di una casa appena abbattuta, mi dicono che lì costruiranno una nuova Xintiandi.

Un caleidoscopio interpretativo

Il dibattito internazionale che consegue alle operazioni di *urban renewal* nella *Old-town* di Shanghai, oltre che riguardare l'immensa consistenza edilizia urbana, lambisce anche il patrimonio culturale immateriale ed il patrimonio vivente (*the living heritage*), con le sue commistioni sociali, gli intrecci etnici e la multiculturalità.

Gli esemplari edilizi risparmiati dalle demolizioni, nulla dicono più dell'originario tessuto urbano e delle forme di vita che con esso si sono modellate nei secoli. I lacerti edilizi rimangono sospesi in un ambiente rarefatto, piantumato da artefatte alberature che fanno eco alla vicina Concessione Francese, un luogo esclusivo che fin dall'inizio del Novecento ben si distingueva dall'ammasso abitativo della *Old-town*, dove risiedeva la popolazio-



Fig. 18
Edilizia Shikumen in
un'area sottoposta
a demolizione in un
quartiere in Concessione
Francese (2016)



Fig. 19
Edilizia Shikumen in
un'area sottoposta
a demolizione in un
quartiere a nord di
Xintiandi (2011)

Fig. 20
Huai Hai Lu 796,
ingresso lungo la via
e vano scala della
boutique di Vacheron
Constantin (progetto
di Kokaistudios)



Fig. 21
Ingresso ad
una delle *lane*
principali di
Xintiandi



ne cinese. Sono oggi sopravvivenze, ruderi provenienti da un tempo che per la Cina contemporanea è già archeologico, documenti materiali di un testo perduto per sempre, come brandelli di ideogrammi il cui significato prendeva forma dal mutevole rapporto costitutivo con gli altri del contesto.

Se da un lato sembra che il *trend* dei restauri (sovente ricostruzioni) in Cina sia più rivolto allo sfruttamento economico dei beni culturali che alla consapevolezza delle istanze sottese alla conservazione, dall'altro parimenti la salvaguardia di alcuni episodi di edilizia abitativa storica funge da stampella simbolica e culturale per la mistificazione dei nuovi quartieri in stile. Infatti, sebbene il restauro esportato oggi dalle scuole europee stia sempre più scivolando in un etnocentrismo accademico che ricorda epoche sbiadite di colonizzazione intellettuale, il relativismo culturale proclamato a difesa delle operazioni di ricostruzione, reinterpretazione, talvolta invenzione, in nome di un diverso concetto di autenticità che l'Oriente avreb-



Fig. 22
Sinan Mansion,
edificio lungo la
Fuxing lu



Fig. 23
Sinan Mansion,
edilizia abitativa
in chinese faux-
restoration style
lungo una lane

be rispetto all'Occidente, non sembra in alcun modo essere sostenibile per giustificare l'effettiva pratica sull'edilizia storica.

Il caso esposto mostra come anche la locale interpretazione di autenticità presente nel *Protection Plan* per la *Old-town* di Shanghai (una autenticità non necessariamente materiale, ma che si esprime nel rispetto dei rapporti edilizi e delle visuali paesaggistiche urbane esistenti), sia destinata talvolta a rimanere sulla carta.

Aldilà dei rapporti di forza per le implicazioni economiche connesse con simili interventi nel cuore della metropoli, da cui certamente dipendono tali sfortunati esiti, non può trascurarsi che la disciplina stessa del restauro in Cina è ancora agli albori e che vi sia una indeterminazione di riferimenti metodologici che vengono acquisiti più per importazione che per consapevole elaborazione culturale.

Nella Cina urbana contemporanea convivono in rapporto di mutua poiesi, e non di conflitto, tradizione e modernità. Ma i valori identificabili con la



Fig. 24
Waimalu lu, lungo il Pu-
river. Edilizia abitativa
Shikumen non ancora
oggetto di *renewal*;
sullo sfondo un edificio
industriale appena
ristrutturato

pagina a fronte

Fig. 25
Waimalu lu, lungo il Pu-
river. Edilizia abitativa
Shikumen dopo
l'intervento di *renewal*

tradizione, spesso invocata in nome di una identità pan-cinese, poco hanno a che fare con le tematiche del restauro e le sue declinazioni. I nuovi quartieri in stile che sorgono nelle aree storiche delle metropoli interpretano le aspirazioni di umanizzazione della vita urbana, naturalmente di alto censo, che guarda alla tradizione dopo l'appiattimento dei casermoni maoisti. Così il richiamo alla vita tradizionale è espresso oggi con assoluta libertà estetica, di una intensità mai raggiunta prima, nemmeno nel periodo europeo dei *revival* storicisti. Più che all'ibrido Shikumen i riferimenti sono allo stile coloniale delle Concessioni, che pur tuttavia gli appartiene storicamente e culturalmente. Il rudere urbano, ristrutturato s'intende, riecheggia d'altro canto l'acquisito gusto antiquario occidentale, che legittima il citazionismo espressivo dei nuovi contesti.

Se questi sono i termini contingenti dell'interpretazione cinese del rapporto tra tradizione e modernità, risulta assai poco praticabile da parte nostra l'esportazione di una dimensione culturale altra, aliena perché costruita su oltre un secolo di elaborazioni filosofiche e teoriche il cui terreno di confronto è stato il nostro personale rapporto con la storia, i simboli e la materia. Sembrerebbe invece più produttivo riversare metodologie e tecniche ed indirizzare al senso del restauro attraverso la pratica ed il fare tradizionale, patrimonio di saperi e manualità che la Cina conserva ancora vivi.



Bibliografia

Baratta A. F.L., Liu X. 2010, *La rigenerazione urbana del quartiere Xintiandi a Shanghai*, «Costruire in laterizio», n. 135, pp. 44-49.

Chunlan Z. 2004, *From Shikumen to new-style: a re-reading of Lilong housing in modern Shanghai*, «The Journal of Architecture», n. 9, pp. 49-76.

Cosentino F. 2014, *Shanghai from modernism to modernity*, Eurasia Communication Lrd, Createspace Independent Publishing Platform, USA.

Gandelsonas M. 2002, *Shanghai reflections: architecture, urbanism and the search for an alternative modernity*, Mario Gandelsonas ed., Princeton Architectural Press.

Johnston T., Dongqiang E. 2000, *Frenchtown Shanghai: Western Architecture in Shanghai's Old French Concession*, Old China Hand Press, Hong Kong.

Novelli L. 2004, *Shanghai. Architecture guide*, Haiwen Audio-Video Publishers, Shanghai

Marzi L., Liu X., 2010), *Conservazione e recupero delle lilong nel quartiere Tian-zifang, a Shanghai*, «Costruire in laterizio», n. 135, pp. 50-53.

Pergoli Campanelli A. 2012, *Il restauro in Cina*, «L'architetto italiano», vol. IX, n. 48, pp. 24-31.

Phillips K. L., Sommers A. L. 2010, *A Tragedy of the Commons: Property Rights Issues in Shanghai Historic Residences*, «Penn State International Law Review», vol. 28, pp. 1-33.

Qian F. 2016, *Tradition: Connecting the Past and Present. A Case Study of Xintiandi in Shanghai*, «Asian Culture and History, Canadian Center of Science and Education», vol. VIII, n. 2, pp. 10-17.

Qingxi L. 2011, *Chinese Ancient Architecture Decoration*, Tsinghua University Press.

Saiu V. 2015, *Città tra Europa e Cina. Globalizzazione e sostenibilità nella cultura urbana contemporanea*, Franco Angeli, Milano.

Tuan Y. 2003, *Il cosmo e il focolare. Opinioni di un cosmopolita*, Elèuthera, Milano.

Wang J. 2009, *'Art in capital': Shaping distinctiveness in a culture - led urban regeneration project in Red Town, Shanghai*, «Cities», vol. 26, n. 6, pp. 318-330.

Wu J. 2008, *A history of Shanghai architecture 1840-1949*, Tongji University Press, Shanghai.

Zhou J. 2012, *An Alternative Path of Conservation and Renovation of Historic District Conservation of Urban Heritage in Real Estate Project: A Case Study of Shanghai Old Town*, «Global Urban Studies», vol. V, pp. 21-32.

I terremoti del I secolo d.C. a Pompei.

Osservazioni intorno ai danni e consolidamenti nelle Terme Stabiane con particolare riguardo ad uno sperone nel *Destructarium*

Ruggieri Nicola

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti
e Paesaggio per le province di Cz, Cs e Kr

Stefano Galassi, Giacomo Tempesta

DIDA, Università degli Studi di Firenze

pagina a fronte

Fig. 4
Le colonne
afferenti al lato
sud del peristilio,
rivestite dopo
il terremoto, da
un consistente
strato di intonaco

Abstract

The 62 AD represents for Pompeii the beginning of a sequence of telluric events culminating with the complete town burial provoked by the Vesuvius' eruption. The traces of those earthquakes, some of which of high magnitude able to produce damage to the constructions, are still detectable on the ancient structures.

The paper analyzes some significant masonry walls of the *Terme Stabiane* emphasizing cracks and deformations due to two distinct earthquakes, by evaluating the reconstruction, repair and strengthening interventions carried out during the roman age.

Furthermore, a constructive analysis, conducted on the buttress present in the *destructarium* and regarding the materials and their organization, with the aid of the Mechanics, have provided information on the chronology of the events occurred, in sequence, during the 1st century AD

Introduzione

Il 62 d.C. segna l'inizio di una serie di terremoti (De Simone, 1995; Renna, 1995; Varone, 1995) che accompagnarono Pompei fino alla completa distruzione, causata dall'eruzione del Vesuvio del 79 d.C. Gli effetti di una siffatta successione di eventi sismici sono ancora oggi presenti sui manufatti e, opportunamente decodificati, rappresentano dati preziosi per meglio definire la *storia* della costruzione.

Il contributo presenta parte dei risultati relativi ad uno studio, frutto di una collaborazione tra l'Università degli Studi di Firenze e il Parco Archeologico di Pompei che, oltre ad avere l'obiettivo di mettere a punto specifiche tecniche di indagine basate su modellazioni numeriche in grado di definire la risposta sismica degli elementi costruttivi e degli aggregati murari presenti nel sito nella loro attuale configurazione, tenta di interpretare gli effetti, in molti casi ancora leggibili sui manufatti, prodotti dagli eventi sismici del passato.

Per quest'ultimo scopo le Terme Stabiane di Pompei rappresentano un emblematico esempio che evidenzia chiaramente i danni subiti a causa di



- A ingresso principale
 B peristilio
 C palestra
 D natatio
 E dextrictarium
 F-G nymphaeum
- V-IX calidarium
 III-X tepidarium
 IV-XI frigidarium
- VI praefurnum
 II-XI apodyterium
- area comune
 ■ bagni delle donne
 ■ bagni degli uomini
 ■ pareti oggetto di studio
 ■ contrafforte



Fig. 1
 Planimetria delle Terme
 Stabiane (da Eschebach,
 1979, ridisegnata)

terremoti antichi, dati che opportunamente incrociati con la geometria e le caratteristiche costruttive del manufatto hanno consentito la ricostruzione dei cinematismi subiti, validata da analisi strutturali (Ruggieri et al., 2018) di cui si riportano solo i dati qualitativi. Ai dissesti causati dall'azione sismica seguirono, nel I secolo d.C., interventi di riedificazione e rinforzo delle murature che inclusero alcune tamponature, la realizzazione di archi, il ringrosso delle colonne del peristilio e, probabilmente, l'esecuzione di uno sperone nell'ambiente delle Terme destinato a *dextrictarium*.

I terremoti del I secolo d.C

Un evento tellurico di significativa intensità, avvertito anche a Napoli, Ercolano e Nocera, colpì Pompei il 5 febbraio del 62 d.C. Una datazione a lungo dibattuta tra i filologi, divisi tra la testimonianza di Tacito riportata negli *Annales* che include il sisma tra gli eventi dell'anno 62 e quella di Seneca che riferisce nel *liber VI* "... Pompeios, celebrem Campaniae urbem [...] condesisse terrae motu uexatis quaecumque adiacebant regioni bus [...] Nonis Februariis hic fuit motus Regulo et Verginio consulibus ..." ovvero i duumviri il cui governo fu nell'anno 63 d.C..

Alla discussione hanno partecipato diversi studiosi¹ la cui maggioranza propenderebbe per la datazione più tarda, giustificando una tale conclusione in una evidente contraddizione presente nell'opera di Seneca. Infatti, nel *liber VI* l'autore latino propone indirettamente anche un'altra data per tale disastroso evento, affermando che l'anno *priore* del sisma registrato a Pompei, il 61, l'Acchaea e la Macedonia furono colpite da un altro terremoto, confermando pertanto, ciò che aveva affermato Tacito e la sua "... témoignage irréfutable..." (Lecocq, 1949, p. 89).

¹ La questione risulta essere già dibattuta nel 1589 da Justus Lipsius (Wallace, 2003). In generale il 62 è una datazione ormai condivisa da tutta la comunità scientifica in cui si distinguono, tra gli altri gli scritti di Lecocq (1949), Hine (1984), Andreau (1973) e Onorato (1949), quest'ultimo porta nel dibattito come prova la cessazione dell'attività bancaria di L. Cecilio Giocondo indicata sull'ultima tabula cerata proprio l'11 gennaio del 62. Posizione discorde è rappresentata da Maiuri (1942), che seppur non affronti in dettaglio l'argomento, menziona nel suo testo "L'ultima fase edilizia di Pompei", il 63 come anno in cui Pompei venne colpita dal terremoto; sebbene, qualche anno dopo, nel libro "Pompei" (1954), Maiuri riporterà la data del 62. Peculiare è la posizione di Henry (1982) che interpreta come apparente la contraddizione di Seneca, affermando l'esistenza di due distinti terremoti uno avvenuto alla fine del 62, secondo quanto riportato da Tacito ed il secondo nel febbraio del 63 in accordo con Seneca.

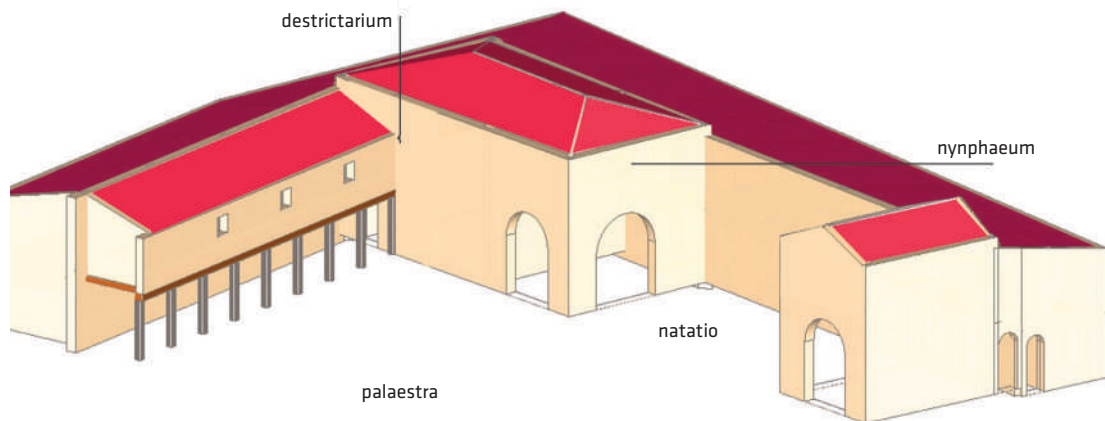


Fig. 2
 Ipotesi ricostruttiva delle Terme Stabiane con vista dalla Palestra. Il tetto a padiglione rappresentato per il manufatto destinato a servizi è concorde con il dissesto rilevato (vedi infra)

La definizione dell'intensità del sisma, basata sui danni subiti dalle costruzioni, ha rappresentato l'argomento di un altro acceso dibattito tra XIX e XX secolo. Una *vexata quaestio* a cui hanno partecipato illustri sismologi divisi sia nella valutazione dell'intensità che nell'individuazione delle sorgenti sismogenetiche. L'ipotesi affermata da Mercalli (1883, p. 282) "... Di un gran terremoto avvenuto il 5 febbraio [...] (che) fu disastroso ad Ercolano, Pompei, Stabia, Nocera e Pozzuoli ..." è condivisa da Baratta (1901). Moderni sviluppi della ricerca (Guidoboni et al., 2018) porterebbero ad asserire che la magnitudo che ha caratterizzato il terremoto del 62 a Pompei sia stata di grado elevato² e che la genesi del fenomeno sia da ricondurre all'attività precorritrice dell'eruzione³ (Varone et Marturano, 1997; Marturano et Varone, 2005).

