

Nicola Ruggieri

Segreteria Tecnica Parco
Archeologico di Pompei

pagina a fronte

Fig. 1
Affresco del larario
della Casa del
Centenario (IX, 8, 3),
oggi conservato al
Museo Archeologico
Nazionale di Napoli,
in cui è raffigurato
il Vesuvio. Oltre
ad una differenza
morfologica è
evidente la presenza
di una maggiore
densità boschiva
rispetto a quella
attuale

Abstract

The timber elements of the Pompeii's buildings were subjected to high temperatures during the 79 A.D. Vesuvius' eruption that entailed the almost total loss of the roofs and inter-storey floors carpentry.

However, wooden structures evidences are still present. In fact, many timber members pockets and frescos representing realistic architectural scenes, in addition to the Latin sources, provide precious data for determining floors and roofs structural organization in Pompeii during the 1st century A.D.

The carpentry configurations, put in evidence in the herein study, are classifiable in several typologies, in dependence of the covered span and the use of the room. They vary from floors characterized by one order of beams on which a wooden boarding bears, to more complex organizations that include structures identifiable as trusses.

Introduzione

Le prime fasi dell'eruzione del Vesuvio del 79 d.C. furono caratterizzate dal deposito di notevoli quantità di pomice e lapilli. Tale materiale si concentrò in particolare a sud del vulcano, nell'area in cui è ubicata Pompei, raggiungendo un'altezza di circa 3 mt (Sigurdsson et al. 1982).

Lo strato considerevole di pomice e lapilli determinò il collasso di numerose carpenterie già dopo poche ore l'inizio del fenomeno eruttivo. A tali crolli seguirono flussi piroclastici la cui temperatura, sebbene elevata, non attivò processi di carbonizzazione e mineralizzazione¹, dunque non permise la preservazione delle carpenterie di Pompei. Tuttavia, sono numerose le tracce, in particolare i fori di alloggiamento malgrado siano episodici quelli relativi a piani superiori al primo, da cui poter dedurre caratteristiche dimensionali e organizzazione di orizzontamenti e strutture di coperture esistenti durante il I secolo d.C.

Una analisi condotta su tali basi può essere resa più specifica se allargata a comprendere dettagli costruttivi tratti dalle pitture parietali di Pompei che raffigurano carpenterie lignee e dalla trattatistica contemporanea.

In particolare, i precetti vitruviani relativi a solai e tetti, quest'ultimi di-

¹Una tale condizione avrebbe privato il legno di costituenti organici rendendolo non degradabile.



Fig. 2
VI, 6, 3, Fori di alloggiamento di travi con incavi orizzontali, tracce di tavolati lignei, di cui, quello all'estradosso, isolato rispetto alla muratura da elementi fittili



stinti in ragione della luce coperta in *commodus* o del tipo *maior spatium*, vengono nel contributo comparati con le decorazioni parietali che descrivono architetture. Tali rappresentazioni, sebbene mediate dalla sensibilità dell'autore in alcuni casi fantasiosa che riproduce configurazioni di dubbia efficienza, costituiscono preziosi dati da cui dedurre le caratteristiche tecniche e tecnologiche delle carpenterie di legno presenti a Pompei nel I secolo d.C.

Inoltre, le analisi palinologiche effettuate rapportate alle informazioni derivanti dai reperti lignei scoperti nella città vesuviana forniscono informazioni sulle specie legnose comunemente impiegate per le costruzioni durante l'ultima fase di vita di Pompei.

Il materiale

Durante il I secolo una copertura di tipo forestale dovette caratterizzare il Vesuvio. Infatti, condizioni climatiche con temperature basse, differenti rispetto a quelle attuali, e la poco significativa antropizzazione, comportarono, fondando su analisi palinologiche, la presenza di specie arboree, oggi tipiche dell'Appennino, in misura certamente superiore alle attuali medie (Stefani et al. 2002; Ciarallo 2012).

I boschi, tra i 100 e i 250 m. s.l.m., dei monti Lattari e del Vesuvio (Fig. 1) erano preminentemente caratterizzati da specie arboree appartenenti alla *Quercus pubescens* e *Pinus pinea* con a quote superiori la presenza di betulle (*Betula sp.*) e abete bianco (*Abies alba*) (Di Pasquale et al. 2014). A sud est di Pompei forte era l'incidenza del Carpino (*Carpinus betulus*), del castagno (*Castanea sativa*) e di alberi appartenenti al genere *Populus* (Ciarallo 2004). Inoltre, boschi artificiali di Cipressi (*Cupressus sempervirens*) sono attestati nelle aree di esondazione del fiume Sarno nell'immediata periferia dell'antica Pompei (Ciarallo 1990).

Un'elevata consistenza del patrimonio forestale dunque in area vesuviana, le cui specie arboree trovano conferma nella frequenza dei reperti ritrovati a Pompei che ne attestano una particolare diffusione nell'edilizia, per strutture portanti, di abete bianco, pioppo, cipresso, castagno e quercia (Fioravanti et Caramiello, 1999).

Tali specie legnose sono annoverate da Vitruvio tra i generi che “... maxime in aedificiis sunt idonea ...” (Liber II, 6), in particolare l’abete, il più diffuso a Pompei anche perchè agevolmente lavorabile. Inoltre, l’Architetto di Augusto pone particolare attenzione alla durabilità del legno, enunciando aspetti di tipo “genetico” quindi legati al genere, per i quali preferire per esempio il pino e il cipresso, e accorgimenti costruttivi al fine di garantire condizioni dell’ambiente sfavorevoli ad attacchi di tipo biotico. Nello specifico Vitruvio suggerisce l’interposizione di uno strato di paglia o di felci tra il getto del massetto e il tavolato sottostante, una misura utile per isolare il legno dall’umidità derivante dal calcestruzzo prima della maturazione. Su un simile principio, l’isolamento da un ambiente potenzialmente con alte percentuali di umidità, si basava probabilmente la pratica, diffusa a Pompei, di inquadrare l’alloggiamento della trave con laterizi (Adam 2001). Una disposizione che caratterizza anche alcuni degli incavi relativi a tavolati, più frequentemente ad inquadrare quello all’estradosso del solaio (VI, 6, 3; VII, 9, 13) (Fig. 2) e, in un solo caso rilevato, l’ambiente in I,20,5, a confinare dalla muratura un possibile cassettonato posizionato all’intradosso dell’orizzontamento. Tali elementi fittili, verosimilmente con lo scopo anche di rifinire in maniera veloce, quindi economica, il foro in muratura caotica, rappresentano una misura di dubbia efficacia. Infatti, il laterizio, altamente poroso, poteva per capillarità, piuttosto che isolare, veicolare umidità dalla muratura verso la membratura lignea e generare condizioni favorevoli all’innescò di un attacco biotico².

