

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

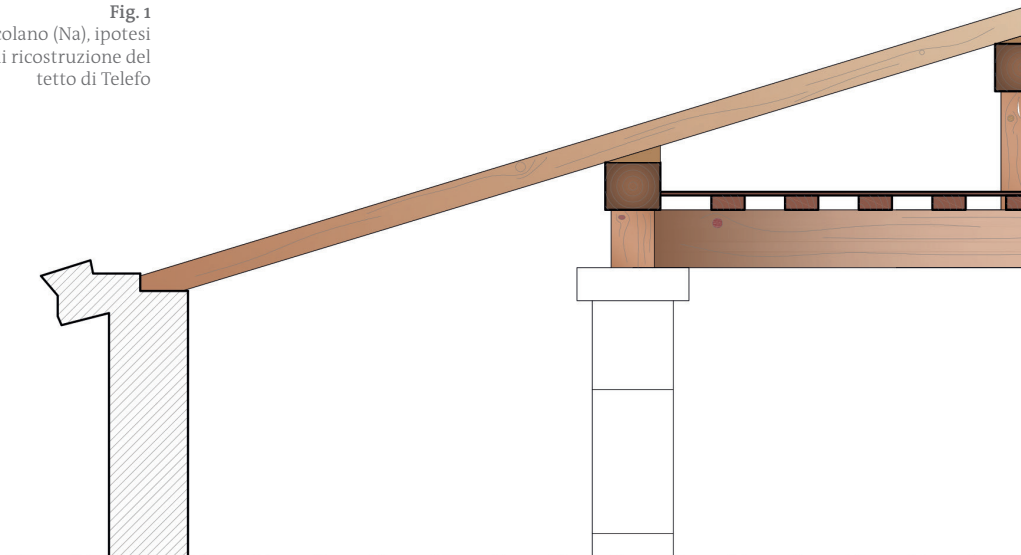
Il processo di ideazione della incavallatura¹ è un tema quanto mai controverso, su cui difficile risulta pronunciarsi, essendo gli elementi di carattere storico poco espliciti in proposito. Probabilmente l'architettura greca e magno-greca non conoscevano un tale sistema, generalmente gli ambienti erano 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

¹ Nel 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.

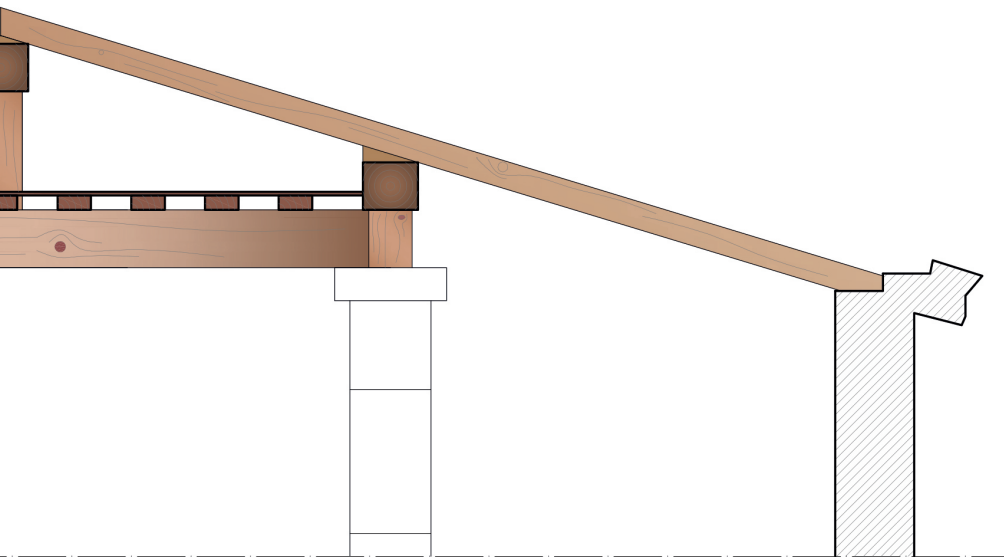
⁶ Infatti, frequentemente il piede del falso puntone non è concorrente con la membratura trasversale come per esempio nel Tempio della Concordia ad Agrigento, dove l’incavo per ricevere l’asta inclinata è realizzato ad una quota superiore a quelli deputati all’alloggiamento dell’elemento orizzontale (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
Tuscania (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 magdaleniani 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.