Gli studi storiografici svolti nell'Ottocento mostrano una piena consapevolezza sul dato che Pompei "... cadde in gran parte pel tremuoto del 63 ..." (Fiorelli, 1875, p. 8). Spetta però a Maiuri (1942), nella prima metà del secolo scorso, riscontrare chiare tracce di questo evento nelle costruzioni della città vesuviana. Il riferimento è ad un unico terremoto concorde con i dati desumibili da alcune analisi stratigrafiche, compiute negli ultimi decenni (Bulighin, 2006; Mercattili, 2006; Amoroso, 2007), che riconducono, in maniera generica, i danni rinvenuti all'azione del sisma del 62 d.C.

Eppure, al terremoto del 62 seguirono verosimilmente altre scosse, come quella registrata dalle cronache dell'epoca nel 64 d.C.. Svetonio⁴ e Tacito⁵ ne parlano riferendo di Nerone sorpreso da un tale evento durante una sua esibizione nel teatro di *Neapolis*. Relativamente al sisma del 64 non conosciamo né la magnitudo né la localizzazione dell'epicentro e quindi quali conseguenze, in termini di danni, ebbe sugli edifici. A questo episodio potrebbe essere ricondotta l'epigrafe⁶ (CIL X 1481), datata all'80-81 d.C. (Renna, 1995), conservata al Museo Archeologico di Napoli. Il documento menziona l'interessamento munifico di Tito per la ricostruzione di alcuni edifici crollati a seguito del terremoto, che Renna (1995) postula al 64 d.C.. Di diversa opinione è Burnand (1884) che traduce l'espressione riportata nell'e-

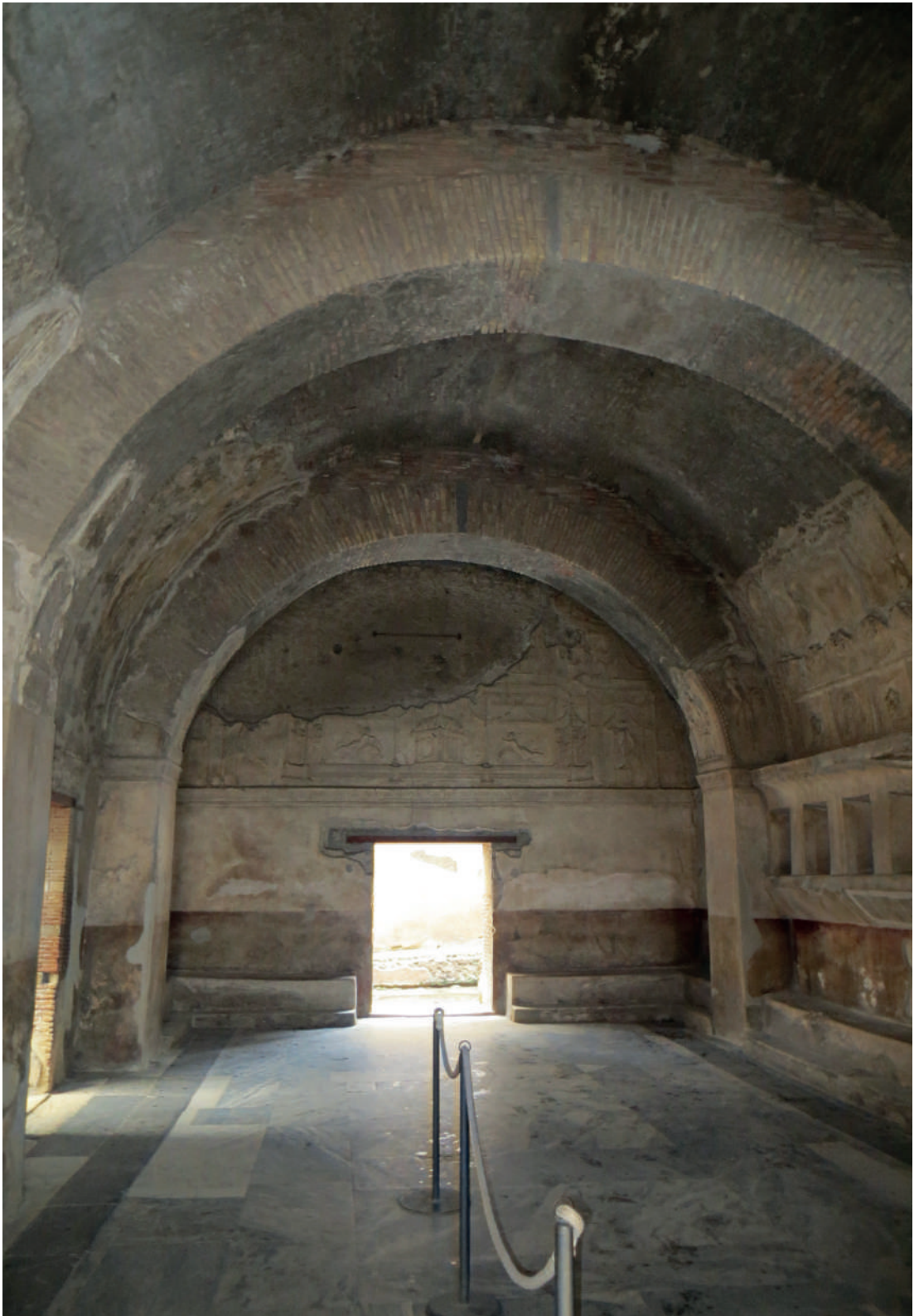
²Guidoboni et al (2018), riprendendo e ampliando considerazioni svolte in (Adam, 1989), stabiliscono una intensità di grado IX con una magnitudo equivalente di 5,8 da cui desumono che rappresenterebbe l'evento sismico di maggiore entità mai registrato nell'area vesuviana.

³Tuttavia, l'aleatorietà dei dati non portano, ad opinione degli autori, a stabilire irrefutabilmente la sorgente sismo genetica, per la quale si può ipotizzare, con uguale credito, una dipendenza dalla tettonica degli Appennini.

⁴"... Et prodit Neapoli primum ac ne con-cusso quidem re-pente motu terrae theatro ante cantare destitit, quamincō-hatum absolveret nōmon ..." Svetonio, De Vitae Caesarum, liber VI, 20, 2.

⁵"...C. Laecanio M. Licinio consulibus acrore in dies cupidinea digebatur Nero promiscas scaenas frequen-tandi [...] Non tamen Romae incipere ausus Neapolim quasi Graecam urbem delegit ..." Tacito, Annales, XV, 33.

⁶[Imp(erator) Titus Caesar divi Vespasiani filius] Vespasianus Aug(ustus) / [pont(i-fex) max(imus) trib(unicia) pot(estate) X imp(erator) XII] co(n)s(ul) VIII censor p(ater) p(atriciae) / [--- terraemo]tib[us] conlapsa restituit.



pigrafe, *terrae motibus* con, *terremoti*, che rimanda pertanto ad una serie di scosse telluriche, riprendendo una teoria formulata per la prima volta da Schefold (1952).

Una tesi che si può basare su ulteriori indizi riscontrabili in Plinio il Giovane che nelle lettere a Tacito descrive i frequenti terremoti che precedettero e accompagnarono la dinamica eruttiva del Vesuvio⁷; fenomeno di cui troviamo autorevole conferma in Seneca⁸.

D'altro canto, le lavorazioni *in fieri* presenti in molti edifici di Pompei al momento dell'eruzione⁹, a distanza di 17 anni dall'evento tellurico, costituiscono una valida ragione per avanzare l'ipotesi¹⁰ (De Simone, 1995) di più terremoti accaduti nell'arco cronologico tra 62 e 79. Una analoga chiave di lettura è utilizzata da Varone (1995) che descrive estesi interventi di riparazione in esecuzione nel 79¹¹ rilevabili negli edifici di Via dell'Abbondanza.

Si trattò dunque probabilmente, di scosse telluriche ricorrenti fino al 79, negli ultimi anni sicuramente da correlare all'attività eruttiva del Vesuvio, compatibili con la sismicità tipica di questa area ed in generale di quelle vulcaniche. Inoltre, i diversi lavori di riparazione e ricostruzione presenti a Pompei, situazione sintetizzata in maniera estremamente efficace da Maiuri (1942, p. 157), al punto "... che aveva trasformato l'intera città in un gigantesco cantiere ..." ¹², trovano una plausibile spiegazione proprio nel susseguirsi di terremoti che caratterizzarono la città campana durante il I secolo d.C..

Alla luce di una tale interpretazione i danni provocati agli edifici attribuiti ad un unico importante sisma, invece, rappresenterebbero il risultato di diverse scosse, anche di non elevata intensità e che avrebbero coinvolto elementi costruttivi già danneggiati e affaticati.

Le Terme Stabiane

Si tratta del complesso termale più antico di Pompei (Figg. 1-2) il cui nucleo originario, costituito dalla palestra, celle e bagni singoli, risale al IV secolo a. C.. Una cronologia che dovette già apparire evidente nel 1855 quando durante "... il cavamento [...] (fu ritrovato un) orologio solare colla iscrizione osca sul suo basamento ..." (Fiorelli, 1862, p. 623). Studi recenti (Trumper et al., 2016) hanno confermato l'ipotesi di Fiorelli mettendo, inoltre, in dubbio la presenza di strutture arcaiche¹³ precedenti all'età sannitica.

Il ritrovamento di un'iscrizione in cui sono riportati i nomi di C. Uulius e Aninius duumviri¹⁴, attesterebbe al I secolo a.C. importanti ed estesi lavori di ampliamento durante i quali furono realizzati il *laconicum* e il *dextrictarium* e riparati il colonnato e la palestra (Mau, 1899), raggiungendo un aspetto nella distribuzione delle funzioni molto simile a quello attuale. Altri importanti interventi, riguardanti nuovi ambienti sul lato ovest delle terme che compresero decorazioni e riparazioni, possono essere collocati in età Giulio-Claudia.

Al momento dell'eruzione il complesso termale non era in grado di funzionare di cui testimonianza inconfutabile è la "... mancanza della fistula principale adduttrice d'acqua ..." (Maiuri, 1942, p.70). Inoltre, il palese stato di

pagina a fronte

Fig. 3

Gli archi in laterizi di rinforzo della volta del *Tepidarium* maschile

⁷"... tecta nutabant, et quasi emota sedibus suis nunc huc nunc illuc abire aut referri videbantur ..." (VI, 16); "... Praecesserat per multos dies tremor terrae ..." (VI, 20).

⁸"... Non desiit enim assidue tremere Campania, clementius quidem sed cum ingenti damno, quia quassaquatuebat, quibus ad cadendum male stantibus non erat impelli sed agitari ..." Seneca, *Naturales Quaestiones*, liber VI, 31,1.

⁹Una situazione riportata anche da Maiuri (1942, p. 218) "... La tremenda eruzione del 79 colpì e seppellì una città non finita ancora in pieno fervore di opere di rinnovamento e di rinascita dopo un'altra tremenda sciagura di sedici anni innanzi ...".

¹⁰Evidenza non sufficiente, in quanto basata sulla probabilità, secondo l'opinione di Ling (1995).

¹¹In particolare, Varone (1995) porta a supporto della sua teoria lo stato di mancato funzionamento delle fogne, condizione desumibile dal rinvenimento di fosse settiche contigue alla Casa di Giulio Polibio piene di lapillo, che realizza una situazione poco probabile per edifici che, danneggiati dal sisma del 62, persistono per 17 anni privi dell'impianto fognario.

¹²Sono diversi gli edifici in cui sono presenti evidenze di lavori di riparazione o di ricostruzione come nella casa II, IX, 1 o in quelle identificate con I, XIV, 6 e I, VII, 11 dove sono presenti cumuli di materiali, calce in particolare, ancora da utilizzare nel cantiere.

¹³L'esistenza di strutture precedenti al IV a.C. secolo, nello specifico le mura di una fortificazione e tombe Arcaiche, è ipotizzata, tra gli altri, da Hans Eschebach (1979).

¹⁴C. Uulius C. f., P. Aninius C. f. Ilv(iri) i(ure) d(icundo) / laconicum et dextrictarium / faciund(a) et porticus et palaestr(am) / reficiunda(s) locarunt ex d(ecreto) d(ecurionum), ex / ea pequnia quodeos e lege / in ludos aut in monumento / consumere oportuit faciun(da) / coerarunte idemque probaru(nt). CIL X, 829.

Fig. 5
L'interno del
destrictarium con
in primo piano la
bucatura obliterata a
seguito del sisma del
62 d.C

pagina a fronte

Fig. 6
Il fronte prospettante
la *palaestra* con
individuate le unità
stratigrafiche:
USM 3 porzione
di muratura in
laterizio edificata
successivamente al
sisma del 62;
USM 3a tamponamento
in laterizio realizzato
successivamente al
sisma del 62;
USM 4 ricostruzione in
opera caotica risalente
al XX secolo;
USM 4a ricostruzione
in laterizio risalente al
XX secolo;
USM 6 pannello
murario in opera
caotica antecedente al
I secolo



rovina in cui ci sono pervenuti alcuni ambienti tanto da necessitare immediatamente dopo lo scavo "... urgenti riparazioni, che sono d'uopo ..." (Fiorelli, 1862, p.615) rappresentano una ulteriore conferma del mancato utilizzo, parziale o dell'intero complesso, durante l'ultima fase di Pompei.

L'aspetto attuale dell'impianto termale è caratterizzato da una palaestra trapezoidale da cui perimetralmente si distribuiscono ambienti distinti per sesso, separati da un comune *praefurnum*, costituito da tre caldaie. I due settori maschili e femminili sono completi di *apodyterium* – in cui i clienti potevano spogliarsi – di *frigidarium*, *tepidarium* e *calidarium*, quest'ultimo esposto a sud-est in accordo con i precetti di Vitruvio. Interessante è la presenza, tuttora *in situ* e ben visibile, dell'*Hypocaustum* in cui trovano perfetta attuazione le raccomandazioni di carattere tecnico proposte dall'Architetto di Augusto nel libro V, conferendo alle Terme Stabiane di Pompei, tra gli altri, un eccezionale valore didattico.

Sul lato ovest della palaestra è presente la *natatio*, affiancata, a sud e nord, da due ambienti destinati a *destrictarium* e *nymphaeum*, in cui detergersi il corpo dopo gli esercizi e, in generale, a servizi della *palaestra*.