Solai interpiano

La direzione nella disposizione dell’orditura principale, in generale, seguiva la campata minore del vano da coprire, almeno relativamente agli ambienti con destinazione a residenza. Un esempio è rappresentato dall’orizzontamento che caratterizza un ambiente dell’isolato cosiddetto Casa dei



Fig. 3
Casa dei Casti Amanti (IX, 12, 6-8). Il solaio è stato soggetto ad un significativo sovraccarico che ne ha causato l’elevata inflessione

Fig. 4
IX, 1, 21, Taberna caratterizzata da orizzontamento ordito in direzione parallela alla facciata principale, al fine, verosimilmente, di poggiare le travi sulle murature d’ambito prive di bucatura



² Al contrario le asperità generate da un’escavazione del foro con superfici non perfettamente planari realizzano limitati punti di contatto tra trave e muratura con conseguente generazione di aerazione del vano di alloggiamento della trave.

Fig. 5
I, 1, 10, Alloggiamento di
trave verosimilmente
a sezione
approssimativamente
quadrata

Casti Amanti (IX, 12, 6-8) che, sebbene non presenti oggi alcuna membratura lignea, fornisce testimonianza dell'elevato sovraccarico derivante dal deposito di lapilli a cui dovette essere soggetto tale solaio durante l'eruzione che causò una significativa inflessione, tuttora presente, nella soletta di calcestruzzo rinvenuta (Fig. 3).

A differenza delle abitazioni, in generale, la realizzazione dei solai delle *tabernae* obbediva ad altri criteri. Infatti, caratterizzate da un'ampia apertura prospettante sulla strada per permettere l'esposizione e la vendita dei prodotti, le botteghe disponevano, con rare eccezioni (VI, 14, 6; IX, 1, 16), di un orizzontamento ordito in direzione parallela alla facciata principale, al fine, verosimilmente, di poggiare le travi sulle murature d'ambito prive di bucaura (Fig. 4). Una organizzazione che pertanto non esercitava alcun contributo nel trattenere il pannello murario del prospetto fronteggiante la strada dal ribaltamento eventualmente causato da azione sismica.

I casi analizzati, con luci che raggiungono un massimo di circa 6 mt, presentano un unico ordine di membrature³, in cui la presenza sporadica di rompitratta è legata alla realizzazione del vuoto della scala interna (VII, 2, 15). Un'eccezione è rappresentata dall'organizzazione del solaio, presumibile dalle tracce di fori di alloggiamento presenti nelle murature, nella regio I, insula I, civico 10, che sembrerebbe essere costituito da una doppia



orditura, composta da due travi principali di dimensioni circa 15x25 cm, su cui poggiava un secondo ordine di membrature. Una disposizione che potrebbe essere il risultato di un consolidamento.

La sezione delle travi, almeno per quanto è deducibile dai vani di alloggiamento tuttora esistenti, poteva essere rotonda (tondame) per luci di modesta entità e riguardanti ambienti destinati ad uso residenziale (I, 8, 3), mentre isolati sono i casi in cui la sezione trasversale della membratura si approssima al quadrato (I, 1, 10) (Fig. 5). Tuttavia, l'adozione di travi quadrate e rettangolari rimane la geometria di maggiore diffusione, con numerosi esempi sia riguardanti le *tabernae*, che portici pubblici quali quelli del foro o solai di *domus*.

Le travi erano dunque distribuite di coltello, testimonianza di un deciso avanzamento scientifico nella conoscenza del comportamento delle strutture di legno, sia relativamente alla deformabilità che alla resistenza. Si oppone infatti, con tale disposizione, il lato maggiore alla direzione della forza sfruttando la massima inerzia della sezione quindi la migliore prestazione della trave soggetta a flessione. Tuttavia, è probabile che l'uso di travi a sezione rettangolare trovi motivazione anche nelle dimensioni medie del fusto delle specie legnose diffuse a Pompei per opere di carpenteria e in un più razionale sfruttamento del tronco; preludio alla pratica rinascimentale (Serlio) e alle teorizzazioni del Settecento con gli studi ad opera di Bullet e di Parent che riferiscono di un metodo di squadratura da un tronco cilindrico per ottimizzare la sezione resistente (Ruggieri, 2011).

Le travi risultano avere un appoggio nella muratura di dimensioni variabili tra i 10 e i 15 cm⁴, (Fig. 6) fino al caso estremo del porticato fronteggiante gli edifici municipali del Foro, che non supera i 7 cm. In tal caso, sebbene la fittezza delle travi comporti una distribuzione del carico sulla muratura, le sollecitazioni concentrate di compressione potrebbero causare lesioni e deformazioni da schiacciamento topico, comunque oggi non visibili a Pompei. Una superficie limitata per l'alloggiamento della trave, potrebbe inoltre rappresentare un elemento di vulnerabilità sismica. Tale condizione, infatti, facilita la perdita dell'appoggio e lo sfilamento della membratura nel caso di accelerazione impressa dal terremoto al manufatto.