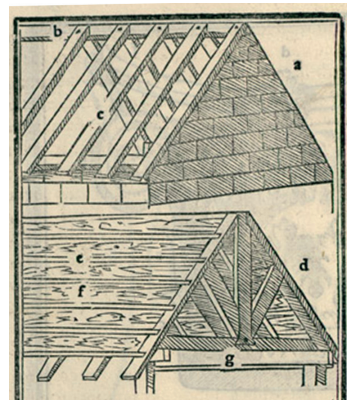
²¹ Tale membratura forma con l'asta contigua una "V", interpretabile come un vincolo utile a ridurre la luce della copertura nella parte centrale.

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 "... narium 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



0 8 4



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 squadrate ad elementi caratterizzati ancora dalla presenza di cortecchia 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".

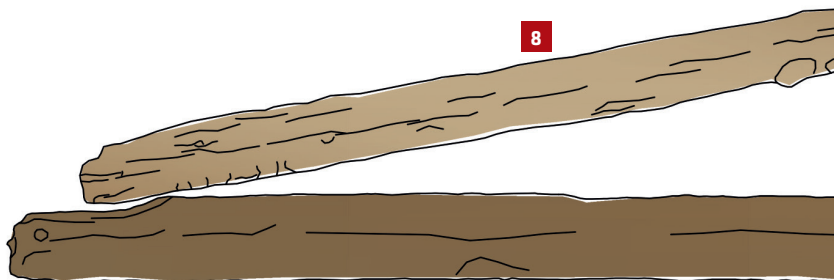
⁴³Si ottiene così un manufatto di dimensioni maggiori con evidente economia in quanto è possibile anche utilizzare alberi di scarso fusto.

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.

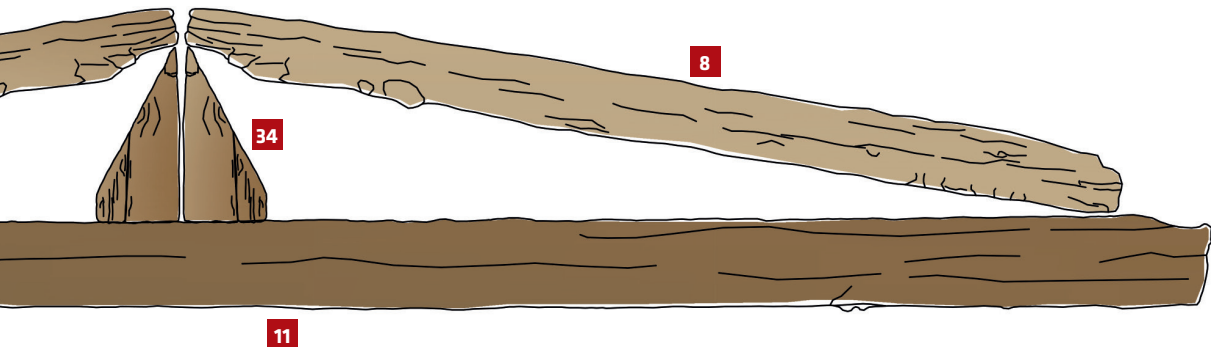
⁴⁸ "... I travi pur di bronzo maestrevolmente fatti ciascheduno con tre grosse tavole da chiodi pur di bronzo connesse, si son veduti a nostro tempo, finche Urbano VIII, l'anno 1627, le levò, per farne all'altar maggiore della Chiesa di S. Pietro colonne, ed à Castel S. Angelo artiglierie, ponendovi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

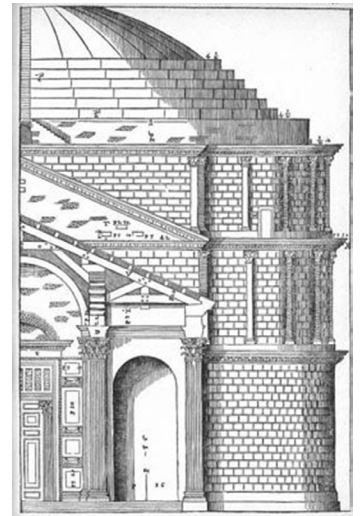


Fig. 15

La carpenteria del pronao del Pantheon (Palladio, 1570, I Quattro Libri dell'Architettura, Domenico dè 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.

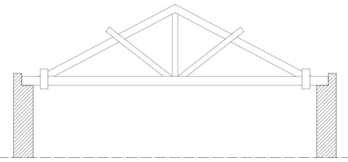
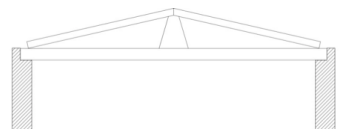
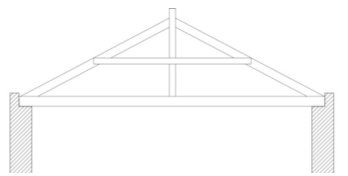
Giovannoni G., 1925, *La tecnica delle costruzioni presso i Romani*, Bardi, Roma.

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.