I danni subiti dai terremoti del I secolo d.C. e le riparazioni

I numerosi indizi riconducibili agli eventi sismici del I secolo d.C. risultarono evidenti anche al momento della campagna di scavo condotta tra il 1854 e il 1858 proprio in corrispondenza dell'area delle Terme Stabiane, quando furono scoperti interventi realizzati in epoca antica caratterizzati da "... opere di sostegno alle fabbriche cadenti, con l'abolizione di talune località più vetuste e con molte nuove decorazioni..." (Fiorelli, 1875, p. 162). Nello specifico, sicuramente danneggiata dovette essere la volta dello *apodyterium* maschile con schemi decorativi riconducibili al IV stile, che ricoprono anche alcuni archi¹⁵ e relativi piedritti in laterizio, questi ultimi, secondo Maiuri (1942), manifesto intervento di consolidamento successivo al 62. (Fig. 3)

Ulteriore traccia di una filosofia d'intervento finalizzata alla messa in sicurezza ed al consolidamento post-sisma delle strutture è rappresentata dal ringrosso "... che ne aumentò il diametro da m. 0,42-0,5 a m. 0,56-0,80 ..." (Maiuri, 1942, p.72), eseguito sulle colonne del peristilio¹⁶ (Fig. 4). L'intervento, sebbene renda particolarmente tozze le colonne accentuandone la sproporzione del diametro del fusto in rapporto alla modesta altezza¹⁷, sembra chiaramente destinato al miglioramento della stabilità complessiva dell'intero sistema che, con tutta probabilità, aveva mostrato la sua intrinseca vulnerabilità proprio in occasione degli eventi sismici succeduti in quel periodo.

Diversi furono i danni causati all'ambiente destinato a *destrictarium* ed al

¹⁵L'arco e le volte infatti, rappresenterebbero secondo i romani, basando su quanto riporta Plinio "... tutissimi sunt aedificiorum fornices ...", un efficace presidio contro l'azione del terremoto. Una affermazione che potrebbe apparire discordante rispetto al reale comportamento di un *forix* sotto azioni dinamiche. Tuttavia, se l'indicazione è intesa a suggerire elementi costruttivi realizzati in calcestruzzo, includendo anche mattoni con l'ausilio di malte particolarmente tenaci, con comportamento quindi di tipo *membranale* e presenza di componente orizzontale solo nell'eventualità di formazione di lesione, la raccomandazione di Plinio rimane assolutamente valida.

¹⁶Riparazioni a cui fa riferimento anche Niccolini (1890, p. 7) "... restaurazioni del portico e della palestra, forse perché danneggiate dallo spaventevole tremuoto del 63 fu indispensabile accorrere alle necessarie riparazioni, ed anche alle rifazioni delle parti rovinate ...". Il portico, seppure realizzato alla maniera etrusca che implicava lignee *trabes perpetuae*, manifesta una evidente vulnerabilità sotto azioni sismiche che ne minano facilmente la stabilità delle colonne.

¹⁷Simili proporzioni presentano le colonne della Casa della Fontana Grande (VI, 8, 22).

Fig. 7

Il fronte prospettante la *natatio* con individuate le unità stratigrafiche:
 USM 3 porzione di muratura in laterizio edificata successivamente al sisma del 62;
 USM 3d-USM 3c porzione di muratura in opera caotica edificata successivamente al sisma del 62;
 USM 4a ricostruzione in laterizio risalente al XX secolo

pagina a fronte

Fig. 8

Particolare del quadro fessurativo della parete prospettante la *palaestra*



limitrofo *nymphaeum* e altrettanto evidenti risultano le relative riparazioni. Tra gli interventi di rinforzo conseguenti al terremoto sono da annoverare i due tamponamenti in muratura in *opus testaceum* (USM 3a) relativi alle bucatore posizionate nella parte sommitale del setto prospettante la *palaestra*, utili a ristabilire la continuità muraria ed aumentarne la rigidezza sotto azioni orizzontali nel piano (Fig. 5).

I lavori successivi al sisma inoltre, inclusero la ricostruzione di una vasta zona che comprese la muratura posta a sud rispetto alla *natatio* e il cantonale ad essa collegato (USM 3). (Figg. 6-7) Infatti, per tali manufatti, l'organizzazione dell'apparecchio murario si distingue decisamente da quella contiguo mostrando ricorsi di laterizio – tipica tecnica costruttiva adottata durante l'ultima fase di Pompei – non sempre intimamente collegati con la muratura esistente mediante *leghe*¹⁸. Altri importanti indizi, utili ad una ricostruzione temporale degli eventi sismici che hanno interessato il *destrictarium* e il *nymphaeum*, possono essere desunti osservando il fronte esterno della parete principale prospiciente la *palaestra*. Quest'ultima presenta infatti, una superficie ricoperta da decorazioni in stucco dipinto raffiguranti Ercole, Giove ed Apollo ed in generale figure mitologiche inquadrare da architetture di tipo fantastico, appartenenti, secondo la distinzione teorizzata da Mau, al IV stile, in auge durante il I secolo d.C.. Tale apparato decorativo fu evidentemente realizzato successivamente all'obliterazione delle due bucatore – dunque dopo il 62 – e alla prima ricostruzione dei setti murari posti a ridosso dell'angolo a sud della *natatio*.

¹⁸ La connessione tra le pareti ortogonali e, in generale, con le parti ricostruite è uno dei principi costruttivi diffusamente perseguiti durante gli interventi di riparazione effettuati a Pompei dopo il terremoto del 62 (Ruggieri, 2017b). Nel caso specifico le riparazioni mostrano collegamenti solo nella direzione nord e non in quella opposta.



Il pannello murario decorato da stucchi presenta evidenze di un secondo terremoto¹⁹ succeduto a quello del 62 d.C..

A questo secondo evento sismico sono da attribuire i dissesti leggibili sia sul fronte della parete prospettante la *palaestra*, in corrispondenza dell'asse del colonnato del peristilio, sia quelli che interessarono l'angolo a sud-est dell'edificio, comprendenti l'ampia parte cuneiforme soggetta alla spinta esercitata dal falso puntone angolare del tetto, presumibilmente a padiglione²⁰, incrementata dall'accelerazione sismica.

È ipotizzabile, leggendo alcuni segni presenti sulle strutture, che i meccanismi di danno, succedutisi in rapida sequenza, abbiano interessato nell'ordine (Ruggieri, 2017a; Ruggieri et al., 2018): (Figg. 8-9)

il crollo del cantonale a sud-est del vano con il coinvolgimento di parte delle murature adiacenti;

l'inizio del movimento di ribaltamento, verso l'interno del *districtarium*²¹, di un'ampia porzione della parete prospiciente la *palaestra*, compresa tra il cantonale e la frattura verticale che, in modo chiaro, oggi ne mette in luce l'*incipit* del movimento di rotazione.

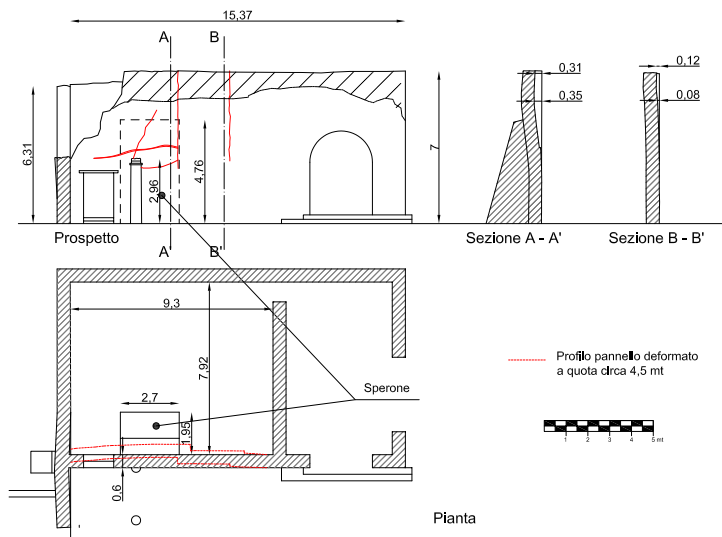
In merito al secondo punto, è facile ipotizzare che, essendo venuto a mancare il collegamento in corrispondenza dell'angolo, la muratura perimetrale si sia trovata in una condizione di estrema vulnerabilità sotto l'azio-

¹⁹ Le modalità di danno rilevate sono univocamente da attribuire ad una azione orizzontale; teste è anche la modellazione numerica svolta e presentata in Ruggieri et al., 2018.

²⁰ Si ipotizza una tale geometria in quanto concorde con i dati derivanti dal quadro fessurativo e deformativo presente.

²¹ Un cinematisimo possibile anche per la mancanza di un solaio intermedio, di cui ne è prova la continuità dell'intonaco privo di vani di alloggiamento per travi fino alla sommità delle pareti, che avrebbe ostacolato la rotazione.

Fig. 9
Rilievo della parete prospettante la *palaestra*, con evidenziato deformazioni e quadro fessurativo



ne di martellamento esercitata dalla parete posta superiormente al colonnato del peristilio, orientata ortogonalmente e posizionata perfettamente al centro rispetto alla porzione di parete interessata dalla rotazione. A tale proposito, si può notare come l'asse della cerniera di ribaltamento della parete è rinvenibile ad un'altezza di circa 3 metri, corrispondente alla trave lignea posta al di sopra dei capitelli delle colonne.

Il quadro fessurativo che ne è derivato evidenzia una lesione all'altezza di circa 2,5 metri dal calpestio, con andamento pressoché verticale e cigli fessurativi paralleli, in grado di determinare un fuori piombo considerevole che raggiunge in sommità i 35 cm.

Chiara evidenza del movimento di rotazione è rinvenibile dunque nella porzione di muratura in diretta corrispondenza dell'azione esercitata dalla parete posta al di sopra del peristilio. Lo stesso setto murario ha subito una ulteriore linea di frattura ad una distanza di circa 1,5 metri dalla prima. È una lesione minore che ha beneficiato della presenza del vincolo intermedio costituito dal setto murario trasversale di controvento che, seppur privo di un efficace ammorsamento, ha potuto svolgere il ruolo di vincolo intermedio.

Alla luce di quanto descritto, gli antichi pompeiani dovettero essere pienamente consapevoli di un quadro fessurativo allarmante e della considerevole rotazione, con le murature prossime al crollo, e a cui, verosimilmente, posero rimedio attraverso opportuni e indispensabili interventi di puntellamento.

Lo sperone del *Destrictarium*

Il contrafforte²² localizzato nel settore ovest delle Terme non è annoverato da Maiuri (1942) tra gli interventi di *robustamento* successivi al sisma, né è riportato nelle planimetrie²³ contenute nei più importanti e diffusi testi

²² La configurazione che caratterizzava la maggioranza dei pannelli murari, mancanti in generale di vincoli in verticale costituiti dalle pareti di spina ben ammassate, causò a seguito del sisma un numero considerevole di ribaltamenti parziali o dell'intera parete (Ruggieri, 2017a). A tale meccanismo di danno i romani tentarono di porre rimedio mediante la realizzazione di contrafforti caratterizzati da una certa varietà di geometria ed apparecchio, in alcuni casi semplici ringrossi della muratura, come quelli in laterizi presenti in VIII, IV, 4 e al civico 32 dell'insula II, nella Regio VI. Favicchio (1996) segnala diverse realizzazioni e, per i contrafforti presenti in VIII, 4, 17-18 (15-23), VIII, 2, 4 e VIII, 3, 28, ipotizza una esecuzione romana.

²³ C'è tuttavia da evidenziare che neanche la teoria di speroni presenti sul muro orientale della Villa di Diomede, ritenuti da Maiuri sicuro intervento di rinforzo di epoca romana, è rappresentata nelle litografie Ottocentesche, si veda per esempio *Tabula coloniae Veneriae Corneliae Pompeis*, risalente agli anni 1858-1860, i cui autori sono Fiorelli Giuseppe e Sorgente Carlo.



Fig. 10
Lo sperone
nell'ambiente del
destrictarium

dell'Ottocento su Pompei (Dyer, 1868; Mau, 1879). È ipotizzabile tuttavia, che queste ultime siano state eseguite con la volontà di una restituzione ideale delle Terme e, in generale, dei manufatti archeologici e non di realizzare un preciso rilievo dello stato di fatto. Infatti, considerate le gravi condizioni in cui versava il fronte afferente al *destrictarium* con elevate rotazioni e murature in fase di crollo, è poco probabile che, pur se si esclude la datazione più antica per il contrafforte, gli scavatori del XIX secolo non abbiano adottato alcun accorgimento per ostacolare il collasso incipiente²⁴.

Lo sperone, rastremante verso l'alto in modo da ottimizzare la risposta al ribaltamento, è realizzato in opera caotica e risulta semplicemente giustapposto, senza alcun tipo di connessione, alla muratura esistente (Figg. 10-11)

Materiali e organizzazione dell'apparecchio murario

L'analisi stratigrafica degli alzati (Fig. 12) mette in luce, per il prospetto ovest, due fasi costruttive (USM1 e USM2) che si differenziano per il litoti-

²⁴Eschebach (1979) fa risalire l'esecuzione, non portando tuttavia alcuna prova a testimonianza di una tale tesi, all'Ottocento: "...So wurden die Stützpfilerim Raum E und im Laden VII 1, 4, errichtet, um die 6.50 m hohe, mitreicher Stuck Dekoration-versehene Ostwanddes Westflügelsabzustützen ..." (Eschebach, 1979, p.4).

Diverso è l'obbiettivo che si prefigge il presidio, costituito da catene metalliche e risalente al XIX secolo – teste è la fattura del metallo e la foto di Giacomo Brogi scattata negli anni settanta dell'Ottocento – in corrispondenza del martello murario che separa i due ambienti. Infatti, tale accorgimento è utile nell'eventualità di rotazione con direzione opposta a quella contrastata dallo sperone del *destrictarium*.

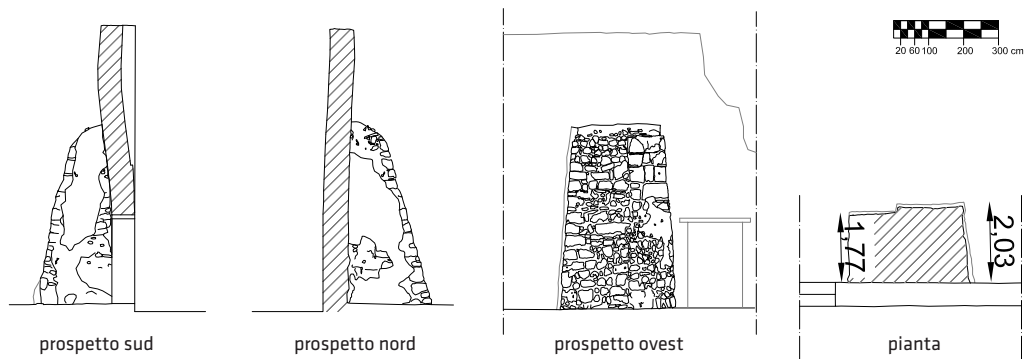


Fig. 11
Rilievo dello sperone
del *districtarium*

po prevalentemente utilizzato, per la geometria e l'organizzazione dell'apparecchio. Infatti, una netta linea di demarcazione nella tessitura muraria ad una distanza di circa 1,7 metri dal limite nord del contrafforte distingue le due porzioni; anche la base conferma una tale differenziazione rivelando una mancanza di corrispondenza con il piede della parte posta a sud (USM1), arretrato rispetto a quello contiguo di 10 cm. All'interno delle due principali unità stratigrafiche individuate, il manufatto presenta ulteriori eterogeneità di apparecchio. La porzione di contrafforte identificata con USM1 è composta da una opera caotica nel registro inferiore (usm 1e e usm 1d)²⁵ con *caementa* in calcare del Sarno di pezzatura variabile, intorno ai 10 cm, che riducono la dimensione ad una altezza approssimativamente di 1,20 metri, quota in cui si alternano a pietrame in schiuma di lava. In sommità (usm 1b) lo sperone si caratterizza per componenti parallelepipedi, quasi conci regolari, di dimensioni fino a 20 centimetri; il litotipo impiegato in questo caso è l'ignimbrite, intervallato da rinzeppature in laterizi. Lo spessore dei letti di malta²⁶ è variabile, da circa 1 cm relativamente a usm 1b, fino a raggiungere un consistente strato, superiore ai 5 cm, per usm 1d e usm 1e. Il prospetto sud in opera caotica, probabilmente oggetto solo parzialmente di interventi recenti di stilatura, presenta una dimensione rilevante dei giunti di malta caratterizzata da inerti vulcanici, con inclusi fino a 5 mm, in un rapporto con il legante approssimativamente di 1 a 2 (Fig. 13). Tale fronte laterale è quasi interamente coperto da intonaco di spessore circa 4 cm e composto da almeno tre strati; è presente lo strato preparatorio.