Peculiare, se rapportato a centri limitrofi dell'area Vesuviana o comunque con omogenea cultura anche costruttiva come quella del Lazio, è l'interesse con cui le travi sono disposte. In generale, infatti, il passo tra le membrature a Pompei risulta variabile tra 1,5 e 2 volte la larghezza della trave, (FIG 7) con una media approssimativa di 25 cm (solai relativi a I, 8, 3 a VI, 7, 5 a VI, 8, 4 a VI, 14, 31). Un'organizzazione che trova alcune similitudini ad Ercolano in cui si registrano interassi ridotti e comunque di dimensione circa 45 cm, come per esempio nell'*insula II orientalis* e nella *Sede degli Augustali* ma si discosta sensibilmente con i palchi attestati ad Ostia dove addirittura lo spazio tra una trave e la successiva, afferente a solai realizzati nel I secolo o di poco posteriori, raggiunge 1,60 mt (Ulrich 2007).

Una tale configurazione strutturale, escludendo alcune eccezioni relative alle *tabernae* dove il passo ridotto potrebbe indicare un sovraccarico parti-

³A Moregine, nell'immediato suburbio di Pompei, nel 1999, durante la realizzazione della terza corsia dell'autostrada è stato riportato alla luce un settore di una villa di epoca romana che, date le particolari condizioni di seppellimento, cinerite ed acqua, ha preservato diversi manufatti lignei, incluso elementi del solaio tra i quali membrature di dimensioni elevate, forse rompitratte. Si tratta di una struttura lignea attualmente oggetto di studio da parte dello scrivente componente del gruppo di progetto (Dott. F. Galeandro; Arch. A. Maio; Arch. M. Nuzzo; Arch. N. Ruggieri), nell'ambito delle opere del Grande Progetto Pompei.

⁴Basato sulle misure rilevate dai fori di alloggiamento presenti nell'opera caotica che tuttavia potrebbero avere subito rimaneggiamenti durante i vari restauri quindi modifiche rispetto alla dimensione originaria. Diverso è il caso dei fori realizzati nei blocchi di calcare, per esempio quelli presenti nel porticato del Foro, dove è presente l'identica lavorazione antica a scalpello sull'intera superficie interna del foro di alloggiamento. Le misure rilevate sono state debitamente ridotte in quanto non corrispondenti al reale appoggio della trave che necessita per la messa in opera di una profondità maggiore.

Fig. 6
Incavi per
l'alloggiamento di
membrature lignee
in alcuni architravi
del Foro

Fig. 7
VI, 8, 4. Taberna
caratterizzata da fori
di alloggiamento
con interasse di circa
25 cm



colarmente rilevante da sostenere come la presenza di depositi al piano superiore, piuttosto da imputare alla scarsa conoscenza del comportamento delle strutture lignee è da considerare un avanzamento nella tecnologia rispetto alle aree contigue. Pompei è caratterizzata da una media pericolosità sismica con possibili terremoti anche di magnitudo elevata. La città Vesuviana aveva dunque potuto sperimentare gli effetti di vari eventi tellurici, come quello del 62 d.C., in cui aveva sofferto pesanti e diffusi crolli.

Un possibile empirismo scaturito dalle modalità di danno osservate, da cui si può dedurre, affascinante ipotesi, che l'interesse ridotto rappresenti una consapevole volontà di realizzare un migliore vincolo e limitare la tendenza al ribaltamento, modalità di collasso cruciale per la muratura e particolarmente diffusa in occasione dei terremoti che colpirono Pompei durante il I secolo (Ruggieri, 2016). Tuttavia, l'azione di ritegno svolta dalle travi risulta non totalmente efficace, considerato che tali membrature erano prive di organi di collegamento con il setto se si prescinde dall'attrito che si genera all'interfaccia legno-muratura comunque limitato data la modesta superficie dell'appoggio.

Una riduzione della deformabilità dell'orizzontamento si otteneva attraverso la messa in opera, prassi costruttiva probabilmente diffusa a Pompei, di un assito ligneo oltre che soprastante la trave su cui poggiare il massetto⁵ all'intradosso della membratura e a questa vincolata attraverso chiodi metallici. Una simile composizione del solaio è attestata nella Casa di Pansa (VI, 6, 1), dove sono evidenti incavi orizzontali nella muratura che confinano sopra e in basso i fori di alloggiamento.



Fig. 8
IX, 6, 5. Incavi per
l'alloggiamento di
membrature lignee
di copertura

Il tavolato poteva essere sostituito da un controsoffitto composto da lacunari di cui si conservano diverse raffigurazioni in alcuni affreschi⁶. E' da evidenziare che, seppure manchino tracce evidenti a Pompei, Vitruvio, ripreso successivamente da Plinio⁷, suggerisce, superiormente alle travi, l'apposizione di un tavolato aderente a quello sottostante e ordito ad esso ortogonale; una misura volta a limitare gli effetti del ritiro⁸, fortemente anisotropi, che tende a contenere le variazioni dimensionali con un secondo assito disposto con fibratura perpendicolare al primo. Una soluzione che fornisce un contributo alla resistenza della trave ma soprattutto garantisce un'adeguata rigidità del solaio ligneo⁹ nel caso di azioni orizzontali sismo-indotte.

Interessante è l'impiego di orditure disposte in direzione perpendicolare rispetto all'orizzontamento inferiore. Di tale configurazione, non sappiamo quanto diffusa data la scarsa presenza a Pompei di livelli superiori al primo, si conserva traccia nell'officina VI, 14, 18. Una organizzazione che comporta il duplice effetto di evitare ulteriori soluzioni di continuità nella stessa parete e al contempo migliorare la solidarietà strutturale tra i pannelli murari.

Tetti

Tectum commodus

La configurazione strutturale dei tetti a Pompei per coprire vani di dimensioni ridotte, nella sua forma più semplice, ricalca in generale l'organizzazione dei solai interpiano con travi principali su cui poggiava una teoria di listelli, *templa* secondo Vitruvio, a cui ancorare le tegole. Fori di alloggiamento con soprastante frammenti di tegole ammorsate nella muratura ad

⁵ Il massetto di cui si conserva traccia nelle Terme Stabiane (VII, 2), al di sopra delle *suspensurae*, è composto da circa 10 cm di ciocciopesto e di ulteriori approssimativamente 15 cm di frammenti di laterizi in malta.

⁶ Nella Casa dei Dioscuri (VI, 9, 6) per esempio, nella parete nord dell'ambiente 8.