L'unità stratigrafica USM 2 è costituita da pietrame di calcare (usm 2d), alternato in usm 2b e usm 2c a lava ed ignimbrite di varia pezzatura, disposto in ricorsi quasi regolari che, nel registro superiore (usm 2a) appare con una organizzazione più disordinata. L'apparecchio murario è infatti, caratterizzato da componenti posizionati con varie inclinazioni privi di posa parallela rispetto al filare inferiore; sono presenti laterizi, a rinzeppare, dalle più diverse geometrie. Le dimensioni dello strato di malta tra i conci, variabili tra i 2 e 3 cm, risultano più omogenee se comparate con USM 1, con eccezione rappresentata da usm 2a che riduce tale spessore in maniera consistente.

²⁵ La tessitura che caratterizza usm 1d e in minor misura usm 1e potrebbe essere il risultato di moderne opere manutentive.

²⁶ Purtroppo, recenti interventi di manutenzione hanno occultato, per quasi l'intera superficie, i giunti originari e pertanto, è difficile determinarne caratteristiche dimensionali e dei componenti.



Fig. 12
Lo sperone del *destrictarium* con evidenziate le unità stratigrafiche individuate

Fig. 13
Particolare della malta relativa al prospetto sud dello sperone del *destrictarium*



L'intonaco, simile a quello del prospetto sud nei caratteri macroscopici della finitura, riveste il fronte nord (Fig. 14) e raggiunge uno spessore non superiore ai 2 cm, senza evidenziare la presenza di arriccio.

Ipotesi sulla datazione

L'elevata rotazione impressa alla muratura prospettante la *palaestra* dal terremoto successivo al 62 d.C. determinò una condizione di equilibrio instabile in cui un modesto spostamento generato da un sisma di lieve magnitudo sarebbe stato sufficiente a provocare il collasso del setto. Ne deriva pertanto che già nel I secolo d.C., per far fronte ai terremoti che si susseguirono presumibilmente fino al 79 d.C., dovettero essere attuati accorgimenti per ostacolare il ribaltamento. Poco probabile è, a tal proposito, l'adozione di un sistema di puntellamento di legno sia per le difficoltà di esecuzione²⁷ – considerata la significativa massa da trattenere – e sia per problematiche di carattere manutentivo. Un sistema di membrature di legno a contrasto della rotazione avrebbe infatti necessitato di continui interventi

²⁷ Dovute in particolare alla complessità di realizzazione del vincolo al terreno che ne potesse scongiurare lo scalzamento del puntello ligneo.

Fig. 14
Il prospetto lato nord
dello sperone del
districtarium



per assicurarne la durabilità, specie se esposto direttamente agli elementi e per garantirne una costante messa in forza. Condizioni difficili da realizzare nella situazione generale del cantiere che, addirittura dopo diversi anni, al momento dell'eruzione non risultava ancora concluso, forse addirittura in stato di abbandono.

Altri elementi utili a dirimere la complessa questione sulla datazione del presidio eseguito nell'ambiente del *districtarium* sono forniti da indagini sul contesto archeologico, nello specifico dalla comparazione con i materiali e l'organizzazione dell'apparecchio relativo ad elementi costruttivi di epoca romana.

La muratura prospettante sul lato ovest della *natatio* delle Terme (Fig. 15) presenta una discontinuità nella tessitura muraria, in cui l'opera incerta in calcare e schiuma di lava si alterna, nel registro centrale, a conci parallelepipedi di tufo e calcare disposti in filari quasi regolari.

Una differente organizzazione che rivela una riparazione conseguente al cinematisimo avvenuto per effetto di oscillazioni sismo-indotte.



La parete originaria in *opus incertum*, verosimilmente a causa dell'azione del terremoto, subì un ribaltamento parziale con una geometria a *scudo* della parte collassata, in cui la rotazione investì parzialmente il pannello grazie alla presenza dei due vincoli laterali costituiti dai martelli murari. La ricostruzione in opera pseudo-isodoma incluse sul retro, verso il vicolo delle Lupanare, in una unica fase costruttiva, un contrafforte di spessore simile lungo il suo sviluppo in altezza (Fig. 16). Quest'ultimo è da ritenere finalizzato ad aumentare il grado di affidabilità strutturale della muratura della *natatio* e non intervento di riparazione, considerato che il pannello murario non evidenzia alcuna deformazione.

Da tali osservazioni si deduce che lo sperone prospiciente la *natatio*, considerata l'altezza modesta della muratura a cui è aderente – dunque poco vulnerabile ad azioni orizzontali – non è da collocare cronologicamente all'epoca dello scavo borbonico, piuttosto è da far risalire al I secolo d.C.²⁸. Una tecnica costruttiva, quella che contraddistingue la ricostruzione del muro di confine della *natatio*, che presenta evidenti analogie con la porzione di contrafforte del *destrictarium* identificato con USM 1.

Una simile tessitura muraria è attestata in diversi manufatti di Pompei, molti di realizzazione borbonica, altri fanno propendere per una cronologia più antica come per esempio il pannello nella *taberna* VII, 4, 30 dove la muratura in conci regolari include un pluviale in tubuli fittili.(Fig. 17)

Fig. 15
Pannello prospiciente la *natatio* in cui si identificano facilmente le due diverse tecniche e fasi costruttive

²⁸ Le *tabernae* prospettanti sul vicolo delle Lupanare, seppure spoglie di arredi e di allestimenti per la vendita si presentavano sicuramente ricostruite nelle loro murature perimetrali, incluso quelle verso le Terme, immediatamente prima dell'eruzione (Maiuri, 1942).

Fig. 16
Retro del pannello
prospiciente la *natatio*

pagina a fronte

Fig. 17
Apparecchio
caratterizzante
l'ambiente identificato
con VII, 4, 30 destinato
a *taberna*

Ulteriori consonanze, per i materiali impiegati e per come questi sono organizzati, sono individuabili tra le sperone del *districtarium* e le porzioni di murature afferenti a VI, 8, 6 e VII, 3, 11. Si tratta di riparazioni che presentano un rivestimento parziale di intonaco o in alternativa tracce di arriccio²⁹, elementi che ci fanno ipotizzare una collocazione temporale all'ultima fase edilizia di Pompei.

Conclusioni

La maggioranza della pubblicistica recente su Pompei propende per la tesi dell'esistenza di più terremoti accaduti nelle città vesuviane nel I secolo d.C. supportata tuttavia, da considerazioni probabilistiche priva di indicatori irrefutabili.

I danni subiti dalle costruzioni, desunti anche attraverso le riparazioni, connotano univocamente l'azione che li ha determinati. Il contributo, attraverso uno strumento ermeneutico non tradizionale come la Meccanica, ha dimostrato, fondando sulla lettura delle deformazioni e del quadro fessurativo ancora presenti nelle Terme Stabiane, al di là di ogni ragionevole dubbio, la correlazione tra i dissesti rilevati e due terremoti distinti. Tali eventi sismici, basando sui dati derivanti dalle fonti latine, colpirono Pom-



pei presumibilmente in un arco cronologico breve, il primo nel 62 d.C., il secondo forse da ascrivere al 64 d.C.³⁰.

L'analisi costruttiva svolta sullo sperone del *destrictarium* relativa ai materiali ed alla tessitura muraria, seppur unicamente di tipo visivo, ha consentito alcune importanti osservazioni sulla cronologia del manufatto. L'indagine ha incluso la comparazione dell'apparecchio del contrafforte con alcune murature che, con un sufficiente grado di affidabilità, possono ritenersi di datazione romana. Tale confronto ha dimostrato una esecuzione dello sperone in due diverse fasi costruttive, probabilmente non contemporanee, facendo supporre, almeno per una porzione, una realizzazione risalente al I secolo d.C..

Una cronologia che, se confermata da ulteriori studi, oltre a meglio chiarire le fasi costruttive delle Terme Stabiane, rappresenta un importante elemento utile per la storia delle costruzioni, con particolare riguardo all'evoluzione del sapere "antisismico" durante il I secolo d.C.. Il contrafforte infatti, presenta una riduzione dello spessore in altezza, pertanto una consapevole ottimizzazione della geometria del presidio, opportuna a fornire una risposta ad una eventuale sollecitazione ribaltante scaturita da una azione orizzontale derivante dal terremoto.

²⁹ L'arriccio o l'intonaco di entità residuale interessa in alcuni casi due blocchi contigui è quindi da escludere che i conci rappresentino elementi di riuso messo in opera in epoca borbonica.

³⁰ Infatti, gli unici due eventi di cui avere memoria, secondo la letteratura latina a noi nota, sono quelli del 62 e 64 – per quest'ultimo Tacito riferisce che fu di entità tale che a Napoli "... theatrum collapsum est..." (Annali, XV, 33) – da cui si può inferire una eccezionalità determinata dalla capacità di generare danni strutturali all'edificato.



Bibliografia

- Adam J.P., 1989, *Osservazioni tecniche sugli effetti del terremoto di Pompei del 62*, in *I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea*, a cura di Guidoboni, E. 1989, SGA, Bologna, pp.460-474).
- Amoroso A., 2007, *L'Insula VII, 10 di Pompei Analisi stratigrafica e proposte di ricostruzione*, L' "Erma" di Bretschneider, Roma.
- Andreu J., 1973, *Histoire des séismes et histoire économique. Le tremblement de terre de Pompéi, 62*, ap. J.C. Annales. Économies, Sociétés, Civilisations, 28(2), pp. 369-395.
- Baratta M., 1901, *I terremoti d'Italia: saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana*, Fratelli Bocca, Torino.
- Bulighin G. P., 2006, *Il complesso d'Orfeo a Pompei (domus VI, 14, 18-20, e VI, 14, 12), quadro architettonico e cronologico*, in *Contributi di Archeologia Vesuviana I*, ed. N. Monteix and G. P. Bulighin, "L'Erma" di Bretschneider, Roma, pp. 79-145.
- Burnand Y., 1984, *Terrae motus. La documentation épigraphique sur les tremblements de terre dans l'Occident romain*, in *Tremblements de terre histoire et archéologie*, IVèmes Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (2-3-4 novembre 1983), a cura di B.Helly e A. Pollino, pp.173-182.
- De Simone A., 1995, *I terremoti precedenti l'eruzione [del 79 d.C.]. Nuove attestazioni da recenti scavi*, in *Archäologie und Seismologie. La regione vesuviana dal 62 al 79 d.C. Problemi archeologici e sismologici*, Colloquium, Boscoreale, 26. 27. November 1993, pp.37-43.
- Dyer T., 1868, *Pompeii*, Londra.
- Eschebach H. F., 1979, *Die Stabianer Thermen in Pompeji*, De Gruyter, Berlin
- Fiorelli G., 1862, *Pompeianarum Antiquitatem Historia, volumen Secundum*, Edit. Prid. Non. Martias, Napoli.
- Fiorelli G., 1875, *La descrizione di Pompei per Giuseppe Fiorelli*, Tip. Italiana, Napoli.
- Guidoboni E. (a cura di), 1989, *I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea*, SGA, Bologna.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti, D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G., 2018. *CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500)*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5>.
- Henry M., 1982, *L'apparition d'une île: Sénèque et Philostrate, un même témoignage*, in «L'antiquité classique», 51(1), pp.174-192.
- Hine H. M., 1984, *The Date of the Campanian Earthquake. A.D. 62 or A.D. 63 or both?* in «L'antiquité classique», 53, pp. 266-269.

- Lecocq R., 1949, *Quelle date assigner à la première catastrophe de Campanie: 62 ou 63 p. C.?* in «L'antiquité classique», 18(1), pp. 85-91.
- Ling R., 1995, *Earthquake damage in Pompeii 1,10: one earthquake or two?* In *Archäologie und Seismologie: la regione vesuviana dal 62 al 79 d.C.: problemi archeologici e sismologici: Colloquium*, Boscoreale, 26.-27. November 1993, pp. 201-209.
- Maiuri A., 1942, *L'ultima fase edilizia di Pompei*, Istituto di studi romani, Roma.
- Maiuri A., 1954, *Pompei*, Istituto Poligrafico e zecca dello Stato, Roma.
- Mau A., 1879, *Pompejanische Beiträge*, Berlino.
- Mau A., 1899, *Pompeii its life and art*, Macmillan & C. LTD, London.
- Marturano A., Varone A., 2005, *The A.D. 79 Eruption: Seismic activity and effects of the eruption on Pompeii*, in *Cultural Response to the Volcanic Landscape: The Mediterranean and Beyond*, a cura di Balmuth M., Chester D., Johnston P., Archaeological Institute of America, pp.241–260.
- Mercalli G., 1883, *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, Forni, Milano.
- Mercatelli F., 2006, *Un tempio di Esculapio a Pompei. Strutture, divinità e culti del cosiddetto Tempio di Giove Meilichio*, in *Contributi di Archeologia Vesuviana II*, L'Erma di Bretschneider, Roma, pp. 9-71.
- Nicolini F., 1890, *Le case ed i monumenti di Pompei disegnati e descritti*, Vol. III, Napoli.
- Onorato O., 1949, *La data del terremoto di Pompei: 5 febbraio 62 d.C.*, in «Rend. Lincei», 8, 4, pp. 644-661.
- Renna, E., 1995, *La realtà sismologica dell'area vesuviana prima e dopo il 79 d.C. attraverso l'analisi delle fonti antiche*, in *Archäologie und Seismologie. La regione vesuviana dal 62 al 79 d.C. Problemi archeologici e sismologici. Colloquium*, Boscoreale, 26- 27 November 1993, pp.194-199.
- Trümper M., Esposito D., Rummel C., 2016, *Bathing Culture And The Development Of Urban Space: Case Study Pompeii Topoi C-6-8 Report Of The Third Season*, March 2016 – In Cooperation With Prof. Dr. Mark Robinson, University Of Oxford.
- Ruggieri N., 2017a, *Seismic Vulnerability of the Ancient Pompeii Through the Evaluation of the 62 A.D. Earthquake Effects*, «International Journal of Architectural Heritage», 11 (4), 490-500 DOI: 10.1080/15583058.2016.1263690
- Ruggieri N., 2017b, *Seismic Protection in Pompeii during the Age of Nero and Vespasian*, in «Journal of Architectural Engineering», 23 (4) (2017) DOI 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000273.
- Ruggieri N., Galassi S., Tempesta G., 2018, *Pompeii's Stabian Baths. Mechanical behaviour assessment of selected masonry structures during the 1st century seismic events*, «International Journal of Architectural Heritage», (2018), DOI: 10.1080/15583058.2017.1422571.
- Scheffold K., 1951, *Der vespasianische Stil in Pompeji*, in «BABesch», 26, pp. 70-75.
- Sigurdsson H., Cashdollar S., Sparks S. R. J., 1982, *The Eruption of Vesuvius in A. D. 79: Reconstruction from Historical and Volcanological Evidence*, in «American Journal of Archaeology», Vol. 86, No. 1 (Jan., 1982), pp. 39-51.
- Varone A., 1995, *Più terremoti a Pompei? I nuovi dati degli scavi di via dell'Abbondanza*, in *Archäologie und Seismologie. La regione vesuviana dal 62 al 79 d.C. Problemi archeologici e sismologici. Colloquium*, Boscoreale, 26- 27 November 1993, pp.29-35.
- Varone A., Marturano A., 1997, *L'eruzione vesuviana del 24 agosto del 79 d.C. attraverso le lettere di Plinio il Giovane e le nuove evidenze archeologiche*, «Rivista di Studi Pompeiani», Vol. 8 (1997), L'Erma di Bretschneider, Roma, pp. 57-72.
- Wallace-Hadrill A., 2003, *Seneca and the Pompeian Earthquake*, in *Seneca uomo politico e l'età di Claudio e di Nerone*, a cura di Arturo De Vivo, Elio Lo Cascio, atti del Convegno di Capri 25-27 marzo 1999, Edipuglia, Bari, pp. 177-192.

Palazzo Capponi delle Rovinate a Firenze: analisi e valutazioni per il progetto di restauro

Giovanni Minutoli

DIDA, Università degli Studi di Firenze

pagina a fronte

Fig. 1
Palazzo Capponi
delle Rovinate,
vista dall'Arno

Abstract

Palazzo Capponi delle Rovinate, was build between 1406 and 1426, it was commissioned from Niccolò da Uzzano and Lorenzo di Bicci, to young Filippo Brunelleschi, as written from Vasari, do the recent studies evidence. According the 1427 cadastre the building is accountant as build and actually used by the family. After the death of the Uzzanos brothers, the building passes trough wedding to the Capponi's family. The name "Rovinate" comes form the continuous landslides happening in that area, for this reason the name Rovinate, comes from. The relief of the building and the analysis of the deterioration, architectural and structural, have affected mostly the basement, ground floor, mezzanino and the under roof areas, the intermediate levels were not accountable of relief, because the are residential. Although, they were inspected, and the cracking framework seems aligned with the rest of the evidence. The conducted studies allowed us to understand the evolution phases of the structures also the nature of the materials and techniques used and the peculiarities of the geological underground. The failure analysis reviled a rotary translation, in the south-west corner of the building, followed by cracks in the opposite corner, accounted as strange.

Premessa

Palazzo Capponi delle Rovinate, realizzato tra il 1406 e il 1426, fu commissionato da Niccolò da Uzzano a Lorenzo di Bicci, come indicato dal Vasari (Vasari, ed Milanese, 1906, II, p. 54), o al giovane Filippo Brunelleschi come da tempo la critica sostiene (Battisti, 1989, p. 352). Nel catasto del 1427 l'edificio risulta completato e abitato dalla famiglia¹. A seguito della morte dei fratelli Uzzano, Niccolò (1433) e Agnolo (1435), l'edificio passa per via matrimoniale a un ramo della famiglia Capponi (Ginori Lisci, 1972, II, pp. 665-672). Il palazzo si trova alle pendici della costa dei Magnoli, anche detta poggio delle Rovinate, nell'Oltarno nel primo tratto di via dei Bardi. Il nome Rovinate deriva dai continui smottamenti della collina verso valle, identificativo che ha portato l'aggiunta del "delle Rovinate" al Palazzo, infatti chiamato Capponi delle Rovinate (Bargellini end Guarneri, 1977, I, p.98).

¹ Archivio Centrale di Stato di Firenze (AC-SF), Catasto, 1427, S. Spirito, c.324 r. Proprietà di Niccolò di Giovanni da Uzzano: «una chasa posta in Firenze, nel popolo di S. Lucia de' Magnoli, che si dicie la chasa nuova, dove habita il detto Niccolò da Uzzano, con volte sotterra, pozzi e stalle e un pocho d'orto».



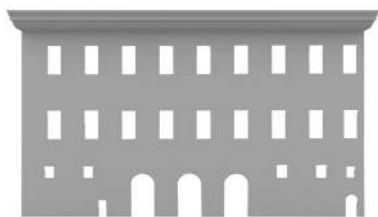


Fig. 2
Palazzo Capponi delle Rovinate,
fronte del palazzo su via dei Bardi,
ipotesi ricostruttiva di come il fronte
si presentava prima degli interventi
Seicenteschi

Fig. 3
Palazzo Capponi delle Rovinate, fronte del
palazzo su via dei Bardi

pagina a fronte

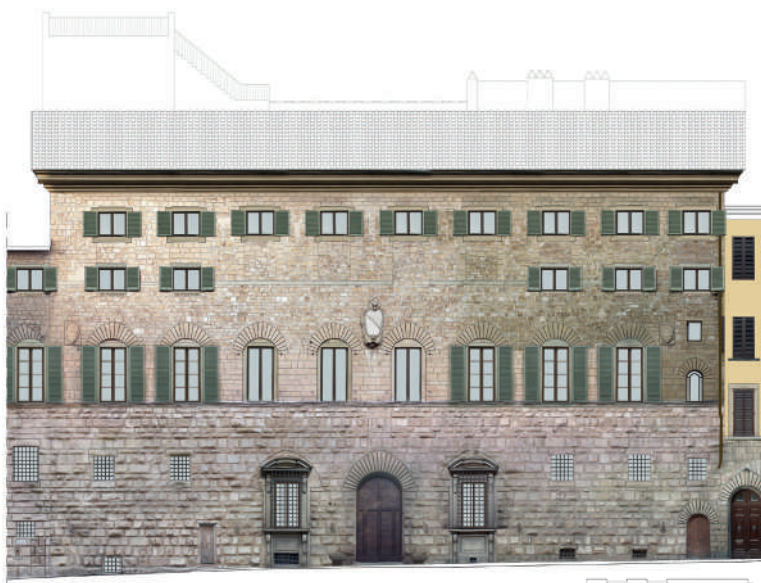
Fig. 4
Palazzo Capponi delle Rovinate, fronte del
palazzo su via dei Bardi, individuazione
degli elementi di discontinuità

I palazzi e le case realizzate nel tratto di Arno compreso tra Ponte e Vecchio e Ponte di Rubaconte, oggi ponte alle Grazie, erano a stretto contatto con il corso d'acqua; i diversi dipinti in cui palazzo Capponi viene rappresentato non chiariscono l'effettiva consistenza del fronte fiume dell'edificio². Grazie all'analisi di un nuovo corpo di disegni, presente nell'archivio della famiglia Capponi³, è possibile chiarire alcuni aspetti inerenti la composizione della facciata del palazzo sull'Arno.

Il rilievo dell'edificio e le analisi delle principali forme di degrado, sia architettonico che strutturale⁴, hanno interessato il piano seminterrato, il piano terra, il piano mezzanino e i sottotetti, in quanto i livelli intermedi, compreso il piano nobile, sono abitati e non rilevabili; ma è stato possibile realizzare dei sopralluoghi per valutare la continuità del quadro fessurativo e la tipologia di orizzontamenti presenti. Lo studio e le analisi svolte sono la base per l'esecuzione di un progetto di restauro dell'edificio che tenga in debito conto non solo le peculiarità architettoniche dell'edificio ma anche la sua storia costruttiva ed evolutiva nella consapevolezza che questo edificio si presenta come il risultato di numerose trasformazioni. (Fig. 1)

Analisi storico evolutiva

Palazzo Capponi delle Rovinate è di chiara tradizione trecentesca anche se risente del clima culturale di inizio Quattrocento anticipando alcune soluzioni tipicamente rinascimentali (Bucci end Bencini, 1973, IV, 47-54). L'edificio a pianta quadrangolare, con cortile centrale, si apre su via dei Bardi con un fronte bugnato e sull'Arno con una facciata completata nel 1872 su progetto di Giuseppe Poggi. Sull'asse centrale su via dei Bardi si apre il grande portale d'accesso accompagnato da due finestre inginocchiate simmetriche. Il cortile rettangolare, con i fronti sud e nord porticati, è decorato a graffito. Al piano terra, intorno al cortile, si aprono alcuni degli ambienti principali del palazzo e la scala di collegamento con il primo piano. Al pia-



no nobile gli appartamenti di rappresentanza, riplasmati nel sei-settecento, mentre ai piani superiori altri vani ad uso abitativo. L'edificio presenta anche un piano seminterrato con ingresso da un cortile secondario dall'edificio limitrofo.

L'incrocio tra i dati emersi dalla ricerca storica e il rilievo del palazzo permettono di fare nuove considerazioni sulla fabbrica, mettendo in luce alcune problematiche ma soprattutto evidenziando numerose peculiarità. Sul prospetto su via dei Bardi le due finestre inginocchiate di memoria michelangiolesca nascono a seguito del tamponamento di due forniche probabilmente chiusi a seguito delle trasformazioni del palazzo avvenute nel cinque-seicento. Dalla lettura del palinsesto murario di questa facciata si evincono anche altre variazioni: la riplasmazione dell'ultimo registro in cui grandi finestre, presumibilmente simili a quelle sottostanti, sono state sostituite da piccole finestre su due livelli che dichiarano la partizione in due piani degli ambienti del secondo piano. Nella parte centrale, le finestre parzialmente tamponate, evidenziano la presenza del grande salone a doppio volume del primo piano, realizzato probabilmente ai tempi di Ferrante Maria Capponi⁵, figlio di Cammillo Capponi, primo ad assumere il titolo di conte sposato con Maria Teresa Borromeo; allo stesso intervento è riconducibile la cappella posta all'estremità sud-ovest del medesimo piano⁶. Anche la parte terminale della facciata, con il grande cornicione alla romana, sembra il frutto di un "ammodernamento" (Bucci end Bencini, 1973, IV, 47-54).

Queste modifiche della facciata, possono essere lette come elementi di irregolarità strutturale, ma anche come punti di discontinuità della risposta sismica a seguito di eventi tellurici, soprattutto nella zona dove è stata realizzata la sopraelevazione dei solai. (Figg. 2-4)

Verso l'Arno l'imponente facciata ottocentesca "nasconde" l'originario fronte del Quattrocento affacciato direttamente sul fiume. Il ritrovamen-

² Diversi autori ipotizzano la presenza di scale, attracchi e darsene ma dalla documentazione iconografica reperita non si evidenziano elementi che possano sostenere queste tesi. Il palazzo non viene mai rappresentato in primo piano ma quasi sempre di scorcio quindi la lettura del palinsesto murario è molto difficile da interpretare. Cfr. Vannucci, 1995, pp. 80-82; Pagnini, 2011, 20, pp. 29-33.

³ L'archivio è conservato nello studio del conte Niccolò Capponi, in via dei Bardi, in palazzo Capponi delle Rovinate; ringrazio il conte Niccolò per avermi concesso di visionare e riprodurre i documenti presentati in questo contributo.

⁴ Il rilievo dell'edificio è stato realizzato con strumentazione laser scanner ed è stato la base della tesi in Restauro di I. Luisotti, relatore arch. Giovanni Minutoli, co-relatore prof. arch. Giovanni Pancani, a.a. 2017-2018.

⁵ Fernando Maria Capponi (1682-1752), ritorna ad abitare l'antico palazzo da Uzzano dopo un lungo periodo in cui l'edificio non era più la residenza principale dei Capponi.

⁶ Sull'altare trova posto un dipinto del Pontormo.



to di una pianta e un prospetto, a china e matita⁷, realizzati prima del rifacimento del fronte, insieme alla lettura comparata del disegno a china e pastelli realizzato nel marzo 1872⁸ permette nuove riflessioni sulla effettiva importanza di questa facciata. La presenza di un basamento con doppio cordolo in pietra, delle tracce di tre ampie aperture centinate al piano terra⁹ e di due marcapiani, uno in corrispondenza del primo piano uno del secondo; fanno pensare che forse questo fronte nell'impianto quattrocentesco non era stato pensato come una facciata secondaria. Il disordine compositivo delle aperture che emerge dai disegni potrebbe essere stato il frutto di modifiche interne dell'edificio che richiedevano l'adeguamento delle aperture esterne.

Se la loggia¹⁰ era direttamente affacciata sulla città, soluzione ipotizzabile grazie ai disegni conservati nell'archivio Capponi, vuol dire che esisteva un asse visivo che dal cortile portava ad avere una veduta sui Tiratoi d'Arno¹¹ incorniciati dalla città. Se queste supposizioni fossero esatte è importante sottolineare che non esistono tipologie precedenti di questo tipo di logge.

Nel disegno del fronte, in secondo piano e con tratto sottile, si intravede la sezione di alcune parti dell'edificio, tra cui il porticato e un corpo scale di servizio. La nuova facciata sull'Arno, disegnata dal Poggi, fu realizzata a seguito del trasferimento della capitale da Torino a Firenze¹² e fa parte di quel progetto di riqualificazione e ampliamento del centro storico di Firenze redatto dal Poggi e approvato dal consiglio comunale nel maggio del 1865¹³.

Luigi e Ferdinando Capponi commissionano al Poggi la realizzazione del nuovo fronte del palazzo e la risistemazione degli ambienti che si affacciano sul lungarno. La nuova facciata di grande impatto, ruotata rispetto alla precedente, è suddivisa in tre ordini e sette campate, alle estremità presenta due terrazze che si aprono al piano nobile. Il piano terra è articolato da sei finestre e sull'asse centrale si apre il grande portale d'accesso, in asse con quello su via dei Bardi; al piano nobile cinque portefinestre con balcone a petto e all'ultimo piano cinque grandi finestre. Tutte le aperture so-

⁷ Probabilmente realizzati come base per il progetto di Giuseppe Poggi.

⁸ Il disegno riporta una firma poco leggibile che non è interpretabile come Giuseppe Poggi ma come "A. Aul.....tomei".

⁹ Il piano terra su via dei Bardi e un primo piano sul fronte Arno.

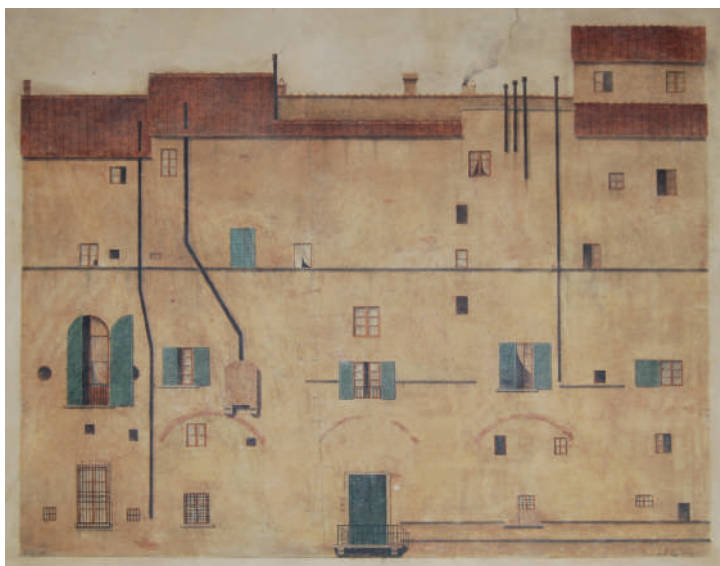
¹⁰ Forse individuabile con il "veroncello" elencato negli inventari quattrocenteschi.

¹¹ Edificio in cui veniva lavorata la lana, cuore economico della città.

¹² Dicembre del 1864 legge n.2032.

¹³ A.C.S.F., Tracciato del nuovo lungarno Torrigiani, 1865 (attr.), file immagine 605590, 605576.