⁷ "... Cum coaxatum fuerit, super altera coaxata transversa sternatur clavisque fixa ..." Vitruvio, Liber VII, 5); "... necessarium binas per diversum coaxationes substerui et capita earum praefigi, ne torqueantur..." Plinio, N.H. 36, 186.

⁸ Una indicazione che è riferita ad ambienti esposti direttamente agli elementi, forse *solaria*, dove le variazioni di umidità sono maggiori.

⁹ A tal proposito studi sperimentali hanno dimostrato che la rigidità di un tale solaio e il conseguente effetto positivo sulla distribuzione dell'azione sismica ha valori di poco inferiori di un orizzontamento ligneo con soprastante soletta in c.a. ma, rispetto a quest'ultimo, è caratterizzato da una massa minore (Ceccotti et al., 2007).



Fig. 9

Casa dei Vetti (VI, 15, 1), affresco posto nella parete est dell'esedra raffigurante una carpenteria lignea

Fig. 10-11

Casa di Marco Lucrezio Frontone (V, 4, A), parete posta a nord e a sud del tablino



una distanza di circa 8 cm, prova della presenza di un'orditura minuta, caratterizzano il peristilio della domus IX, 6, 5 (Adam, 2001) e testimoniano l'esistenza di una copertura ad un'unica falda (Fig. 8).

Vitruvio indica per sostenere tetti con luce non particolarmente elevata una soluzione costituita da una trave di colmo, *columen*, su cui poggiare falsi puntoni, *cantherii*. Una configurazione simile, sebbene priva di manto di copertura, è rappresentata nell'affresco della Casa dei Vetti (VI, 15, 1) posto nella parete est dell'esedra (Fig. 9). Tale decorazione, basando sull'analisi stilistica, è classificabile come di IV stile ed è risalente agli anni successivi al terremoto del 62 d.C. (Peters, 1977; Grimaldi, 2016). La parete è articolata in uno zoccolo con soprastante un pannello centrale che ritrae "Penteo ucciso dalle Baccanti" inquadrato alle due estremità da due edicole prospettiche raffiguranti scorci architettonici che evidenziano un terrazzo, un *solarium*, coperto da una struttura lignea. Quest'ultima, rappresentata con fantasiosa inventiva, priva di appoggio verso l'osservatore pertanto staticamente labile e dall'equilibrio improbabile, fornisce tuttavia realistici dettagli sulla carpenteria di copertura. La configurazione rappresentata è composta da un'orditura principale orientata longitudinalmente rispetto al vano da coprire, con trave di colmo e terzere che portano, con interesse modesto, dei falsi puntoni vincolati all'estremità in basso ad una trave di bordo per quindi aggettare oltre la muratura, disposizione pienamente conforme ai dettami Vitruviani¹⁰. Tutti gli elementi lignei, disposti con una pendenza poco significativa tipica di aree climatiche del Mediterraneo, non evidenziano alcuna gerarchia dimensionale e sono caratterizzati da un lato di misura preponderante, assimilabili dunque a tavole.

Tectum maior spatium

Nell'eventualità che la luce da coprire fosse elevata, Vitruvio indica una possibile soluzione nell'organizzazione costituita da *transtra et capreoli*¹¹. Sono diversi gli autori, specie rinascimentali¹², che interpretano tale passo del *De Architectura* come descrizione di una capriata, benché in realtà l'ar-

¹⁰ « ... Sub tectis ... si comoda columen et cantherii prominentes ad extremam sugrundationem ... » (Vitruvio, Liber IV, 2).

¹¹ "...Sub tectis, si maiora spatium sunt et transtra et capreoli ..." (Vitruvio, Liber IV, 2).

¹² Tra gli altri Daniele Barbaro e Andrea Palladio (1567) interpretano il termine *transtrum* come "capriata" e propongono a tal riguardo apparati grafici esplicativi a corredo della traduzione del trattato.

¹³ Sesto Pompeo Festo, nel *De verborum significatu*, definisce *transtra*, "...narium dicuntur et tigna, quae ex pariete in parietem porriguntur..." 505,3, membrature orizzontali disposte trasversalmente al vano. Una traduzione che è, in generale, accettata dalla comunità scientifica anche per il termine usato da Vitruvio: Gros (1997) per esempio riporta "... I transtra sono le travi orizzontali trasversali ..." p. 444. Tuttavia, se si ammette un'indipendenza strutturale tra *capreoli* e *transtra*, con mancanza di unione tra le due membrature, dovremmo pensare il *transtrum* non posizionato in corrispondenza dell'asta inclinata e con unica funzione possibile di presidio, peraltro poco efficace se privo di organi metallici di collegamento alla mu-



chitetto di Augusto non ne faccia sicura menzione¹³. Tuttavia, nell'architettura romana il sistema a capriata fu portato alla perfezione e dovette diventare particolarmente diffuso¹⁴ (Tampone, 1996).

L'esempio più antico¹⁵ pervenutoci, benché non più nella sua collocazione originaria, è rappresentato dall'incavallatura rinvenuta ad Ercolano, ed appartenente alla carpenteria di copertura del Salone dei Marmi della Casa del Rilievo di Telefo (Camardo et Notomista, 2015).

Si tratta, per quanto si evince dalla ricostruzione virtuale realizzata dal gruppo di studio (Soprintendenza Archeologica di Napoli e Pompei, Packard Humanities Institute, British School at Rome e Herculaneum Conservation Project) che ha effettuato la scoperta, di un'unità strutturale composta da due puntoni e una catena con un singolare concio trapezoidale configurato, verosimilmente, per sostenere l'estremità dei puntoni. Ha sezione complessiva simile a quella della trave di colmo del tetto a falsi puntoni simulato nell'Ipogeo dei Volumni a Perugia, III sec. a.C., secondo la interpretazione di Tampone (2011) che costituisce l'unico riferimento oggi disponibile nella pubblicistica sull'argomento.

Nella casa di Marco Lucrezio Frontone (V, 4, A), pesantemente danneggiata dal sisma del 62 d.C. e in riparazione al momento dell'eruzione del Vesuvio, le pareti poste a nord e a sud del tablino conservano decorazioni databili tra 35 e 45 d.C. (Maiuri, 1949; Pesando et al., 2003). La decorazione pittorica, per entrambi le pareti, tripartita in verticale, mostra nella zona mediana scene mitologiche, in particolare "la pompa trionfale di Baccho" raffigurata sul lato sud mentre la superficie pittorica a nord evidenzia "le nozze di Venere e Marte". Il registro superiore, identico per le due pareti, è occupato da vignette raffiguranti architetture, i cui due pannelli laterali presentano incavallature a copertura di un *solarium* (FIG 10-11). Gli affreschi, nonostante il mediocre stato di conservazione con lacune presenti proprio nella parte sommitale di due delle quattro incavallature raffigurate, permet-

ratura, nel solidarizzare le pareti parallele e limitarne la tendenza al ribaltamento, specie in caso di azioni derivanti dal terremoto. A tale impiego strutturale che presuppone conoscenze, sebbene empiriche, di carattere sismico, diventa più naturale e consequenziale considerare un ruolo, prevalente, differente dei *transtra*. Tali membrature, infatti, potrebbero riferirsi a catene di incavallature che ostacolano, attraverso la geometria del nodo tra le due aste concorrenti o con l'ausilio della muratura, lo scorrimento del puntone, la cui componente orizzontale raggiunge elevati valori in caso di falde ribassate, "amplificati", in tutti i casi, nell'eventualità di oscillazioni sismo-indotte.

¹⁴ Per come attestato dalle rappresentazioni di incavallature realizzate durante il Tardo Impero romano come per esempio la decorazione parietale conservata a San Pietro e risalente al X secolo che raffigura l'interno della Basilica costantiniana (330 d.C.). L'affresco evidenzia la carpenteria di copertura di luce circa 24 mt con unità strutturali disposte ad interesse particolarmente ridotto (Tampone 1996). 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. Secondo l'architetto originario dal 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 ferreamenti 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 mezzzeria mediante staffe e indentature di dimensione infima, manifestamente sottodimensionati nel contenere gli sforzi di trazione a cui è soggetta tale membratura. Il nodo catena-puntone presenta un tallone ridotto e l'apposizione di una staffa metallica. Le connessioni esterne si attuano per appoggio con l'ausilio di un chiodo metallico che irrigidisce il vincolo e ne contrasta lo sfilamento dall'alloggiamento. Completano il sistema strutturale del tetto gli arcarecci e i travetti disposti rispetto a quest'ultimi ortogonalmente e con il compito di portare il manto di copertura.

¹⁵ Analisi dendrocronologiche datano le membrature dell'incavallature, appartenenti alla specie legnosa *Abies Alba*, ai primi anni del I secolo d.C. (Kastenmeier et al., 2015).

Fig. 12
L'epigrafe (C. Quintus
C.f. Valgus, M. Porcius
M.f. duoviri decurionum
decreto theatrum
tectum faciundum
locarunt eidemque
probarunt) incisa
all'ingresso dell'Odeion
riporta i nomi dei
duoviri che finanziarono
la costruzione del teatro
e attesta la presenza
della copertura

tono una facile e chiara lettura della geometria delle membrature lignee e della loro organizzazione. Le incavallature rappresentate evidenziano nella loro composizione tutti gli elementi funzionali della capriata, se si escludono i contraffissi. Le membrature, squadrate e con evidenti smussi, presentano sezione approssimabile al rettangolo. Le incavallature, fortemente ribassate, sono supportate da pilastri lignei e portano una trave di colmo e due arcarecci alle estremità. Nessuna particolare indentatura è visibile relativamente al nodo tra catena e puntone che risulta perfettamente centrato sull'appoggio.

Il franco raffigurato, identico per entrambe le unità strutturali, sembrerebbe di dimensione adeguata alle sollecitazioni di scorrimento da contrastare. Peculiare è la presenza di una membratura verticale, che rimanda alla disposizione raffigurata sulla stele Villanoviana (VIII secolo a.C.) scoperta presso Bologna, posizionata nella regione mediana dell'incavallatura. Tale asta, continua oltre l'unità strutturale e poggia sul pavimento, sembrerebbe avere funzione principale di sostegno del *columen*¹⁶. Inoltre, mediante probabili chiodature realizza vincoli in corrispondenza della faccia della catena e dell'unione puntone-puntone. Una collaborazione che oltre a limitare la lunghezza libera d'inflessione quindi fenomeni di instabilità data anche l'evidente snellezza della membratura verticale denuncia la precisa volontà di realizzare una incavallatura poco deformabile.

Gli straordinari avanzamenti scientifici raggiunti nella copertura di ampi spazi mediante volte e cupole di varia geometria e apparecchio, rendono secondario, dal I secolo a.C., l'utilizzo di strutture di legno per i templi (Canina, 1840) ed in generale per edifici di tipo pubblico. Tuttavia, dovettero essere diversi a Pompei i fabbricati civili caratterizzati da ardite carpenterie lignee di copertura.

Una struttura di legno¹⁷, di luce 24 mt, tra le più elevate del suo tempo (Ulrich, 2007), fu realizzata a copertura dell'Odeion nell'80 a.C. per volere dei

¹⁶ Una tale disposizione suggerisce alcune considerazioni relativamente alla possibile etimologia di colonnello. Secondo Scamozzi "...Si chiama catena quella trave, che va a livello da mura a mura: nel mezzo della quale si pianta un pezzo di legno, che si dice colonnello: perché sta in piedi, come una colonna..." (Scamozzi 1615, Libro VIII, cap. XXII). La configurazione descritta con monaco caratterizzato dal ruolo fondamentale di supporto al Vitruviano *columen* ci porterebbe a far supporre una derivazione del termine proprio da tale funzione; secondo questa interpretazione solo successivamente il monaco diventa pienamente collaborante con la capriata, assumendo la funzione di portare le saette, appoggi intermedi per limitare l'inflessione del puntone.

¹⁷ Prova di una tale carpenteria è contenuta anche in Fiorelli (1875) che riporta "...nel sentiero del Ludo, ove furono trovate centinaia di tegole ed embrici, da servire al restauro della copertura (dell'Odeion) danneggiata dal terremoto..." pag. 353.