Fig. 5
Palazzo Capponi delle Rovinate, fronte sul lungarno Torrigiani, disegno a pastelli, ante 1872, Archivio Capponi Rovinate (ACR), cartella disegni



no archivolte con piccole finestre incastonate nell'intradosso¹⁴. Dal confronto con i disegni storici del fronte si evince che una sola delle aperture della vecchia facciata è ancora presente, quella che permette l'accesso alla terrazza nell'angolo nord-est del primo piano. Le due facciate sono collegate da ampi setti perpendicolari che modificano anche la pianta dell'edificio recuperando, al piano terra, cinque nuovi ambienti mentre al primo e al secondo tre. (Figg. 5-9)

I grandi setti sono presenti anche in una planimetria che sembra essere coeva e collegata al disegno del fronte sul lungarno. Questa pianta del piano terra presenta grandi speroni di colore rosso¹⁵ disposti sul fronte in maniera degradante da est a ovest. La planimetria è corrispondente in buona parte allo stato attuale degli ambienti; le modifiche principali sono riscontrabili in prossimità del fronte sull'Arno. Si noti che la planimetria, realizzata probabilmente tra gli anni 60 e 70 dell'Ottocento, presenta già i due fronti (est e ovest) del cortile tamponati. In questo "sovrapposto" sono indicate in giallo¹⁶ una finestra sulla loggia esterna, effettivamente oggi esistente, una scala di accesso al mezzanino e due tramezzi demoliti per creare una grande sala che si affaccia sul cortile. In rosso, la realizzazione di una nuova scala simmetrica a quella demolita oltre altre piccole e poco significative variazioni. Interessante il grande vano, posto nell'angolo nord-est dell'edificio, con apertura strombata sull'Arno, ai fianchi della rastremazione due camerini affiancati, di cui uno dotato di servizi igienici. Sul lato opposto una piccola cappella, ancora oggi esistente anche se fortemente trasformata, con tracce di decorazioni sei-settecentesche. La cappella, aperta sulla loggia, presentava una apertura sul salone attiguo e una piccola sacrestia dotata di lavamani. Dal confronto tra lo stato attuale delle coperture

Fig. 6
Palazzo Capponi delle
Rovinate, fronte sul
lungarno Torrigiani

¹⁴ Archivi dell'Aristocrazia Fiorentina, Mostra di documenti privati restaurati a cura della Soprintendenza Archivistica per la Toscana tra il 1977 e il 1989, Firenze, ACTA, 1989.

¹⁵ Tipica simbologia per identificare un elemento da costruire.

¹⁶ Simbologia del demolito.



Fig. 7
Palazzo Capponi delle
Rovinate, fronte sul
lungarno Torrigiani,
dalla comparazione dei
due disegni si evidenzia
l'unica apertura ancora
in essere della facciata
ante 1872

re e il disegno datato 1872, si evince che, è stata rialzata una parte di copertura posta nell'angolo nord est mentre nell'angolo opposto, a sud ovest, è stata realizzata una terrazza e un'altana.

Nell'archivio del palazzo sono conservati anche altri cinque interessanti disegni: una pianta del piano terra, dove la distribuzione degli ambienti è diversa dallo stato attuale; la loggia ha i quattro portici ancora aperti, non è presenta la cappella e il vano simmetrico affacciato sull'Arno. I saloni del pianoterra, aperti su via dei Bardi, presentano quattro aperture, apparentemente finestre inginocchiate, invece delle due effettivamente presenti, e un grande scalone che conduce al piano nobile realizzato nel corpo di fabbrica attiguo al palazzo sempre di proprietà Capponi¹⁷. La pianta del primo piano presenta il grande scalone e una configurazione planimetrica simile allo stato attuale dei luoghi. La loggia ancora aperta al piano terra e la grande scala fanno ipotizzare che i disegni siano un progetto di ammodernamento presumibilmente di periodo tardo barocco¹⁸; la mancanza del corpo triangolare sul lungarno fa escludere che questo sia un progetto di ripianificazione ideato dal Poggi. Nel corpo di disegni sono presenti anche le piante dei due ultimi livelli, senza il grande scalone¹⁹, e un foglio con rappresentati alcuni particolari decorativi di forma barocca. (Figg. 10-14)

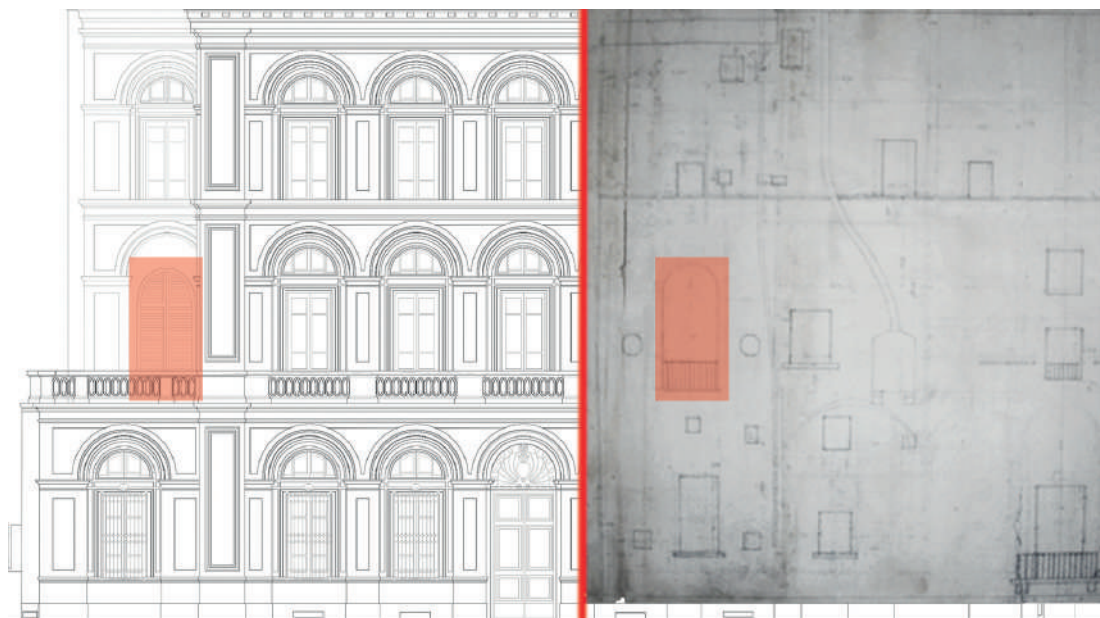
Un'ulteriore planimetria mostra un corpo scale al centro di uno spazio costituito da ampie sale, che sembra essere una proposta di ampliamento ulteriore del palazzo, annettendo completamente l'edificio posto ad ovest. (Fig. 15)

Oggi il piano terra si trova in buona parte ripartito in due livelli; i loggiati est e ovest sono tamponati e aperti sul cortile attraverso due finestre per fronte. Il rilievo ha messo in evidenza anche le colonne occluse, che risultano analoghe a quelle dei fronti nord e sud; si tratta di colonne ottagonali con capitello a foglie stilizzate su basi semplicemente decorate. Il para-

¹⁷Non è stato ancora chiarito quando questo edificio entra a far parte delle proprietà Capponi.

¹⁸Riconducibile agli interventi voluti da Ferdinando Maria Capponi.

¹⁹Probabilmente in questo riammodernamento barocco non era previsto che lo scalone monumentale continuasse fino all'ultimo piano.



mento a graffito è fortemente deteriorato ma permette ancora una buona leggibilità della partizione compositiva realizzata a falso bugnato, come a voler riprendere lo schema compositivo su via dei Bardi. (Figg. 16-17)

Oltra al rilievo del piano terra e dei mezzanini realizzati negli spazi di quest'ultimo è stato rilevato il piano interrato; dalla sovrapposizione tra le due planimetrie, piano terra e interrato, si evince che buona parte delle strutture portanti non sono continue e che molti elementi architettonici sono stati sottofondati in una fase successiva, questo fa ipotizzare che il palazzo sia nato dalla trasformazione di almeno tre immobili già presenti in situ. Probabilmente si tratta degli immobili appartenenti alla famiglia dei Bardi andati in dote matrimoniale agli Uzzano sul finire del Trecento primi anni del Quattrocento. (Figg. 18-19)

I disegni sopra indicati sono solo una parte di quanto è ancora conservato in archivio; un gruppo di quattro elaborati rappresentano l'edificio posto a confine con il palazzo verso ovest, edifici che ospitava gli ambienti di servizio della dimora e sul quale si voleva realizzare la scala "monumentale" di accesso al piano nobile. (Figg. 21-24)

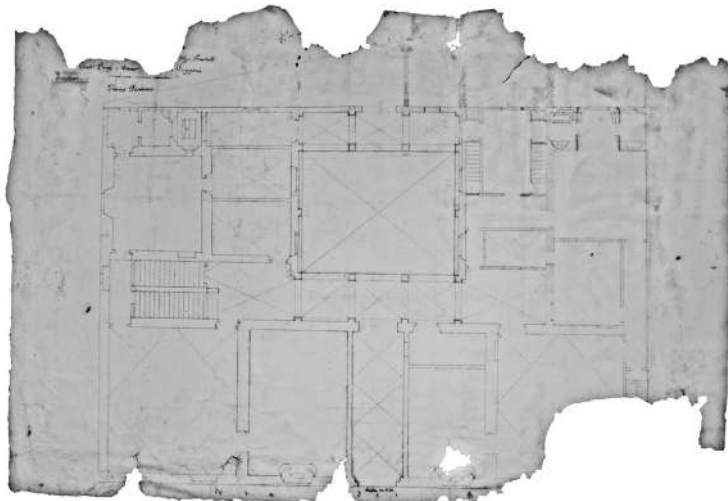
Analisi dei materiali, delle tecniche costruttive e delle principali forme di degrado architettonico

Per la redazione di un esaustivo progetto di conservazione e restauro e indispensabile la redazione di un quadro diagnostico, avendo a supporto una solida analisi storica e un rilievo adeguatamente realizzato. Le due prime fasi conoscitive dell'edificio, analisi storico evolutiva e rilievo del manufatto, sono state la base per la redazione delle carte tematiche in cui evidenziare la tipologia di materiali e di tecniche costruttive messe in opera e le principali forme di degrado²⁰ architettonico e strutturale presenti. Sulla base di questo quadro cognitivo è possibile sviluppare un progetto di restauro e valorizzazione che tenga conto delle peculiarità dell'edificio (Gurrieri, 1999).

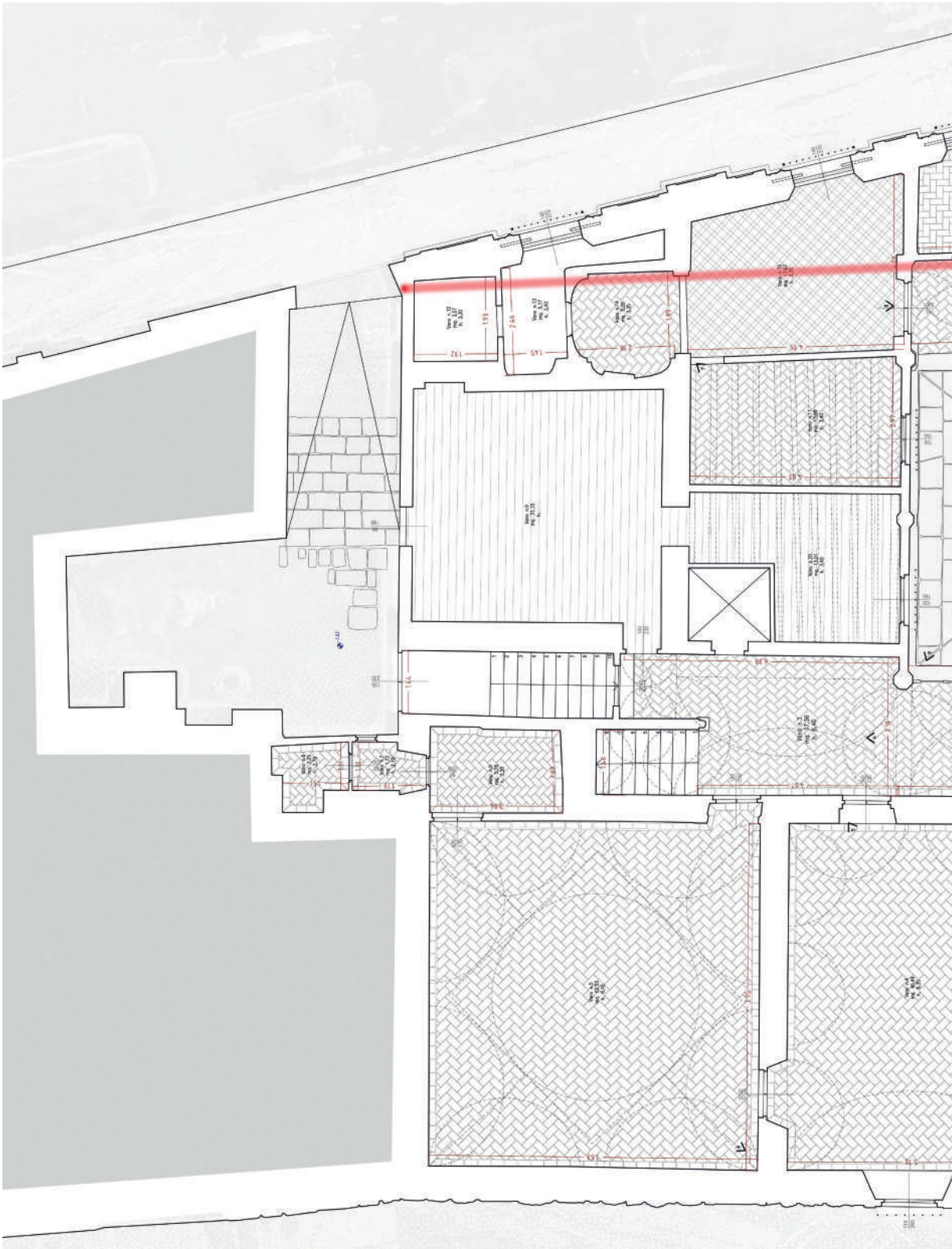
Fig. 8
Palazzo Capponi delle Rovinate, planimetria del piano terra, china su carta, ante 1872, Archivio Capponi Rovinate (ACR), cartella disegni

pagina seguente

Fig. 9
Palazzo Capponi delle Rovinate, planimetria del piano terra, stato attuale, in rosso l'asse su cui si sviluppava la vecchia facciata



²⁰L'individuazione delle forme di degrado è stata realizzata utilizzando come glossario UNI-NorMal 11182:200611 aggiornamentodel Nor-Mal 1/88.



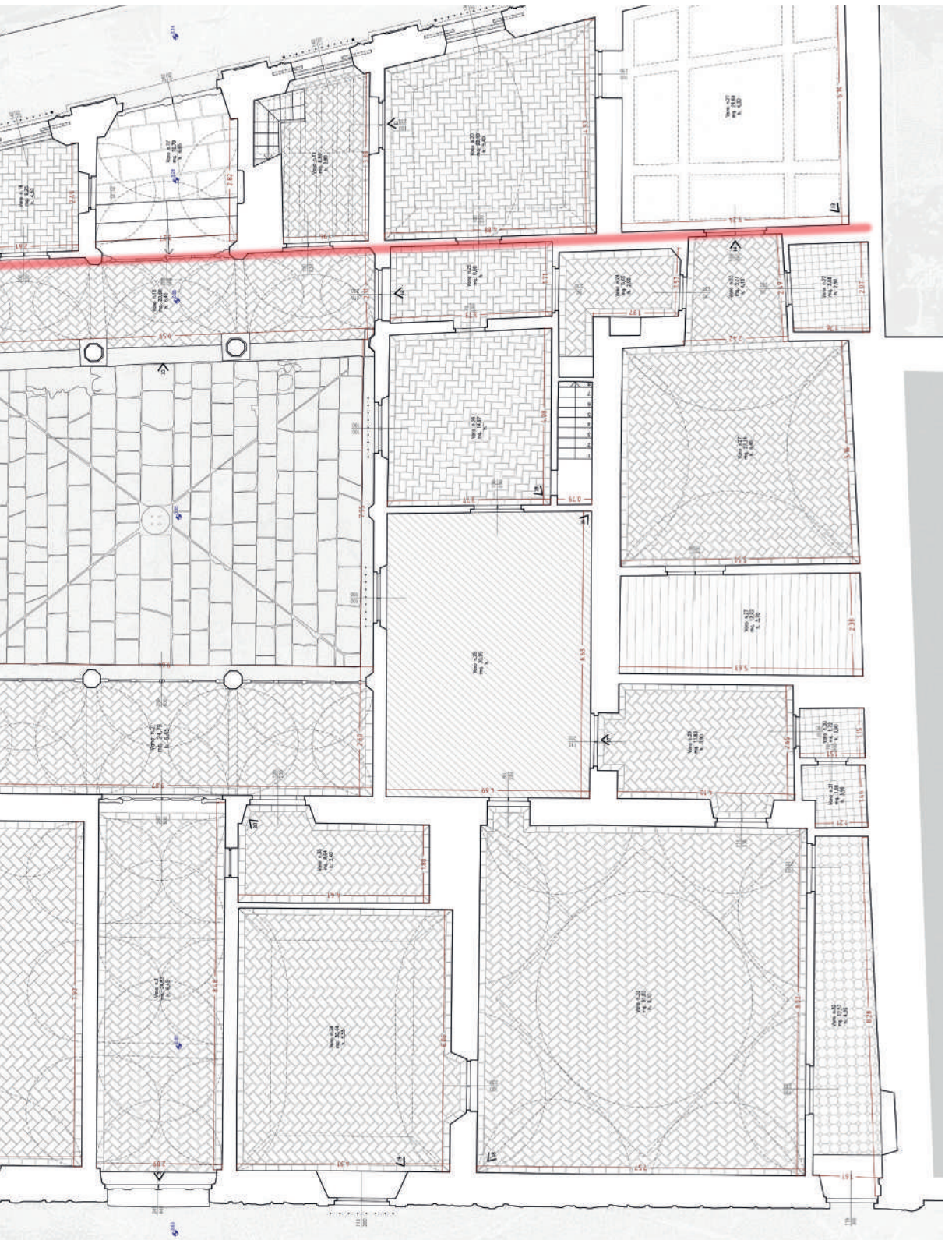


Fig. 10
 Palazzo Capponi delle
 Rovinate, planimetria
 del piano terra, china
 su carta, Archivio
 Capponi Rovinate
 (ACR), cartella disegni



Fig. 11
 Palazzo Capponi delle
 Rovinate, planimetria
 del piano primo, china
 su carta, Archivio
 Capponi Rovinate
 (ACR), cartella disegni

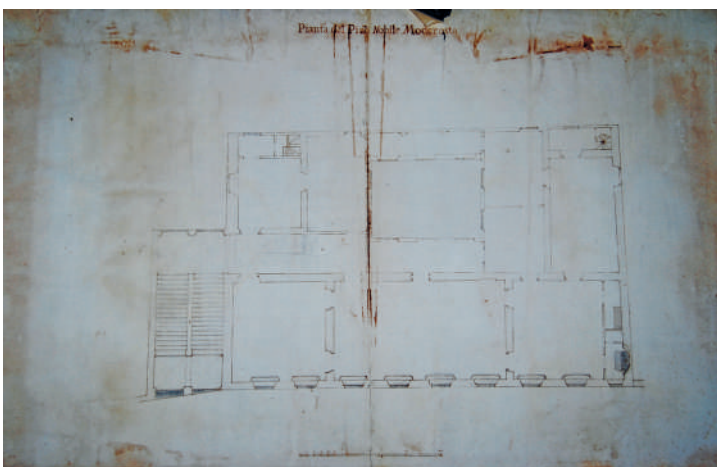


Fig. 12
 Palazzo Capponi delle
 Rovinate, planimetria
 del piano secondo,
 china su carta, Archivio
 Capponi Rovinate
 (ACR), cartella disegni



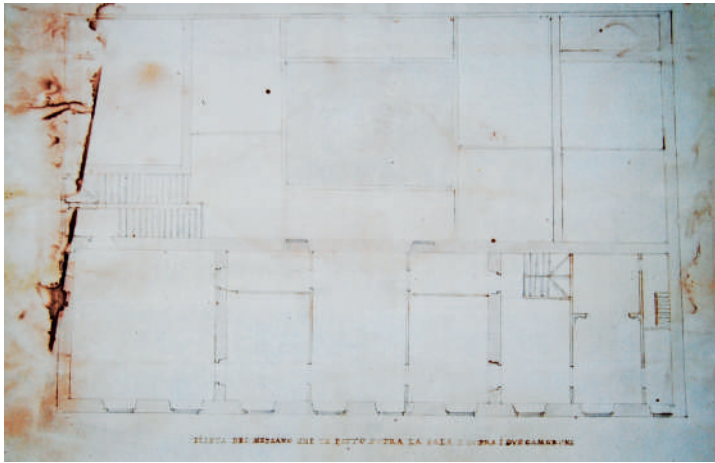


Fig. 13
 Palazzo Capponi delle
 Rovinate, planimetria
 del piano terzo, china
 su carta, Archivio
 Capponi Rovinate
 (ACR), cartella disegni

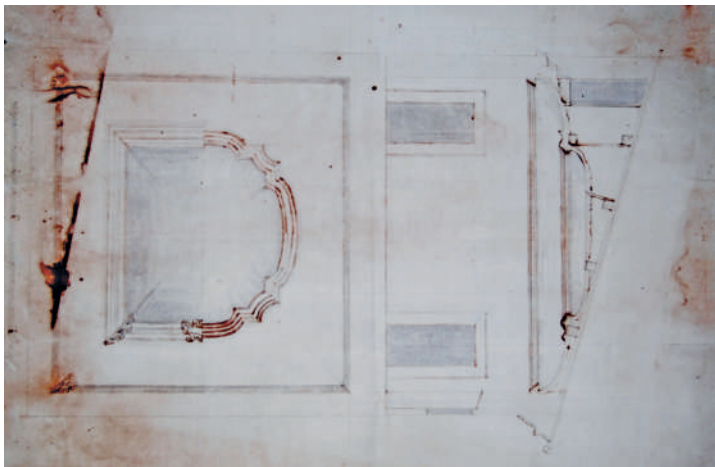


Fig. 14
 Palazzo Capponi delle
 Rovinate, disegno di
 elementi decorativi,
 china su carta, Archivio
 Capponi Rovinate
 (ACR), cartella disegni

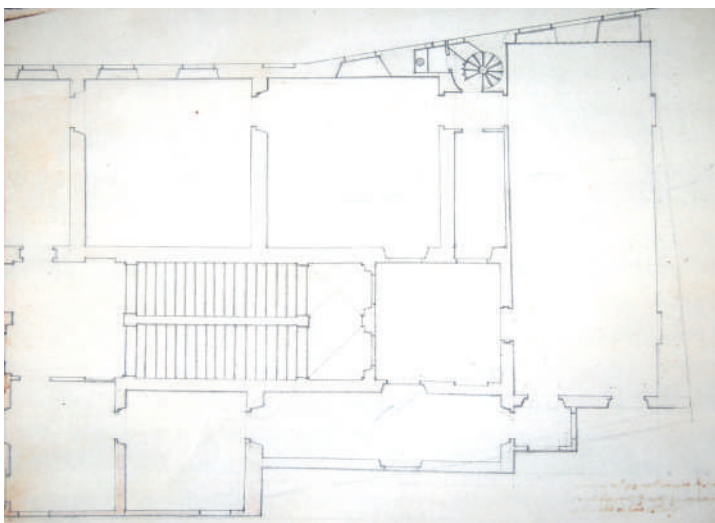


Fig. 15
 Palazzo Capponi delle
 Rovinate, planimetria
 con proposta di
 ampliamento del
 palazzo, china su carta,
 Archivio Capponi
 Rovinate (ACR), cartella
 disegni

Fig. 16
Palazzo Capponi delle
Rovinate, sezione
longitudinale lungo
il cortile

La stesura di un adeguato percorso di conoscenza è anche indispensabile per la realizzazione di un progetto di consolidamento che non solo valuti le caratteristiche tipologiche e meccaniche dei materiali e delle tecniche costruttive ma che stabilisca quali degli interventi di riplasmazione, individuati a seguito della redazione delle analisi storico evolutive, determinino la creazione di punti di discontinuità strutturali che richiedono adeguate valutazioni durante il processo di calcolo e modellizzazione dell'edificio.

Palazzo Capponi si caratterizza per la monumentalità dei suoi fronti strada, la sua forma trapezoidale è il frutto dell'ampliamento ottocentesco.

Buona parte delle strutture portanti verticali sono in muratura mista, con sezioni degradanti dal piano seminterrato fino all'ultimo livello; le volte sono realizzate in mattoni e negli ultimi piani sono anche presenti finte volte con strutture in legno e cannucciato. I solai principali a vista sono concepiti con sistema a doppia orditura lignea; gli impalcati si concludono con tavolato ligneo (cassettonati) e laterizio e il tetto ligneo è a capriate con puntoni angolari. La finitura del fronte su via dei Bardi è in pietra serena sbalzata mentre la facciata su lungarno Torrigiani è completamente intonacata, tranne che per la zoccolatura. Il cortile presenta una finitura a graffito nella parte superiore alle arcate mentre in corrispondenza dei tamponamenti della loggia è a intonaco. Il fronte su via dei Bardi presenta soprattutto degradi dovuti alla tipologia di materiale con cui è realizzato, pietra arenaria, anche se la finitura a bugnato "nasconde" l'effettivo impat-



to che queste hanno sulla facciata. La parte basamentale è interessata anche da degradi antropici dovuti al vandalismo. La facciata sul lungarno si presenta sostanzialmente in ottimo stato; si notano segni di colature nel sottogronda, che fanno ipotizzare un cattivo funzionamento del sistema di deflusso delle acque meteoriche. Nei sotto balconi e in alcuni punti nella parte basamentale si evidenziano interventi incongrui alternati a degrado antropico, mentre in corrispondenza dei terrazzi si notano vari punti in cui il colore è alterato rispetto al resto della facciata, probabilmente perché in quelle porzioni di fronte sono stati fatti interventi di manutenzione non adeguatamente mimetizzati.

Il cortile è sicuramente la parte più degradata del palazzo; la parte superiore presenta una muratura con finitura ad intonaco, quasi completamente a vista. La mancanza di graffiti e il colore giallognolo dell'intonaco fa presupporre che quelle parti di paramenti siano state sostituite perché fortemente deteriorate. Al secondo ordine le porzioni distaccate sono notevoli e diminuiscono man mano che si scende; si nota inoltre, nel primo registro, l'ampliamento delle portefinestre che tagliano le mostre delle bucatore. Il fronte meglio conservato è quello esposto a nord, presumibilmente perché è la più protetta dagli agenti atmosferici. La principale causa di questi degradi è l'acqua meteorica che battendo contro le facciate ne favorisce il deterioramento. Questo breve excursus sulle principali forme di degrado presenti sulle facciate dell'edificio permette di comprendere come nel caso del fronte su via dei Bardi la pietra serena necessiti di una continua revi-

Fig. 17
Palazzo Capponi
delle Rovinate,
sezione trasversale
lungo il cortile



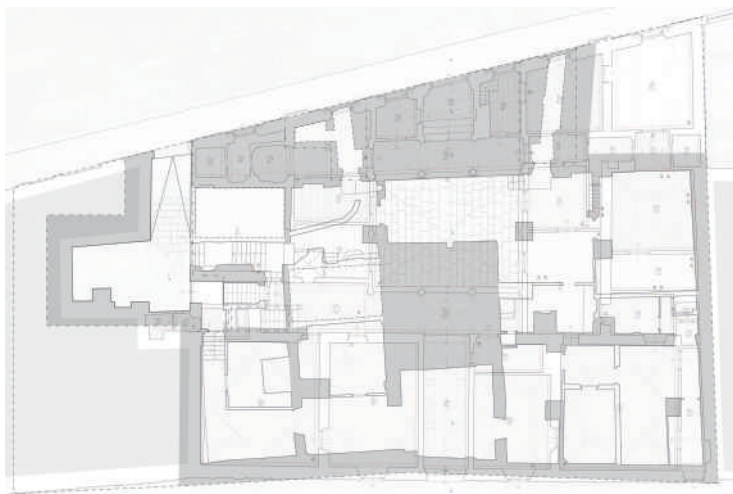
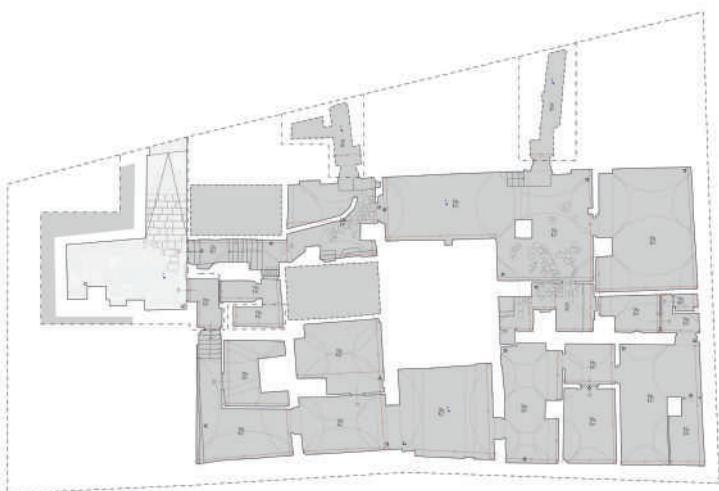
sione per evitare che blocchi di pietra cadano sulla pubblica via su cui si affaccia; sono comunque necessari solo interventi di manutenzione ordinaria. La stessa cosa, nonostante la diversità di materiali utilizzati, è ipotizzabile per il fronte sul lungarno, mentre le facciate del cortile richiedono un attento progetto di restauro che miri a ricomporre l'apparato decorativo dei fronti preservandolo e conservandolo. (Fig. 24)

Degradi strutturali e meccaniche dei dissesti

Al quadro conoscitivo fino ad ora sviluppato si devono integrare quelle informazioni inerenti le maggiori forme di degrado strutturale per arrivare ad ipotizzare quali possano essere i principali meccanismi di dissesto (Giuffrè, 1994). La redazione di un esaustivo rilievo architettonico e strutturale, lo studio delle tecniche costruttive integrato con le analisi dei palinsesti murari sono la base geometrica e materica su cui individuare le lesioni e le deformazioni (Minutoli, 2012, pp.317-341). Il dissesto, lesione e defor-

Fig. 18
Palazzo Capponi
delle Rovinate,
planimetria del piano
seminterrato, stato
attuale

Fig. 19
Palazzo Capponi
delle Rovinate,
planimetria del piano
seminterrato, dalla
sovrapposizione tra
il piano seminterrato
e il piano terra si
evidenzia che molte
delle strutture portanti
del piano terra non
trovano continuità
ai piani superiori
dichiarando la diversa
epoca di realizzazione