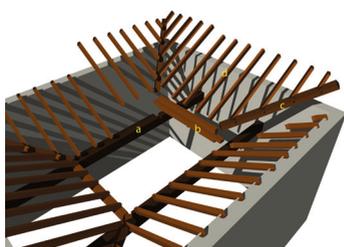
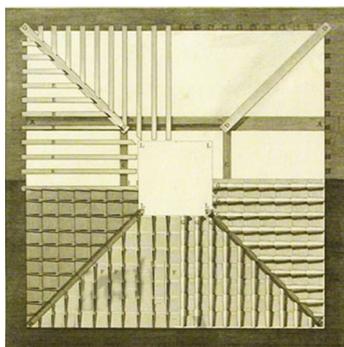
Fig. 13
Casa dei Vetti
(VI, 15, 1),
riproduzione
della carpenteria
di copertura
dell'atrio di tipo
Tuscanico

duoviri Caius Quinctius Valgus e Marcus Porcius, per come attestato da un'iscrizione (FIG 12). Purtroppo, non sono oggi evidenti tracce dell'organizzazione strutturale di un tale tetto, se si escludono alcuni archi discarico nella muratura, forse finalizzati a distribuire in aree più estese l'elevato carico concentrato proveniente dalla carpenteria di copertura. La struttura del tetto si può supporre essere costituita da incavallature composite, la cui catena è ottenuta da più pezzi composti¹⁸ tra loro da adeguate giunzioni, probabili strutture reticolari ante-litteram caratterizzate, data l'entità della luce, da elevata rigidezza oltre che resistenza. Secondo Mau (1899) la necessità di un copertura per il teatro piccolo di Pompei scaturì da motivazioni di tipo acustico. Simili ragioni ci fanno dedurre che, al fine di tenere "calda" la voce degli attori, la geometria della capriata dovette essere molto ribassata (Tampone 1996), la cui conseguenza è una rilevante componente orizzontale al piede del puntone con un significativo onere statico del nodo puntone-catena che dovette necessitare di particolari accorgimenti tecnici.

¹⁸ Benché Plinio riferisca che si utilizzavano non di rado nelle strutture lignee membrature di oltre 30 mt di lunghezza (NH 16, 201).

Fig. 14
L'organizzazione
della carpenteria
dell'atrio
Tuscanico
per come
rappresentata in
Mezois, F., 1812-
1838, *Les Ruines
de Pompéi,
dessinées et
mesurées par F.
Mazois, pendant
les années
MDCCCIX,
MDCCCX,
MDCCCXI*, Parigi

Fig. 13
Ipotesi
ricostruttiva
della carpenteria
di copertura
dell'atrio
Tuscanico.
a. *Trabes*;
b. *Interpensivae*;
c. *Colliciae*;
d. *Asseris*



Carpenteria dell'atrium

L'atrio rappresenta il *naturale centro di irradiazione* di tutta la *domus*, intorno a cui, in generale, si disponevano gli ambienti (Maiuri, 1958). La letteratura classica, in particolare Varrone, fornisce una definizione di atrio che distingue, basando sui caratteri geometrici ed architettonici del tetto e dell'ambiente coperto, in *Testudo* e *Tuscanum*. Vitruvio amplia tale classificazione, suddividendo le differenti forme praticate, in tuscanico, corinzio, tetrastilo, displuviato e testudinato (Maiuri, 1958; Pesando, Guidobaldi, 2006).

La copertura dell'atrio tuscanico, priva di appoggi intermedi per l'intera sua estensione, è particolarmente diffusa a Pompei e caratterizza, per esempio, la Casa dei Vetti (VI, 15, 1) (Fig. 13). La carpenteria è costituita da un'orditura principale, poggiante sui muri d'ambito, che porta a sua volta elementi lignei secondari, *interpensiva*, che, insieme alle travi principali, perimetrano il foro del *compluvium* del tetto.

La letteratura tra '800 e primi anni del XX secolo ci offre diverse letture di una tale configurazione strutturale, in particolare delle modalità di vincolo tra le due orditure. Mezois, nell'opera *Les ruines de Pompéi* scritto tra il 1824 e il 1838 non fornisce particolari tecnici per tale organizzazione rappresentando le due membrature ortogonali sullo stesso piano (Fig. 14); una simile raffigurazione è contenuta nei disegni a corredo del testo di Durm (1905). Altri riferimenti alla connessione tra trave e *interpensiva* si ritrovano in Mau (1899) che, nonostante non entri nel dettaglio, descrive l'orditura secondaria sovrapposta a quella principale mediante un semplice appoggio. Più interessato agli aspetti costruttivi risulta Choisy (1873) che evidenzia nei suoi disegni, una realistica interpretazione del vincolo costituito da un giunto a coda di rondine. Una geometria che comporta una maggiore rigidità rispetto ad una connessione a mezzo legno, alternativa possibile, utile nel contrastare l'eventuale sfilamento della membratura dalla sua sede, sebbene, in caso di terremoto, possano comunque insorgere meccanismi di tipo fragile con crisi sul tenone. L'incavo, e conseguentemente la riduzione di resistenza, per entrambe le tipologie di giunto, mortata e tenone o mezzo-legno, era realizzato lontano dalla mezzeria dove l'onere statico, almeno per sollecitazioni di flessione, è maggiore.

Al reticolo composto dalle due orditure di membrature si sovrapponevano negli angoli elementi di dimensione più ridotta, inclinati, che formavano le quattro falde convergenti verso l'interno. Tali aste, denominate da Vitruvio *colliciae*, risultavano sovrapposte a ciascun vincolo tra trave e *interpensiva*, il cui appoggio, verosimilmente, era irrigidito con l'ausilio di feramenti metallici. Un'orditura minuta, *asseris*, che portava direttamente il manto di copertura in tegole concludeva la carpenteria del tetto. Gli *asseris*, poggiavano in parte sulle *colliciae*, forse attraverso un giunto a mezzo legno, altre, le più lunghe, sul reticolo di membrature delimitanti il *compluvium*. Ne derivava, tra gli elementi dell'orditura minuta, la necessità, per quelli poggianti sulle travi principali, dell'interposizione di uno spessore, probabilmente ligneo, al fine di avere la falda su un identico piano (Fig. 15).

Gli atrii Tuscanici riscontrabili nella città vesuviana, sono caratterizzati da una configurazione geometrica che genera una significativa vulnerabilità sotto azioni di tipo sismico. Infatti, l'elevata altezza interpiano, fino a 7 per esempio relativamente alla Casa di Sallustio (VI, 2, 1-5), comporta la possibilità anche sotto accelerazioni moderate di perdita di equilibrio dovuta ad un incremento del momento ribaltante. Inoltre, possono scaturire interazioni con gli ambienti contigui caratterizzati dalla presenza di travi a quota inferiore rispetto al solaio dell'*atrium*. Una tale organizzazione, pertanto, in caso di azioni orizzontali cicliche, può generare fenomeni di martellamento ovvero urti ripetuti dell'orizzontamento degli ambienti perimetrali verso la muratura dell'atrio (Ruggieri 2016).

Altre tipologie di atrii attestati a Pompei sono il *tetrastilo* (Casa delle Nozze d'argento, V, 2, 1) e il *corinzio* (Casa di Epidio Rufo, IX, 1, 20). Nel primo caso il tetto, a spioventi inclinati verso l'interno, era sorretto da quattro colonne, mentre per l'atrio denominato *corinzio* il numero di appoggi su cui scaricava la copertura era maggiore. L'organizzazione della carpenteria del tetto, per entrambe le tipologie simile a quella dell'*atrium* Tuscanico, era composta, com'è desumibile dalla descrizione contenuta nel *De Architectura*, da travi principali che portavano membrature secondarie, localizzate negli angoli delle falde quindi un'orditura più minuta su cui poggiavano le tegole. Sebbene Vitruvio descriva l'atrio tetrastilo elogiandone la stabilità e la sicurezza, considerevole dovette esserne, tuttavia, la vulnerabilità in caso di azioni sismiche. Infatti, la membratura inclinata posizionata all'angolo di ciascuna falda genera una componente orizzontale alla sommità della colonna che ne facilita il ribaltamento in presenza di azioni di tipo dinamico.

Conclusioni

I fori di alloggiamento e alcune decorazioni parietali presenti a Pompei che raffigurano strutture di legno rappresentano testimonianze da cui dedurre lo stato dell'avanzamento scientifico durante il I secolo d.C. Tali elementi, comparati ai precetti contenuti nelle fonti latine, benché parzialmente applicati nelle costruzioni, forniscono preziose informazioni sull'organizzazione della carpenteria lignea dei solai interpiano e di copertura nell'ultima fase della città vesuviana.

La considerevole disponibilità di legno anche nelle aree immediatamente circostanti di Pompei comportava la possibilità per il *lignarius* e il *tignarius* di una selezione accurata del genere botanico e in qualche caso in modo empirico delle varietà in ragione dell'impiego e basata sulla durabilità del materiale, includendo anche le proprietà meccaniche. Tuttavia, sembra che il "dimensionamento", almeno per quanto riguarda i palchi, non contempli parametri come l'interasse tra le membrature, quest'ultimo sempre e comunque costante ed esiguo, configurazione che comporta una riduzione della deformabilità nel piano del solaio. Variabile invece è la sezione resistente che modifica la sua geometria in rapporto alle dimensioni e, soprattutto, alla funzione dell'ambiente da portare. Infatti, per le *taber-*

Tab. 1
 Caratteristiche
 dimensionali di
 carpenterie di copertura
 e di solaio interpiano.
 Dato derivato da
 Adam, J., P., 2001, L'arte
 di costruire presso i
 romani, Longanesi,
 Milano

nae ed in particolare per gli edifici pubblici, si rileva un'applicazione, seppur non regolare, con eccezioni, del criterio delle proporzioni come fondamento della progettazione, in cui all'ampliarsi della luce, aumenta la sezione resistente (Tab. 1). Una pratica che evidenzia pertanto la corretta identificazione dei fattori, carichi e distanza tra gli appoggi, che determinano la scelta della geometria della struttura, chiaro indizio di una teoria di "calcolo" condivisa e verificata per empirismo. Relativamente agli edifici residenziali, escludendo le grandi *domus* come per esempio quella del Fauno, sembra non si riscontri una particolare attenzione per la meccanica dell'edificio, relegando quindi tutto ad una corretta esecuzione e scelta dei materiali; una differenza probabilmente dovuta anche alla partecipazione nella realizzazione della carpenteria di maestranze meno qualificate. Per ambienti residenziali con luci di modesta entità la geometria della sezione resistente può approssimarsi al quadrato. I solai di costruzioni a destinazione pubblica e le botteghe sono caratterizzati in generale da sezione resistente rettangolare, indice di un avanzamento nella conoscenza del comportamento dei materiali.

Localizzazione	Funzione ambiente	Trave H/f (cm)	Trave Largh (cm)	Interasse (cm)	Luce (cm)	Profondità appoggio (cm)	Tipologia
I, VIII, 3	Residenza	f 16		22	300		Solaio interpiano
IX, I, 21	Taberna (piano inf)	20	15	30	270		Solaio interpiano
IX, I, 16	Taberna (piano inf)	25	17	45	550		Solaio interpiano
VI, VII, 5?	Taberna (piano inf)	f 12		25	440		Solaio interpiano
VI, XIV, 31	Stalla	18	13	25	660		Solaio interpiano
VI, XIV, 9	Residenza	25	10	23	390	circa 20 cm	Solaio interpiano
VI, XIV, 6	Taberna (piano inf)	20	12	25	420	circa 10 cm	Solaio interpiano
VI, VI, 23	Taberna (piano inf)	25	15	10:15	400	circa 15 cm	Solaio interpiano
VI, VIII, 4	Taberna (piano inf)	18	12	25	500	12 cm	Solaio interpiano
VI, VIII, 6	Taberna (piano inf)	20	12	25	540		Solaio interpiano
VI, XII, 6	residenza (fauno)	25	16	12	600	i fori attraversano l'intero spessore della muratura	Solaio interpiano
VII, IV, 49	Taberna (piano inf)	25	12	20	670	10 cm	Solaio interpiano
IX, VI, a	Fullonica	f 13		12	480	10 cm	Solaio interpiano
IX, VI, 5*	Residenza						copertura
IX, VI, 1*	Residenza	25	17	28			copertura
I, I, 10	entrata posteriore abitazione	15	15	18	400		Solaio interpiano
FORO lato edifici municipali	edificio pubblico	30	14	25	400	circa 10 cm	Solaio interpiano
FORO lato tempio di Apollo	edificio pubblico	28	15	25	400		Solaio interpiano
V, 4, a (casa di Frontone)	cubiculum	25	18	30	245	circa 15 cm	Solaio interpiano

Bibliografia

- Adam, J., P., 2001, *L'arte di costruire presso i romani*, Longanesi, Milano.
- 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.
- Canina, L., 1840, *L'architettura antica descritta e dimostrata coi monumenti*, Roma.
- Ceccotti, A., Follesa, M., Lauriola, M.P., 2007, *Le strutture di legno in zona sismica*, CLUT, Torino.
- Ciarallo, A., 1990, Località Sant'Abbondio. Antico bosco di cipressi, in RSP IV, pp. 213-215.
- Ciarallo, A., 2004, *Flora pompeiana*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Ciarallo, A., 2012, *Gli spazi verdi dell'antica Pompei*, Aracne Editore, Roma.
- Choisy, A., 1873, *L'art de bâtir chez les Romains*, Tipographie Lahure, Paris.
- Di Pasquale, G., Allevato, E., Cocchiararo, A., Moser, D., Pacciarelli, M., Saracino, A., 2014, *Late Holocene persistence of Abies alba in low-mid altitude deciduous forests of central and southern Italy: new perspectives from charcoal data*, *Journal of Vegetation Science*, DOI: 10.1111/jvs.12196, May 2014.
- Durm, J., 1905, *Die Baukunst der Etrusker und Römer*, A. Kröner, Stuttgart.
- Fioravanti, M., Caramiello, R., 1999, *Il legno e la sua lavorazione*, pp. 85-86, in Ciarallo, A., De Carolis, E., (a cura) *Homo Faber. Natura, scienza e tecnica nell'antica Pompei*, Electa, Milano.
- Fiorelli, G., 1875, *Descrizione di Pompei*, Tipografia Italiana, Napoli.
- Fontana, C., 1694, *Il tempio Vaticano e sua origine*, Stamparia di Gio: Francesco Buagni, Roma.
- Grimaldi, M., 2016, *Pictores. Mani d'Artista*, edizioni Valtrend, Napoli.
- Gros, P. (a cura di), 1997, *Vitruvio De Architectura*, Einaudi Editore, Torino.
- Kastenmeier, P., Camardo, D., Casieri, M. B., D'Andrea, A., Heussner, K.-U., Notomista, M., 2015, *Studio delle tracce di lavorazione, dendrocronologia e documentazione sui legni del tetto della Casa del Rilievo di Telefo ad Ercolano*, *Bollettino dell'Istituto Archeologico Germanico, Sezione Romana*, 121, pp. 269-310.
- Maiuri, A., 1949, *POMPEI*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Maiuri, A., 1958, *Pompei ed Ercolano: fra case e abitanti*, Napoli.
- Mau, A., 1899, *Pompeii its life and art*, the Macmillan Company, New York.
- Peters, W. J. T., 1977, *La composizione delle pareti dipinte nella Casa dei Vetti a Pompei*, *MedeRom*, 39, pp. 95-128.
- Pesando, F., Bussagli, M., Mori, G., 2003, *Pompei: la pittura*, Edizioni Giunti, Roma.
- Pesando, F., Guidobaldi, M.P., 2006, *Gli ozi di Ercole: residenze di lusso a Pompei ed Ercolano*, l'Erma di Bretschneider, Roma.
- Ruggieri, N., 2011, *Il legno nel '700, aspetti meccanici e d'anatomia*, in *Bollettino degli Ingegneri*, n.6, Firenze, pp. 3-16.
- Ruggieri, N., Maio, A., Nuzzo, M., 2016, *Il progetto di conservazione dei legni rinvenuti a Moregine (Pompei)*, pp. 114-117, in *Rivista di Studi Pompeiani*, ISSN 1120-3579, n. XXVI-XXVII (2015-2016), L'ERMA di BRETSCHNEIDER, Roma.
- Ruggieri, N., 2016, *Seismic Vulnerability of the Ancient Pompeii Through the Evaluation of the 62 A.D. Earthquake Effects*, in *International Journal of Architectural Heritage*, (2016) DOI: 10.1080/15583058.2016.1263690
- Ruggieri, N., 2017, *Seismic Protection in Pompeii during the Age of Nero and Vespasian*, *Journal of Architectural Engineering*, Vol. 23, Issue 4 (December 2017) DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000273.
- Ruggiero, M., 1888, *Degli scavi di antichità e delle province di terraferma dell'antico regno di Napoli dal 1743 al 1876*, Napoli.
- Scamozzi, V., 1615, *Idea dell'architettura universale*, Venezia.
- Sigurdsson, H., Cashdollar, S., Sparks S. R. J., 1982, *The Eruption of Vesuvius in A. D. 79: Reconstruction from Historical and Volcanological*, *American Journal of Archaeology*, Vol. 86, No. 1 (Jan., 1982), pp. 39-51.
- Stefani, G., Sodo, A. M., Fergola L., 2002, *Uomo e ambiente nel territorio vesuviano. Guida all'antiquarium di Boscoreale*, Flavius Editore.
- Tampone, G., 1996, *Il restauro delle strutture di legno*, Hoepli, Milano.
- Tampone, G., 2011, *L'architettura dell'Ipogeo dei Volurni*, in "L'Ipogeo dei Volurni. 170 anni dalla scoperta", L. Cencioli sc. ed., F. Fabbri Editore, Perugia.
- Ulrich, R., B., 2007, *Roman Woodworking*, Yale University Press.
- Varrone, M., T., I secolo a.C., *De lingua latina*.