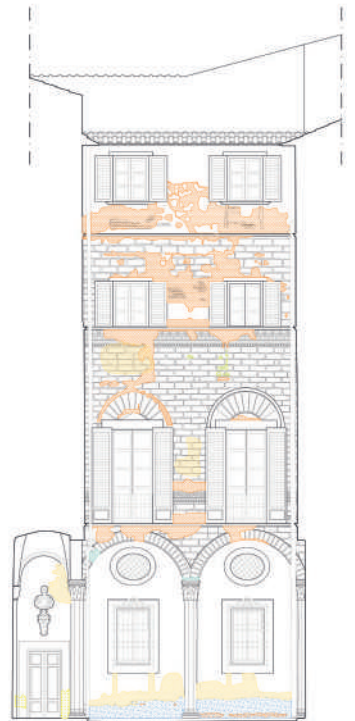
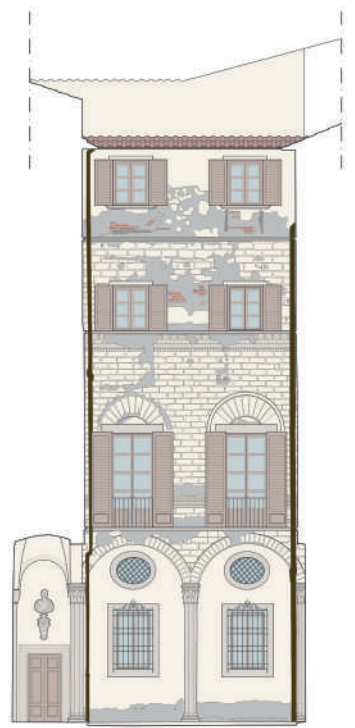
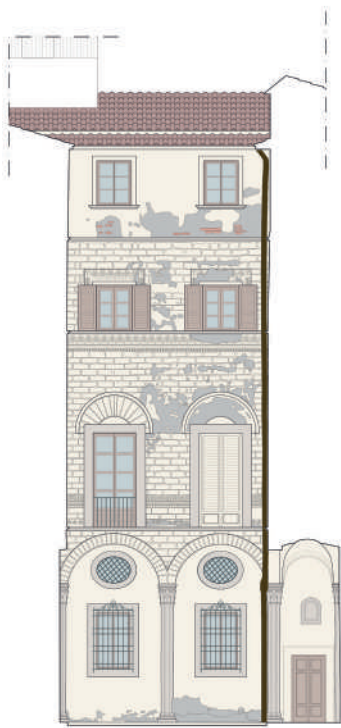


mazione, rappresenta il mutamento di equilibrio statico dell'edificio ed è da valutare come il sintomo di una "malattia" di cui bisogna comprendere le cause (Van Riel, 2007). Il rilievo delle lesioni è avvenuto in situ, durante questa operazione è stata valutata anche l'inclinazione della lesione, la rototraslazione dei lembi, se la lesione è passante o non passante nella muratura e l'ampiezza della lesione. Questi dati graficizzati sugli elaborati di analisi, piante, prospetti e sezioni sono stati raccolti anche in un sistema di schede numerate che mettono in correlazione le diverse lesioni tra di loro, per fornire un quadro complessivo del meccanismo di dissesto. A questa operazione di rilievo delle lesioni si affianca quella da realizzare tramite software in post-produzione per individuare le deformazioni presenti sia in pianta che su prospetti e sezioni. Attraverso l'elaborazione della nuvola di punti è possibile realizzare una mappa colorata, elevation map, a curve di livello, dal blu al rosso, dove si assegna a ogni colore un determinato delta di distanza dal piano verticale ipotetico zero, colore verde, individuando in questo modo le deformazioni presenti nelle piante e sui fronti. Nello specifico è stato assegnato al rosso un delta di più 30 cm e al blu un differenziale di meno 20 cm.

Non risulta facile correlare i vari dati forniti dalle suddette osservazioni ma attraverso una analisi comparativa di questi meccanismi di "danno" con altri simili è possibile individuare le cause che hanno innescato queste forme di degrado strutturale e conseguentemente progettare un adeguato progetto di consolidamento.

Figg. 20-23
Edificio attiguo al palazzo Capponi delle Rovinate, china su carta, Archivio Capponi Rovinate (ACR), cartella disegni





Il rilievo dei dissesti di palazzo Capponi mette in evidenza la presenza di numerose lesioni in prossimità dei muri di spina attigui al fronte su via dei Bardi e in particolare nell'angolo della facciata a sud ovest. Al piano seminterrato e al primo terra sono presenti lesioni anche nell'angolo speculare nord-est che non trovano continuità ai piani superiori. Il quadro deformativo delle pavimentazioni conferma l'andamento delle lesioni, individuando nell'angolo sud-ovest un abbassamento del piano di calpestio e una leggera rotazione del fronte; anche le colonne del cortile sono roto-traslate nella stessa direzione. Questo quadro dei dissesti non permette ancora di comprendere le cause del comportamento differenziale dell'andamento dei dissesti, ma ci permette di fare delle valutazioni in merito (Mastrodicca, 1988; Doglioni, 2008). (Figg. 25-26)

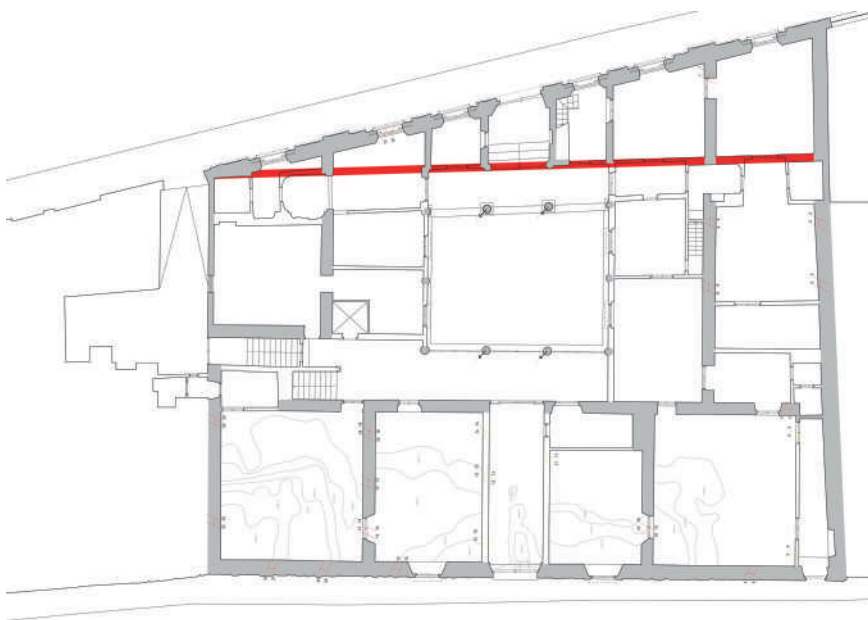
pagina a fronte

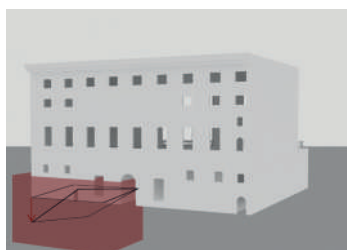
Fig. 24
Palazzo Capponi delle Rovinate, fronti cortile, analisi dei materiali e degrado delle superfici

Fig. 25
Palazzo Capponi delle Rovinate, planimetria con individuazione delle lesioni, delle deformazioni e dell'attacco tra le due facciate

Conclusioni

Bisogna premettere che i rilievi sono stati svolti nei mesi a cavallo del 25 maggio 2016, data in cui il muraglione del lungarno Torrigiani ha avuto un importante smottamento proprio in prossimità del palazzo, e che questo non ha avuto ripercussioni sull'edificio. Il confronto tra il rilievo pre e post evento non ha messo in evidenza il mutamento né del quadro fessurativo né di quello deformativo. Da ricordare inoltre che la collina ai cui piedi si trova l'edificio, identificata come costa dei Magnoli, è chiamata collina delle Rovinate a causa dei continui smottamenti che si verificavano. La collina nei secoli è stata fortemente edificata ma numerosi eventi franosi hanno fatto sì che Cosimo I, nel 1565, facesse apporre una lapide in cui si vietava l'edificazione in quell'area. Infatti sono documentate in prossimità del palazzo diverse frane: la prima del 1284, la seconda del 1373 e la terza del 1547; quest'ultima, avvenuta quando il palazzo era già edificato fu raccontata dal giovane Bernardo Buontalenti, salvo per miracolo. La lapide in latino recita "Huius montis aedes soli vitio ter collapsa ne quais restitueret. Così-





fronte su via de' Bardi



fronte su Lungarno, rialzamento dei setti murari in previsione della nuova facciata



fronte su Lungarno, nuova facciata realizzata da Giuseppe Poggi

mus Med. Florentin. Ac Senens. Dux II vetuit octobri MDLXV”²¹. Anche questo dato geo-morfologico ci permette di proporre delle ipotesi sul comportamento dell'edificio.

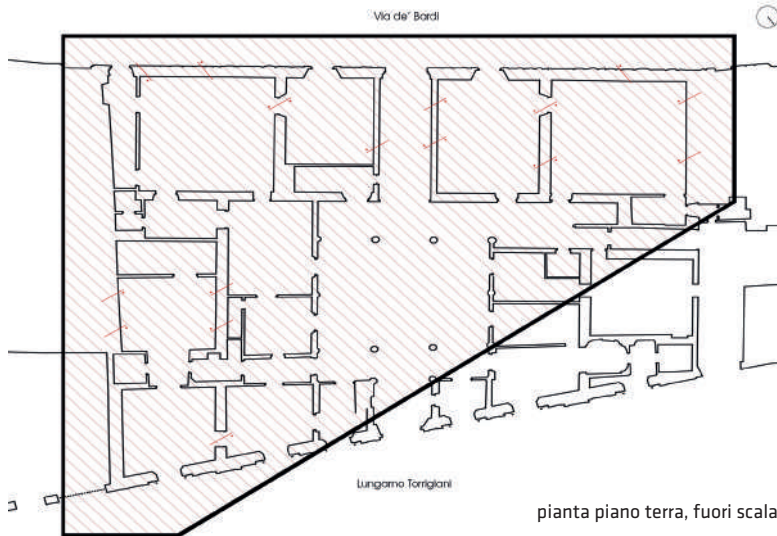
Gli studi e le analisi svolte hanno permesso di comprendere buona parte delle modifiche, architettoniche e strutturali, di cui il palazzo è stato oggetto, e la natura dei materiali e delle tecniche costruttive messe in opera e le caratteristiche del sottofondo geologico in cui è stato realizzato. L'analisi dei dissesti ha evidenziato una roto-traslazione, nell'angolo sud-ovest, dell'edificio; accompagnate da una presenza di lesioni apparentemente anomale al piano terra e seminterrato nell'angolo opposto. (Fig. 27)

Il complesso di queste informazioni permette di fare alcune valutazioni in merito alla causa dei dissesti. L'edificio sembra aver un problema di stabilità del piano fondale, in particolare nell'angolo sud-ovest; il trascinarsi verso il basso di questa porzione di edificio innesca dei meccanismi di dissesto che si estendono fino all'angolo opposto causando quei leggeri ribaltamenti dei fronti evidenziati dal rilievo delle deformazioni. Le lesioni nell'angolo nord-est, presenti solo nei piani terra e interrato, e la quasi totalità di lesioni nel corpo realizzato dal Poggi fanno ipotizzare che l'inserimento della facciata del Poggi con i relativi muri di spina abbia funzionato come un sistema di contrafforti che in qualche modo trattiene l'edificio contenendo i dissesti in quella porzione di edificio. (Figg. 28-29)

Quindi sembra che le meccaniche dei dissesti presenti siano generate in massima parte dalla geologia del luogo in cui si trova l'edificio e che nel suo complesso il palazzo sia stato costruito con materiali e tecnologie che ben hanno resistito al passare del tempo. Il continuo uso dell'immobile da parte dei proprietari e le costanti operazioni di manutenzione hanno favorito sicuramente la conservazione del manufatto.

Interessante notare come le lesioni abbiano, nei confronti del palazzo, un andamento trapezoidale che segue la forma del palazzo ma che ha la sua massima continuità in prossimità del fronte est, in prossimità del punto in cui si è verificato il parziale ribaltamento del muro che regge il lungarno Torrigiani, evidenziando come quell'area di costa dei Magnoli sia la più soggetta a fenomeni degradativi. (Figg. 30-31)

²¹“Le case edificate su questo monte per tre volte sono crollate per deterioramento del terreno. Nessuno dovrà costruire di nuovo. Cosimo de' Medici II Duca di Firenze e Siena vietò nell'ottobre 1565.”



pagina a fronte

Fig. 26
Palazzo Capponi delle Rovinate, analisi delle deformazioni delle facciate

Fig. 27
Palazzo Capponi delle Rovinate, facciata su via dei Bardi, individuazione dell'area in cui avviene il cedimento fondale

Fig. 28
Palazzo Capponi delle Rovinate, setti realizzati durante l'intervento del Poggi

Fig. 29
Palazzo Capponi delle Rovinate, il sistema contrafforte-facciata

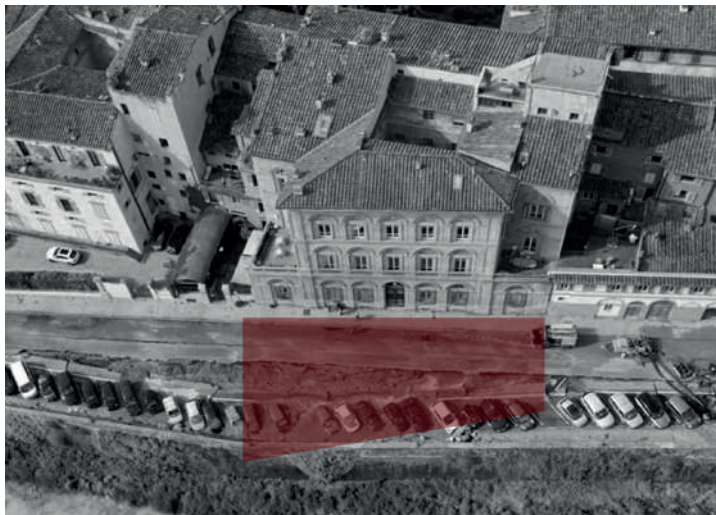


Fig. 30
Palazzo Capponi delle Rovinate, pianta del piano terra, individuazione dei dissesti, in rosso l'angolo di incidenza dei dissesti

Fig. 31
Palazzo Capponi delle Rovinate, vista dall'Arno a seguito del dissesto del lungarno, in rosso l'angolo di incidenza del dissesto

Bibliografia

Battisti E. 1989, *Filippo Brunelleschi*, Electa, Milano.
 Bargellini P., Guarnieri E. 1977, *Le strade di Firenze*, I, Bonechi, Firenze.
 Bucci M., Bencini R. 1973, *Palazzi di Firenze*, IV, Vallecchi, Firenze.
 Dogliani F., Petrini V., Moretti A. 1994, *Le chiese e il terremoto*, Ed. LINT, Trieste.
 Dogliani F. 2008, *Nel restauro. Progetti per le architetture del passato*, Marsilio Editori, Venezia.
 Ginori Lisci L. 1972, *I Palazzi di Firenze nella storia e nell'arte*, II, Ed. Cassa di Risparmio di Firenze, Firenze.

Giuffrè A. 1999, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Ed. Kappa, Roma.

Gurrieri F. 1999 (a cura di), *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione post-sismica degli edifici*, DEI Tipografia del genio civile, Roma.

Mastrodicica S. 1988, *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Hoepli, Milano.

Minutoli G. 2012, *Rilievo applicato al cantiere di restauro*, in *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, a cura di S. Bertocci, M. Bini, Cittàstudi, Torino, pp. 317-341.

Pagnini L. 2011, Giuseppe Poggi e la sistemazione della facciata del brunelleschiano palazzo "da Uzzano Capponi" sul lungarno Torrigiani (1872), «Bollettino della Società di Studi Fiorentini», 20, pp. 29-33.

Vannucci M. 1995, *Splendidi palazzi di Firenze*, Le lettere, Firenze.

Van Riel S. 2007, *Consolidamento degli edifici storici*, appunti e note, Firenze.

Vasari G. 1511-1574, *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori ed architettori*, G. Milanese 1906 (ed), G. C. Sansoni, Firenze.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE