



**3^ο Διεθνές Συνέδριο
Αρχαίας Ελληνικής
και Βυζαντινής Τεχνολογίας**

19-21 Νοεμβρίου 2024
ΜΕΓΑΡΟΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΑΘΗΝΩΝ

**3rd International Conference
Ancient Greek
and Byzantine Technology**

19-21 November 2024
MEGARON THE ATHENS CONCERT HALL

ΟΡΓΑΝΩΣΗ



ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ
ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΒΥΖΑΝΤΙΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Το Διοικητικό Συμβούλιο της Εταιρείας Διερεύνησης της Αρχαιοελληνικής και Βυζαντινής Τεχνολογίας (ΕΔΑΒΥΤ) ανέλαβε την ανάρτηση στην ιστοσελίδα της (www.edabyt.gr), σε ψηφιακή μορφή, των εργασιών του 3^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Αρχαιοελληνικής και Βυζαντινής Τεχνολογίας (Αθήνα 19-21 Νοεμβρίου 2024).

Οι εργασίες είχαν γίνει αντικείμενο κρίσεων και σχολιασμού από την Επιστημονική Επιτροπή. Επιπλέον, έγιναν κι άλλες παρατηρήσεις και σχόλια κατά την συζήτηση που ακολούθησε μετά την προφορική τους παρουσίαση στο Συνέδριο.

Οι εργασίες αναρτώνται όπως κατατέθηκαν από τους συγγραφείς μετά την ολοκλήρωση του Συνεδρίου. Οι συγγραφείς φέρουν την ευθύνη του περιεχομένου της εργασίας τους, τόσο ως προς τις απόψεις τους όσο και ως προς την ακρίβεια και την ορθότητα των στοιχείων που παραθέτουν.

The Board of Directors of the Association for Research on Ancient Greek and Byzantine Technology (EDABYΤ) undertook the posting on its website (www.edabyt.gr) of the papers presented at the 3rd International Conference on Ancient Greek and Byzantine Technology (Athens, November 19-21, 2024).

The papers had been subject to reviews and comments by the Scientific Committee. Additionally, further observations and comments were made during the discussion that followed their oral presentation at the Conference.

The papers are posted as submitted by the authors after the conclusion of the Conference. The authors are responsible for the content of their work, both in terms of their views and the accuracy and correctness of the data they present.



LA TEGOLA DI DELFI

Manufatto per la protezione dalle acque meteoriche o elemento strutturale autoportante per la realizzazione di una copertura voltata

Attilio Pizzigoni¹

¹ Architect, former Professor at the University of Bergamo, Italy.

e-mail: attilio.pizzigoni@gmail.com

Abstract. Si propone un'ipotesi per la ricostruzione della copertura della Tholos di Atena Pronaia al terrazzamento di Marmarià attraverso lo studio dei frammenti di 'tegole' conservati al Museo di Delfi.

Viene elaborato un modello della tegola originale attraverso prototipi in gesso disegni tridimensionali e stampati in 3d-PLA. La modellazione, desunta dalla geometria dei rilievi e in aderenza alle caratteristiche dei ritrovamenti archeologici, ha messo in evidenza l'inusuale configurazione del reperto che viene classificato come tegola anche se presenta una tale complessità geometrica e strutturale che appare limitativo pensarne la funzionalità solo in riferimento alla protezione dalle acque meteoriche. L'analisi ne evidenzia le caratteristiche di un sistema strutturale composto da tegole interconnesse con appoggi di autosostegno: elementi modulari autoportanti di un sistema strutturale reciproco per realizzare una copertura a volta senza sottostrutture portanti in legno.

L'indagine mette in evidenza come nella cultura tecnologica greca del V e IV secolo a.C. fosse presente la consapevolezza sulla resistenza strutturale derivante dalla sola geometria delle forme e dall'equilibrio delle masse.

Si introduce così una continuità con quella tradizione costruttiva che dall'ellenismo passa nel mondo bizantino e arabo, poi in quello gotico nordeuropeo, formalizzato nei trattati di stereotomia sei-settecentesca fino ad ispirare oggi le tecnologie più avanzate.

PAROLE CHIAVE/KEY WORDS: Tholos Delfi, Tegola, Stereotomia, Volte a Conci, Tassellazione, anastilosi digitale, Digital Historical reconstruction.

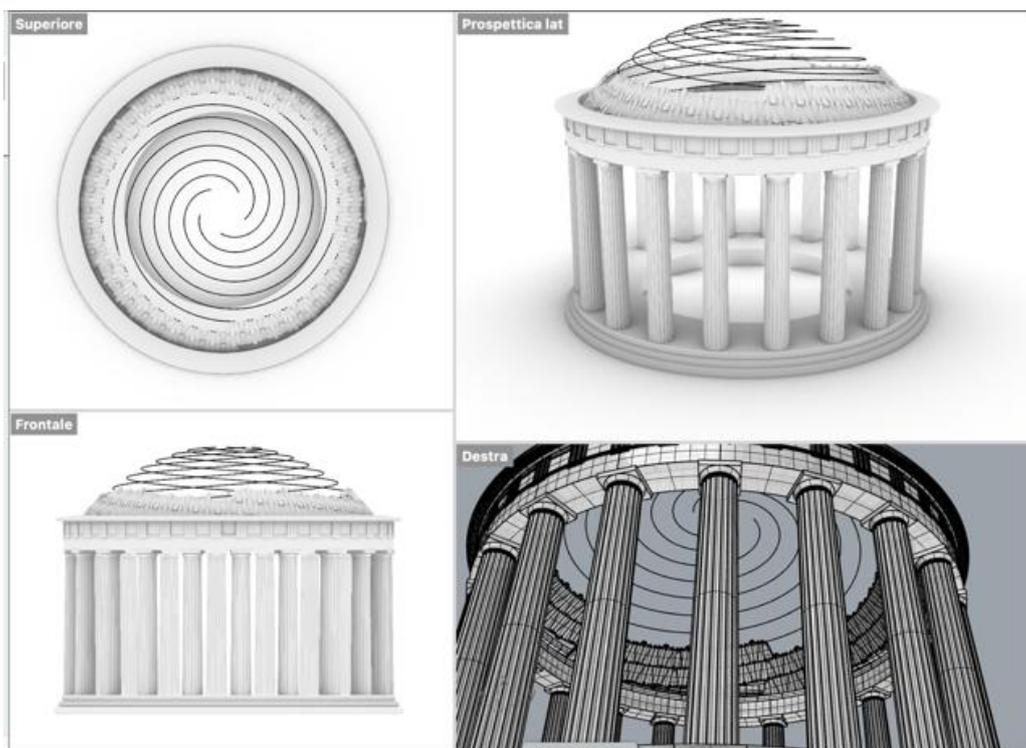
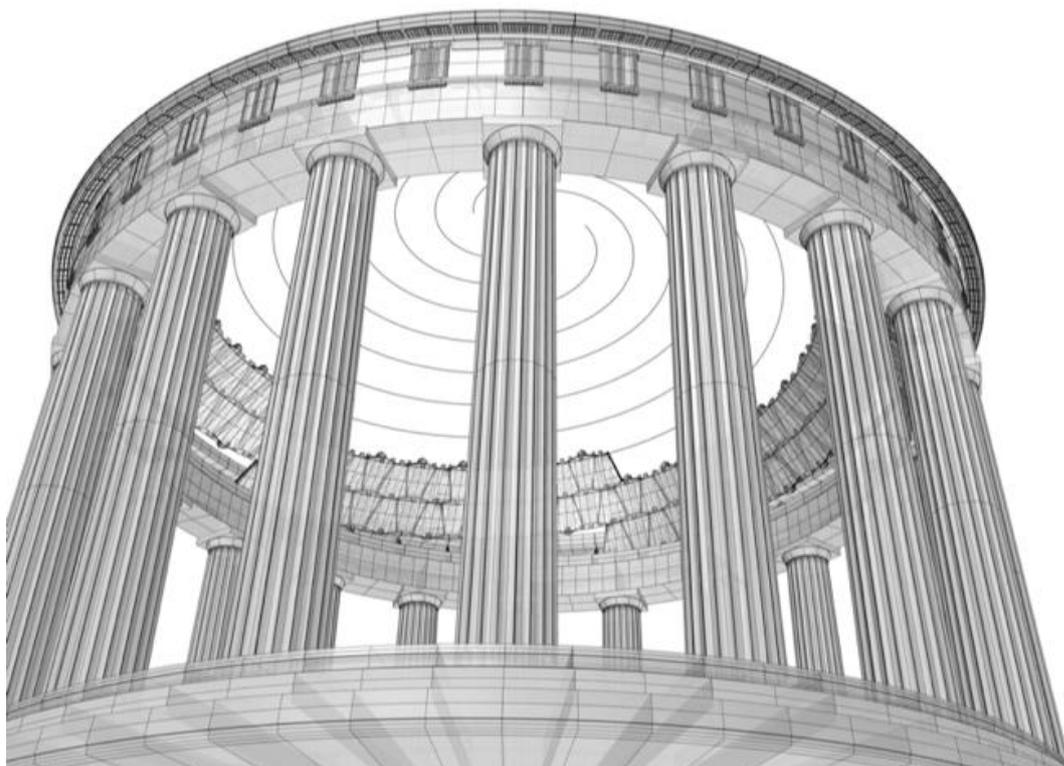


Figura 1. L'utilizzo del reperto della Tegola per la ricostruzione della volta di copertura della Tholos di Atena Pronaia.



Figure 2. 3. La tegola della Tholos: veduta di punta e di retro del reperto n. 5423 nei depositi del Museo Archeologico di Delfi. (foto AP)

1 UNA QUESTIONE STORICA IRRISOLTA

Da quasi un secolo gli archeologi studiano questo reperto della Tholos di Athena Pronaia a Delfi, conservato nei depositi del Museo archeologico e catalogato come Tegola: Tile al n. 5423, rilevato da K.Tousloukof e pubblicato da George Roux nel 1952. [43].

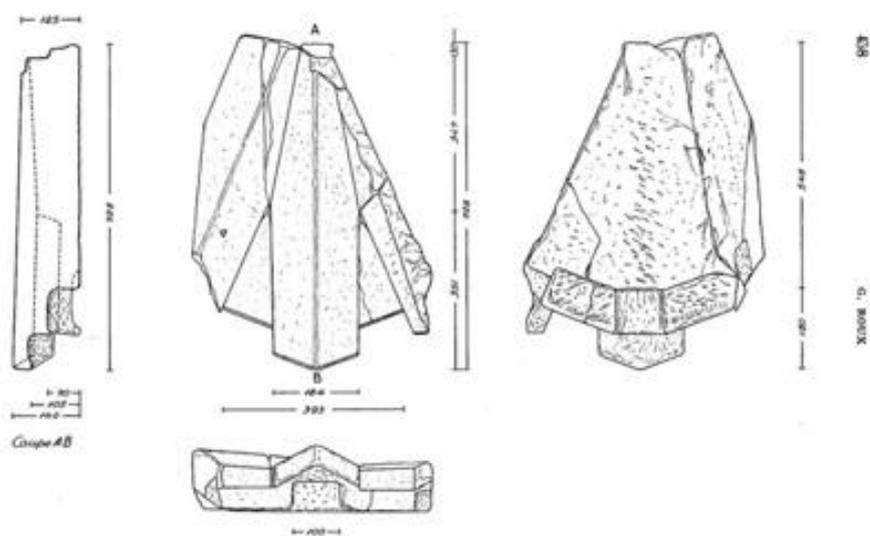


Fig. 15. — Telle à triple couvre-joint, type 1 (inv. 5423). Dessin de K. Tousloukoff.

Figura 4. K.Tousloukof, Rilevo della Tegola, 1952.



Figura 5. Esposizione della tegola in un allestimento storico al Museo di Delfi (foto di archivio).

La forma e la modalità dell'utilizzo costruttivo di questa tegola restano ancora un mistero, e c'è molta incertezza anche per gli archeologi attorno ai dati biografici del suo ideatore: l'architetto Teodoro il Foceo citato con enfasi dallo stesso Vitruvio. Di lui sappiamo solo il nome: Vitruvio infatti, descrivendo la magnificenza delle simmetrie della "Tholos qui est in Delphi", nomina *Theodorus Foceus* assieme ai maggiori architetti della classicità ellenica, e ricorda la sua opera tra le più significative della Grecia, sullo stesso piano del Partenone di Iktino, del Mausoleo di Alicarnasso, del tempio di Afrodite di Hermogenes e di pochi altri monumenti la cui fama è giunta intatta fino a noi.¹ [46]

La testimonianza di Vitruvio è importante perché inserisce la menzione di *Theodoros* e della tholos di Delfi in un contesto che elenca i nomi di architetti che avevano lasciato scritti (o relazioni) su monumenti greci in rapporto alle loro costruzioni. Forse la citazione di Vitruvio è mediata proprio dalle memorie di *Hermogenes* di Alabanda in Asia Minore (vissuto nel II° secolo) ed è fondamentale anche perché dimostra che questa tholos, la cui data di costruzione è attestata dalla maggior parte degli archeologi tra gli anni '70 e '80 del IV secolo a.C., era ancora integra certamente ai tempi di Hermogene e ancora alla fine del I secolo a.C., tanto da poter essere citata da Vitruvio come esempio di eccezionali caratteristiche architettoniche.²

2 LA TEGOLA DI MARMO

Realizzato in marmo Pentelico il reperto conservato nei depositi del Museo di Delfi appare troppo grande, sia per il peso come per lo spessore, perché lo si possa considerare una semplice tegola. La preziosità del materiale³ e la forma geometrica delle due ali simmetriche rispetto al corpo assiale, la rendono un elemento architettonico non secondario dell'intero apparato, con una forza iconica e immagine plastica che giustamente viene enfatizzata espositivamente in alcuni storici allestimenti del Museo delfico. Nella figura 5 ne ammiriamo la coerenza di immagine con l'ordine dorico di cui questa tegola appare un fondamentale partito decorativo, sullo stesso piano dei triglifi e delle architravi. Ma, al di là dell'evidenza

¹ Vedi: VITRUVIO, 7. Introduzione 12: "Postea Silenus de symmetriis doricorum edidit volumen; de aede ionica Iunonis quae est Sami Rhoecus et Theodorus; ionice Ephesi quae est Dianae, Chersiphron et Metagenes; de fano Minervae, quod est Prienae ionicum, Pytheos; item de aede Minervae, dorice quae est Athenis in arce, Ictinos et Carpion; Theodorus Phocaeus de tholo, qui est Delphis; Philo de aedium sacrarum symmetriis et de armamentario, quod fuerat Piraei portu; Hermogenes de aede Dianae, ionice quae est Magnesia pseudodipteros, et Liberi Patris Teo monopteros; item Arcesius de symmetriis corinthiis et ionico Trallibus Aesculapio, quod etiam ipse sua manu dicitur fecisse; de Mausoleo Satyrus et Pytheos". Roux.

² La constatazione appare in contraddizione con quanti sosterranno che la tholos fosse già crollata nel citato terremoto del 373 a.C. cioè quasi quattro secoli prima del tempo in cui Vitruvio ne scrive presentandola come un'architettura esemplare.

³ La copertura di questa tholos doveva essere molto appariscente soprattutto alla vista dall'alto e per la frontalità con la collocazione orografica del sovrastante Santuario di Apollo. In questo senso l'importanza data alle tegole di copertura in marmo pentelico appare ancor più significativa se consideriamo che tale marmo veniva usato soltanto per le parti più preziose come quelle di facciata dei monumenti, le colonne, i capitelli, le architravi e i fregi. Altre parti considerate meno preziose e destinate ad essere dipinte, come i geison e le cimase, venivano invece realizzate con una pietra calcarea meno preziosa, magari di cave locali e più vicine al cantiere, come appunto sembrerebbe essere anche il caso della tholos delfica.

formale, è la complessità geometrica, le dimensioni e lo spessore di tale tegola che suggeriscono le ipotesi interpretative sulla sua funzione costruttiva e sulla sua centralità nella concezione architettonica del tempio.

Analisi statiche hanno fatto emergere la criticità costruttiva di una copertura in pietra realizzata con elementi di queste dimensioni quando li si immagini sostenuti da una struttura portante in legno⁴. [62].

Tale criticità ha dato avvio alla ricerca, peraltro ancora in corso, che parte dal presupposto che tali tegole siano elementi autoportanti cioè capaci di sostenersi reciprocamente senza necessità di una sottostruttura portante in legno. Si tratta di considerare tali tegole come elementi strutturali, come una sorta di conci, di ashler / vessoires, capaci di aggregarsi strutturalmente per costruire una superficie unica voltata, all'interno liscia e intonacabile per accogliere decorazioni ad affresco ed adatta all'estradosso come protezione dalle acque meteoriche.

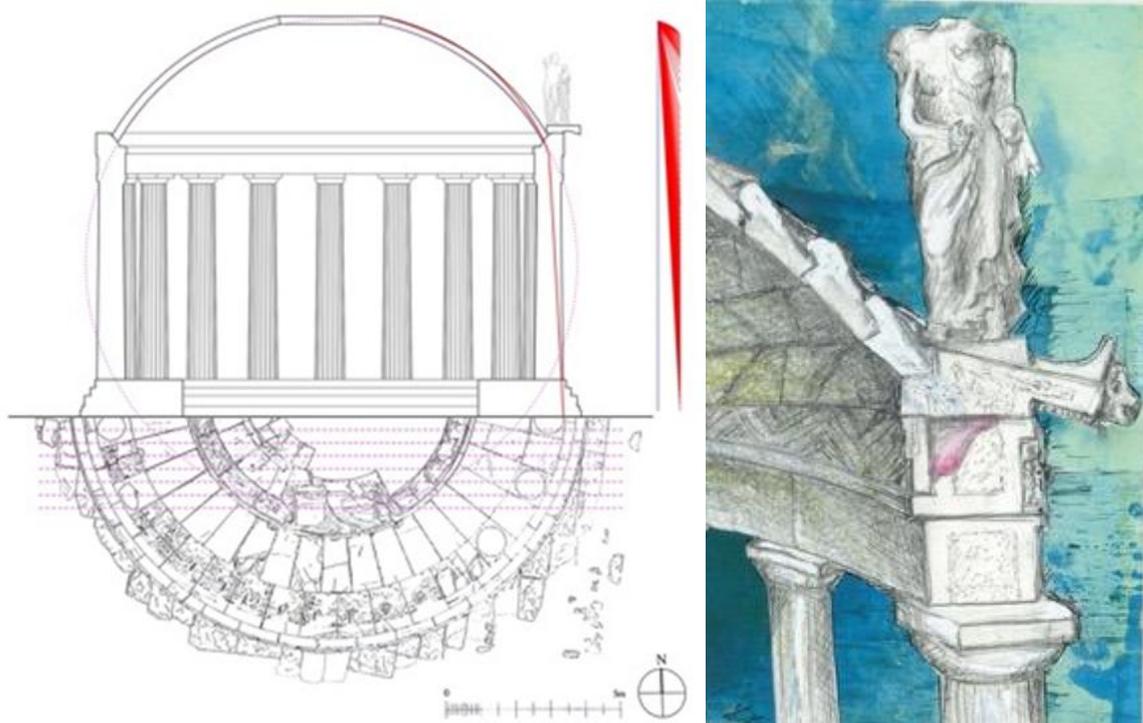


Figura 6. Valutazione statico grafica della Cupola della Tholos di Athena Pronaia. La linea di spinta, evidenziata in rosso, giace interamente all'interno della muratura composta da tegole di spessore uguale al reperto in studio. Per il teorema statico e in accordo con quanto descritto da Heyman [20] la struttura risulta essere in equilibrio. A destra, in rosso, è riportato il relativo poligono delle forze. Il ruolo strutturale degli acroteri è osservabile sia nel salto di continuità nel poligono delle forze, sia nella drastica variazione della linea di spinta che viene ricondotta al piede proprio dal peso degli acroteri. I sette strati di fondazione sono indicati nelle linee rosse tratteggiate. (Attilio Pizzigoni con Vittorio Paris)

In un precedente articolo di chi scrive [58], al quale si rimanda, si espongono i termini di una analisi strutturale condotta sui principi della grafica statica che documenta l'equilibrio della struttura realizzata con tali tegole/concio (ashler/tile) che, grazie alla geometria dei

⁴ Vedi a questo proposito l'articolo scritto dall'autore [62]

carichi e delle masse in gioco, risulta idonea a portare a terra le sollecitazioni entro il perimetro delle 20 colonne portanti. Nelle condizioni di equilibrio illustrate in quell' articolo vengono considerati infatti anche i carichi dei geison, metope, cimase, acroteri ecc. che gravano sulla trabeazione all'imposta della struttura voltata. Anche all'asportazione di tali parti considerate decorative verrebbe infatti fatto risalire il collasso del monumento proprio per il venir meno dei pesi di contrasto alle componenti orizzontali delle sollecitazioni sul perimetro della volta.

Mettiamo da parte per il momento l'approfondimento di tali considerazioni, poiché il tema che in questa sede si vuole illustrare riguarda la forma della tegola e la definizione della sua geometria tridimensionale allo stato originario, che ne dimostrino le specifiche caratteristiche di concio strutturale o, per usare un neologismo, di tegola/concio. Possiamo dire che la tesi di questo articolo sia quella di ricostruire una anastilosi virtuale della tegola di Delfi ricostruendo la sua integrità perduta: integrità formale e strutturale.

3 IL PROCEDIMENTO RICOSTRUTTIVO

Nel ricostruire le parti mancanti del reperto in studio si è cercato di escludere ogni interpretazione che non trovasse le sue ragioni nella forma stessa del ritrovamento. Una corretta anastilosi della tegola richiederebbe infatti una conoscenza esatta del pezzo originario, mentre le ipotesi fatte in letteratura su questa tegola introducono sempre l'interpretazione di parti non esistenti [26]. Talvolta si tratta di tegole piane ad *embrice* di cui non si ha certezza ma che servono di raccordo tra le tegole in studio che vengono considerate elementi di colmo tra falde piane o nervature di archi rampanti (*ribs*); altre volte ancora viene inserita la compresenza di tegole simili ma a due sole braccia o di diversa scala per adattare gli elementi alla superficie di falda.

Dato per scontato e vincolante il principio di evitare ogni interpretazione ci si è basati essenzialmente sul reperto di dimensioni maggiori evitando di considerare le ambiguità dei pezzi minori, spesso troppo piccoli, o costituiti da frammenti della cimasa (*sima*) o dei gocciolatoi o della stessa tegola. Per ricostruire un originale più verosimile possibile, la ricerca ha indagato in una duplice direzione: verificarne la funzionalità di protezione dalle acque meteoriche, e leggerne contemporaneamente la modularità compositiva in un sistema strutturale formato dall'aggregazione dei conci/tegole assunti come tasselli di una copertura voltata autoportante.

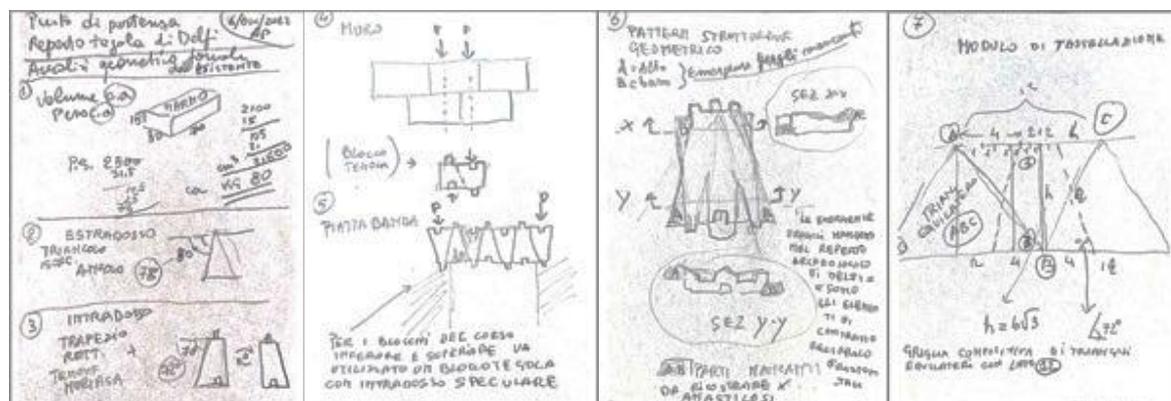


Figura 7. Taccuino di appunti dell'autore con le valutazioni iniziali di studio e di impostazione della ricerca, 4.12.2022.

4 Osservazione del reperto per una Anastilosi virtuale

Sulla base di quanto espresso sopra la messa a punto del modello tridimensionale ha focalizzato la sua osservazione sui seguenti punti:

- Le superfici di contrasto perfettamente rilevabili sul lato anteriore e posteriore del reperto indicano una forma adatta ad assorbire sollecitazioni di compressione reciproca tra corpi di analoga massa e spessore.
- L'incavo della mortasa posteriore implica l'innesto di un tenone contrapposto anteriormente di dimensioni compatibili, e nel contempo rivela la presenza e la direzione della principale linea di sforzo (*stress line*) cui viene sottoposto l'elemento stesso.
- Gli sbalzi laterali delle ali sui lati, riconoscibili anche in diversi frammenti minori, sono adatti a bloccare oscillazioni e cinatismi di rotazione dell'elemento attorno all'asse tenone-mortasa:
- La doppia falda delle ali laterali, simile a quella del corpo interno, e che si completa con la aggregazione dell'elemento adiacente costruendo la continuità dei corpi inclinati a due falde, convoglia lo scorrimento delle acque piovane sui lati del corpo di colmo centrale.
- Quando l'elemento viene ruotato di 180° e congiunto lateralmente al corpo adiacente per attuare la continuità compositiva e l'equilibrio reciproco, le ali a doppia falda – un'immagine innaturale – favoriscono invece il convogliamento dell'acqua lungo le linee di massima pendenza⁵.
- Lo spessore dell'elemento, di circa 15/18 centimetri, rende ragione delle caratteristiche strutturali della tegola.

Con queste attenzioni e considerando che il reperto non presenta tutti i bordi integri, e in mancanza di riferimenti certi, i necessari completamenti, sempre nei limiti della conformità al reperto principale, hanno seguito due principi guida:

1. aggiungere le parti mancanti con riferimento alla perdita simmetria del reperto.
2. aggiungere le parti mancanti per conformare il bordo di contatto al bordo adiacente.

Nella connessione tra elementi adiacenti viene valutata la trasmissione delle forze di compressione oltre a quelle meccaniche di aggancio reciproco.

Così la superficie levigata della parte posteriore trova il proprio contrasto sul fronte della parte anteriore: il tenone (maschio) e la mortasa (femmina) sui lati anteriori e posteriore si modellano vicendevolmente; la sagomatura di aggancio con dente negativo ad incastro ben conservata sulla parte posteriore viene fatta corrispondere a un dente positivo sulla parte anteriore.

Sono queste le verifiche e gli accorgimenti ai quali ci si è attenuti per definire la forma del modello finale.

⁵ In questa connessione di elementi-tegola modulari tutti identici e posati in linee alternate e contrapposte, si forma tra le ali delle tegole un piccolo triangolo ribassato. Su di esso si possono avanzare diverse ipotesi, tutte che peraltro presentano possibili riscontri funzionali interessanti che la progettazione non poteva non tenere in conto: la presenza di una piccola coppella in terracotta probabilmente colorata, la sigillatura in piombo non a vista, l'alloggiamento di statuette o acroteri come se ne vedono affollare i tetti di molti templi anche sulle monete antiche (Mausoleo di Alicarnasso).

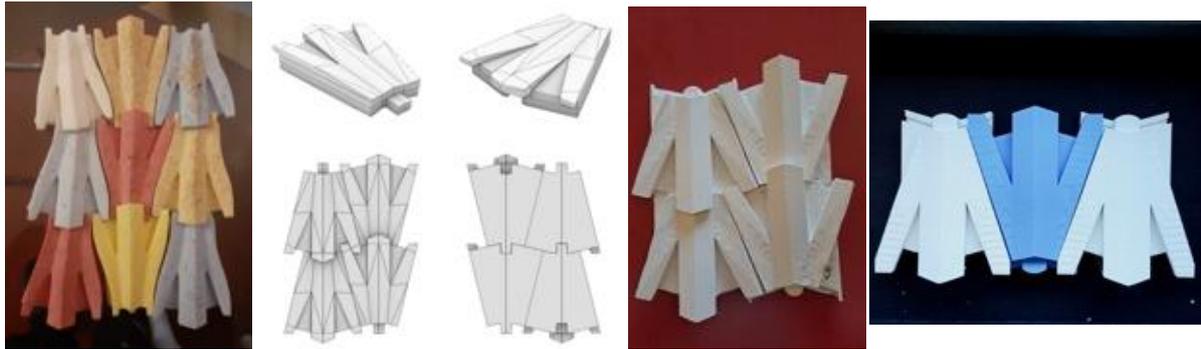


Figura 8. Evoluzione dei modelli in studio.

5 Il sistema strutturale

Il risultato che qui si pone all'attenzione degli studiosi archeologi è frutto di ripetute prove e osservazioni condotte su modelli tridimensionali, sia fisici che digitali. Per tenere in conto i problemi geometrici legati alla tassellazione di una superficie sferica, va verificata la congruità dell'elemento tassello in una maglia spaziale di triangoli equilateri accostati tra loro. La procedura di tale tassellazione è stata anch'essa esposta nel citato articolo [48].

La modellazione tridimensionale della *tegola/concio/tassello* dimostra la propria compatibilità con quella di una tassellazione per triangoli equilateri di una calotta sferica. In questo senso possiamo ritrovare la maglia generativa dei triangoli nelle forme trapezoidali delle tegole allineate e alternativamente capovolte. Così disposte in una sorta di piattabanda, le tegole si compongono nella continuità di 5 spirali (o eliche) adiacenti che si avvolgono senza soluzione di continuità coprendo l'intera copertura della tholos.

Tale conformazione geometrica trova la sua regola nella maglia/*layout* icosaedrica sulla quale si compone l'intera progettazione della tholos. Le spirali scaricano infatti a terra il peso della copertura attraverso il ritmo delle venti colonne perimetrali e in particolare da quelle cinque (una ogni quattro) da cui parte ciascuna spirale.

Potrebbe non sembrare una casualità il fatto che ogni spirale risulti in tal modo composta di 71 pezzi (tegole/conci/tasselli) identici per un totale di 365 tegole.

Inoltre tutte le tegole sono interconnesse tra loro da 6 piani che realizzano i contrasti necessari a un equilibrio fondato sulla reciprocità degli appoggi. Tali contatti, a due a due, bloccano i cinematicismi legati alle oscillazioni della singola tegola lungo le tre direzioni dello spazio (davanti/dietro, ala sinistra/dente destro, ala destra/dente sinistro) [61].

Si è già detto negli articoli citati da cosa risulta il fatto che tutto l'intero sistema costruttivo della tholos e in particolare la calotta sferica di copertura debba essere iscritto in un layout che rispecchia la geometria dell'icosaedro regolare.

In particolare la calotta sferica della copertura si imposta sulla sommità della trabeazione ed è sottesa dalle cinque facce triangolari (6 vertici superiori) dell'icosaedro regolare iscritto in una sfera col diametro di 50 piedi attici [58].

6 La Copertura Pentagonale

Esiste una corrispondenza tra lo schema pentagonale della copertura e la geometria dell'icosaedrico che sottende l'intera tholos che qui, sempre per brevità, non riprendiamo, rimandando al citato articolo [4].

Tale schema pentagonale qui ipotizzato sembrerebbe contrastare con le ipotesi più ricorrenti avanzate in sede archeologica sulla possibile copertura della tholos. Tra le ipotesi

alcune descrivono infatti il tetto della tholos di Athena Pronaia a falde piane su base ottagonale, non rilevando però che tali configurazioni presenterebbero problemi nel raccordo delle falde con la circonferenza di imposta sulla trabeazione.

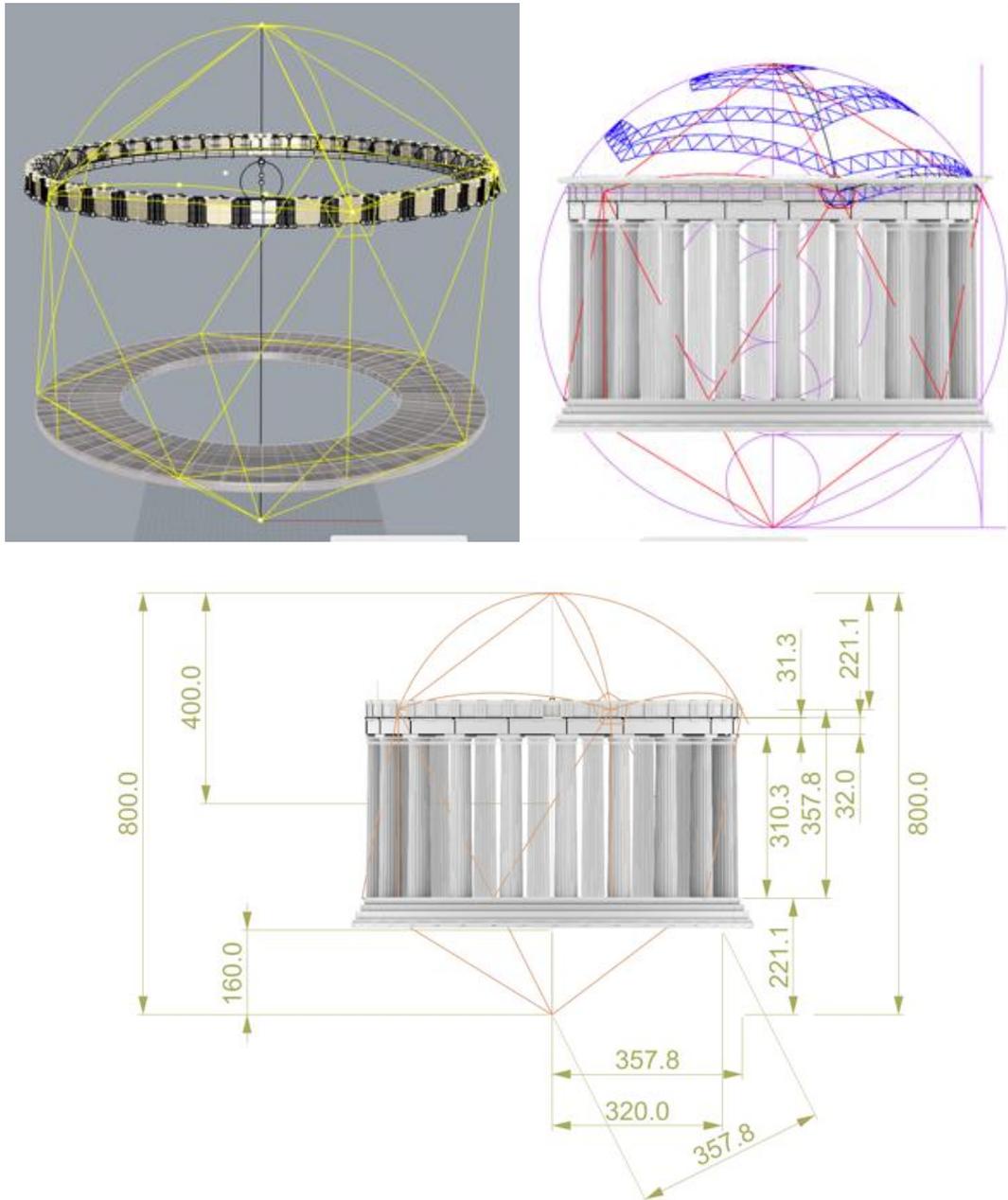


Figura 9. **a)** ipotesi della struttura icosaedrica generatrice del progetto. I dodici vertici dell'icosaedro sono posti 5 sullo Stilobate, 5 sul Fregio, uno al centro delle fondazioni e l'ultimo, anche per simmetria, al vertice della cupola. **b)** La tholos iscritta in una sfera dal diametro di 800 piedi con l'inserimento di una delle 5 spirali di tassellatura triangolare della volta sferica. **c)** le misure della tholos (in dattili) che mostrano la corrispondenza tra i rilievi confermati in archeologia [3, 31] e le misure dell'icosaedro regolare iscritto in una sfera del diametro di 800 dattili, pari a 50 piedi: 1 piede attico (cm. 30.56) = 16 dattili; 1 dattilo = cm. 1,91. [58] e per la soluzione elaborata [61].

La configurazione ottagonale appare improbabile osservando le linee di sforzo dei carichi che devono essere portati a terra attraverso le colonne. Tali sforzi generano incoerenze nei

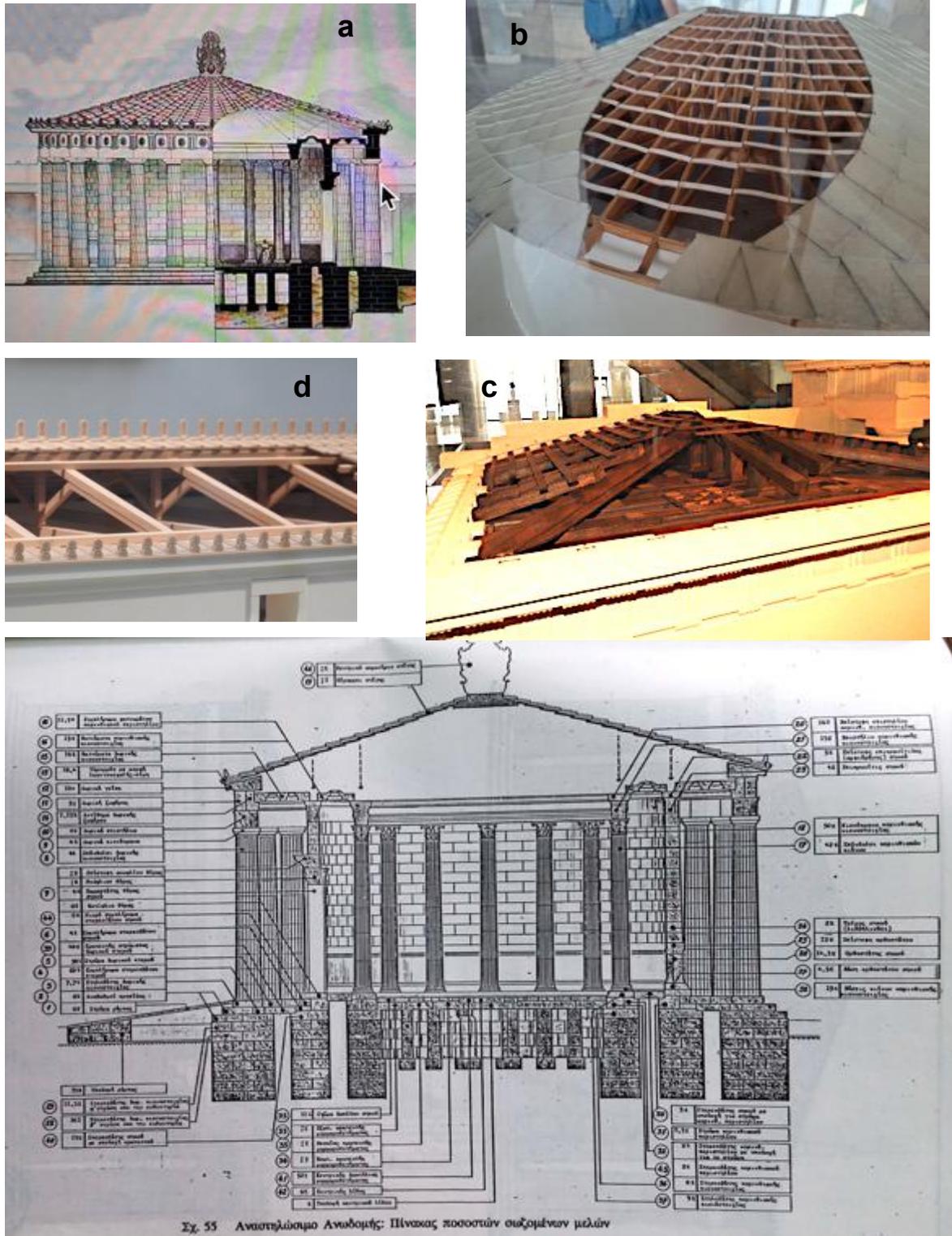


Figura 10. Le ipotesi sulla tecnologia delle strutture lignee che sostengono le coperture dei templi sono sempre vaghe anche quando si propongono intenti didattici o approfondite analisi dei materiali. Nelle immagini sono esposti alcuni esempi: **a)** La tholos di Epidaurò con la struttura dei puntoni lignei che sembra ripresa anche nella **b)** Maquette della tholos dell'Agorà di Atene. **c)** Le capriate dell'Atelie di Fidia al Museo di Olimpia e le travi di

copertura dell'Eretteo nel Museo dell'Acropoli. Infine, **d**) un esempio di come anche nelle analisi più meticolose il problema delle strutture di copertura rimane sempre un problema da risolvere.

prospetti ma anche distorsioni plastiche che si generano passando dal sistema ottagonale delle nervature del tetto allo schema pentagonale delle 20 colonne del peristilio, che non possono coincidere.⁶

7 Stereotomia e Geometria delle Forme Resistenti

L'autore di questo articolo non pratica la disciplina archeologica, è un architetto, ma più esattamente, come dicono i tedeschi, è un *Bauforscher*, un ricercatore che studia e insegna le potenzialità delle strutture antiche che per la maggior parte lavorano per resistenza a compressione: dalle spinapesce del Brunelleschi e del Sangallo fino alle costruzioni in pietra senza malte (*mortar*) descritte nei trattati seicenteschi di Philibert de l'Orme e di Frezier [11, 16, 56]. Va infatti sottolineato che questa indagine sulla tholos delfica non vuole e non può mettere in discussione i risultati e le conoscenze dell'archeologia. L'obiettivo dell'autore è quello di affrontare il problema coinvolgendo le conoscenze scientifiche della Stereotomia, disciplina che studia la statica dei blocchi di pietra e del loro equilibrio in forza della loro forma, dei loro reciproci contrasti e sostentamenti in base alla particolare configurazione che le masse in gioco vengono ad assumere per generare la stabilità di grandi strutture senza l'utilizzo di malte cementizie o di tiranti in ferro.

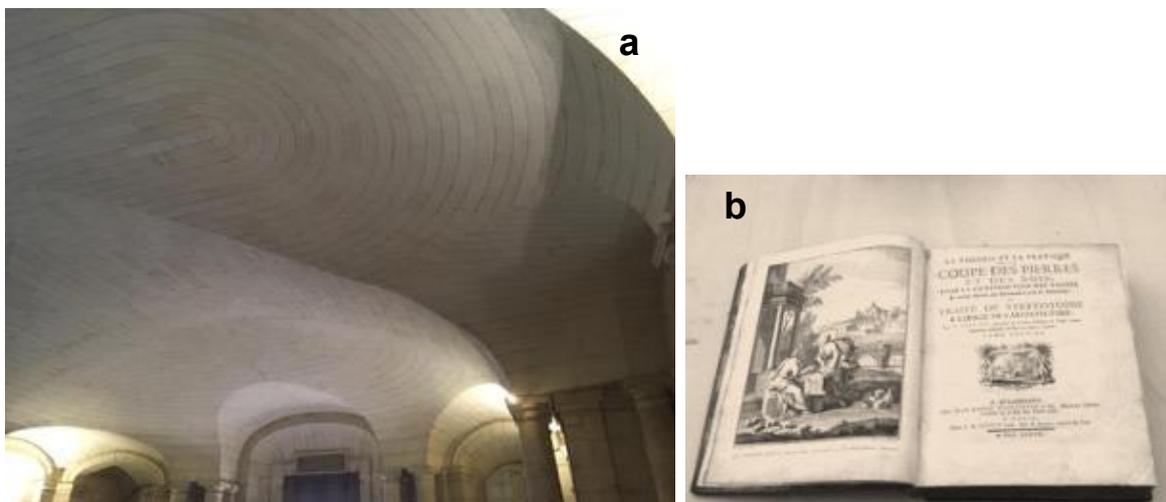


Figura 11. Municipio di Arles (Francia) di XXX anno (**a**), uno dei più noti esempi di volte a curvatura complessa costruita con conci di marmo e realizzata mediante i principi geometrici della Stereotomia: (**12b**), [16].

⁶ Questo problema riguarda anche le ipotesi di copertura proposte per la copertura della tholos di Epidauro, in quanto in tal caso si dovrebbe passare da una copertura ottagonale (che anche per Epidauro risulta l'ipotesi più frequentata) a una pianta di base che si organizza su un poligono regolare di 13/26 lati. Probabilmente lo schema a spirali che si propone per la tholos delfica troverebbe un'interessante applicazione anche in quella di Epidauro.

Formalizzata nei secoli 16° e 17° in Francia la stereotomia sembra trovare proprio nella tecnologia costruttiva della Grecia classica la sua originaria applicazione esemplare [16]. Si potrebbe anche sostenere che si tratta di una invenzione tecnologica greca, essendosi manifestata proprio in circostanze storiche che non utilizzavano i leganti e le malte pozzolane che segnarono il grande sviluppo tecnologico della architettura romana. Forse la storia dell'architettura ha voluto attribuire alla tecnologia di Roma in modo troppo esclusivo l'invenzione dell'arco e delle volte.

8 Un Riscontro Numismatico

Questa moneta del II secolo a.C., cosiddetta del Palaemonion di Corinto, esposta al Museo Numismatico di Atene, come anche il Naos del I secolo, sembrano dare testimonianza che l'arco e la cupola non furono esclusive invenzioni romane. Una cupola a calotta sferica come quella riprodotta dalla moneta di Corinto certo non può essere sostenuta da una sottostruttura lignea che avrebbe richiesto un elaborato sistema di capriate, anche queste forse non del tutto estranee alla conoscenza tecnologica greca, ma certo costruttivamente molto complesso. Le monete acquistano una grande importanza nella conoscenza delle datazioni storiche su cui si fonda la disciplina dell'archeologia. È evidente nel disegno di queste cupole la presenza di numerosi acroteri di non piccole dimensioni. Anche questo sembra convalidare l'ipotesi del ruolo strutturale che avessero gli acroteri nel contrastare le linee di spinta della cupola e nel riportare a terra tali carichi. (Vedi figura 6).



Figura 12. Moneta del Palaemonion di Corinto, e quella del piccolissimo calco Naos, esposte al Museo Numismatico di Atene.

9 Le Circostanze Economiche

Si sa poco sulle strutture di copertura dei templi greci le cui navate e diametri in alcuni casi raggiungevano anche luci notevoli. Malgrado sia testimoniato dallo stesso Pausania nel II secolo d.C. che esistessero diversi templi che mantenevano ancora, appunto nel II secolo d.C., il tetto in marmo⁷ [37], in genere la manualistica archeologica rappresenta le coperture

⁷ Pausania in [37] descrive il Tempio di Apollo Epicurio a Basse, al Libro ottavo, capitolo 41, capoverso 7, in cui afferma che "è il luogo, che Basse si chiama, ed il tempio di Apollo Epicurio, il cui tetto ancora è di marmo ..."; ed è proprio quell'"ancora" (*liton kai antos*) che rende legittimo immaginare che fossero rimasti intatti solo pochi tetti "ancora" di marmo. Come fossero crollati i tetti di marmo che Pausania dava per perduti, è appunto una domanda a cui si vuole avanzare una possibile risposta.

dei tetti classici con strutture portanti lignee con una conformazione a capriata⁸. Non si vuole entrare ora nel merito di tale questione, ma esistono diverse ragioni sia tecniche sia simboliche e funzionali, ma soprattutto economiche, che lasciano aperta la questione sulla presenza di sottostrutture lignee di sostegno. Non sembra risultare che si siano ritrovati frammenti, pur ridottissimi, di tali strutture. Una capriata lignea, su luci medie non inferiori ai 9-10 metri, avrebbe richiesto travi rettificate e quadrate tetragone di notevoli sezioni superiori certamente ai 70/80 centimetri. Riguardo alla qualità del legno usabile, si ipotizza che il più usato fosse quello di cipresso, visto che talvolta compare il riferimento a tali spese. Si tratta di un materiale che proveniva da Creta e che, a differenza dell' abete fatto venire dalla Tessaglia, non era soggetto all'attacco di parassiti. Un' alternativa era il cedro profumato del Libano il cui costo era forse inferiore al cipresso, ma non indifferente. Le città greche erano molto attente ai costi delle loro opere, e avevano anche un grande fabbisogno di legname d'opera per le loro ingenti flotte navali.

Storici e analisti dell'economia greca come [34, 35, 42] hanno documentato i costi della flotta navale ateniese composta da 1500 triremi, per un costo di costruzione di 15000 talenti, pari a 90.000.000 di dracme. Lo stesso Marginesu [34] riporta poi che i costi per la costruzione dei principali monumenti dell'Acropoli (Partenone, Propilei, Tempio di Atena Nike e statue di culto) ammontarono a 48 milioni di dracme, pari a 8000 talenti. Ci rendiamo conto da tale raffronto quale impegno economico comportasse il mantenimento della flotta navale. Se poi consideriamo che nella spesa per i monumenti solo la statua crisoelefantina di Fidìa (che costituiva una sorta di "riserva aurea") comportò un costo di 1500 talenti (9.000.000 dracme), e che la spesa per la costruzione dei Propilei fu di 2500 talenti, mentre quella per l'edificazione del Partenone sarebbe ammontata "solo" a 500 talenti, possiamo renderci conto della enormità delle cifre in gioco. Basti pensare che la gestione delle triremi per 6 mesi poteva costare 800 talenti (Marginesu [34] e Richardson [42])⁹. Non si può

⁸ Capita di vedere anche nei migliori musei archeologici della Grecia come i modelli dei principali monumenti classici propongano con una certa superficialità le coperture sempre realizzate in strutture lignee. Così, ad esempio il modello della copertura dell'Eretteo al Museo del Partenone di Atene, appositamente sezionato per mostrarne la struttura, presenta travi che scaricano i carichi di un'intera falda non sulle murature ma su un'altra trave di lunghezza improbabile. Altrove, come nel modello dell'atelier di Fidìa esposto al Museo di Olimpia, vengono riprodotte capriate del tetto realizzate secondo una perfetta tecnologia rinascimentale. Altre volte ancora, come ad esempio nelle documentazioni didattiche che accompagnano la visita della tholos di Epidauro, le falde di copertura sono sostenute da un sistema di puntoni scarsamente controventati, in evidente criticità statica (vedi fig. 10a).

⁹ Nel confronto tra i costi e i prezzi del legno da opera e quello del marmo possono esserci diverse ambiguità evidenziate dallo stesso Marginesu, in quanto è forse possibile che nel caso del marmo il costo del materiale fosse addirittura nullo. I trasporti incidono anche essi a favore del marmo se si pensa che molte cave a Naxos come a Paros erano sul bordo del mare dove venivano imbarcati i pezzi già lavorati anche se non rifiniti. Nel caso specifico della tholos delfica si può affermare con certezza che il marmo usato non sia quello del Pentelico, come veniva tradizionalmente detto, ma sia appunto proveniente dalle cave di Lakkol, nell'isola di Paros. I marmi di tali cave e anche quello del Pentelico erano inoltre di molto facile lavorazione appena cavati, quando il materiale ancora intriso di umidità poteva essere tagliato e sagomato con una certa facilità. La durezza del materiale aumentava in seguito con la cristallizzazione del materiale esposto all'ossidazione dell'aria. Tutto ciò, oltre ai problemi di durabilità e di decoro legati a monumenti che come case degli Dei dovevano durare per l'eternità, e vista la parsimonia delle città greche nel

ignorare in questo raffronto tra due materiali così importanti nelle costruzioni, come appunto il legno e il marmo, che non si può stabilire se le cave fossero pubbliche e se quindi il marmo risultasse gratuito. In ogni caso è proprio la meticolosa amministrazione greca del V secolo a.C. a farci capire che i vantaggi economici del materiale lapideo rispetto al legno non potevano non spingere i tesoriere della polis a considerare l'opportunità di una tecnologia che usasse la pietra per le coperture dei templi.



Figura 13. La tholos in una immagine dell'autore che ne evidenzia la geometria strutturale.

10 Sulla Strada Giusta?

Come si è detto il tema di questo articolo rientra in più ampie ricerche ancora in corso. Tali ricerche hanno prodotto diversi paper pubblicati su riviste o presentati in convegni, fino

gestire i fondi comuni (la cosiddetta *acribia*), lasciano pensare che fosse molto viva negli intenti progettuali dei templi l'idea di usare il marmo anche per le coperture.

anche ad essere pubblicate in una narrazione divulgativa, per renderne agevole la comprensione anche a un pubblico di lettori non specialisti di storia, di geometria e di meccanica, oltre che di architettura della Grecia classica. [60]¹⁰

Tali ricerche hanno suscitato un certo interesse anche in recenti tesi di PHD [28]. La possibilità di una cupola a calotta sferica o a profilo di catenaria rovesciata, costruita con conci tutti uguali e analoghi alla 'tegola' di Delfi, rende ragione della potenzialità formale di queste piastrelle, convincendoci che le ipotesi qui presentate conducano in una giusta direzione. Ma la manifestazione più incoraggiante viene proprio dalle note del resoconto che Sandrine Huber, Didier Laroche, Manon Bublot et Anne Jacquemin, hanno pubblicato sul *Bulletin archéologique des Écoles françaises à l'étranger*, nel 2022, in riferimento agli studi svolti sul terrazzamento di Marmarià negli anni più recenti. Si tratta di un troppo breve apprezzamento perché lo si possa considerare un avvallo, ma proprio l'autorità della fonte dà grande forza e sostegno alla strada intrapresa: "La restitution du système de couverture de l'édifice reste mystérieuse ; les précédentes tentatives de restitution n'ont jamais réussi à donner une solution convaincante ou reposaient sur des hypothèses inexactes (double ordre intérieur). Une suggestion, due à l'architecte italien Attilio Pizzigoni, qui a fait un séjour de recherche à Delphes en octobre 2021, est intéressante : l'édifice n'aurait pas comporté de charpente, mais aurait été entièrement en pierre. Le terme même de tholos renvoie à la forme de sa couverture, qui a fait, dans ce cas, l'objet d'un dessin exceptionnel si l'on en juge par les tuiles d'arêtier, très complexes, retrouvées". [23]

11 Conclusioni e Ringraziamenti

L'analisi che è stata qui proposta richiede ancora ulteriori approfondimenti che riguardano una più documentata coerenza geometrica e strutturale tra la forma del reperto archeologico del Museo di Delfi n. 2524 e una più definita configurazione della volta. È necessario approfondire assieme alle indagini anche i test di verifica sulla copertura: se l'imposta sia innestata direttamente sul perimetro dei *geison*, o sul fregio attraverso un paramento interno (*ortostato*); se e come il muro della cella possa dare un contributo strutturale; se la realizzazione con blocchi di marmo interconnessi reciprocamente sia realizzabile senza l'utilizzo di strutture provvisorie di sostegno in fase di posa. Come si vede i problemi ancora aperti sono tutt'altro che risolti. In ogni caso, dati gli evidenti vantaggi funzionali, economici e strutturali dell'ipotesi che è stata qui illustrata, resta da indagare perché una cultura scientifica e tecnologica così sofisticata dal punto di vista geometrico e matematico, oltre che fisico, estetico e simbolico, non abbia potuto esprimere una capacità progettuale e sperimentale all'altezza della sfida che sembra rivolgerci il reperto n. 2524 del Museo di Delfi, giunto fino a noi abbandonato nella totale incomprensione da oltre duemila anni.

Questa è la domanda a cui abbiamo voluto dare un tentativo di risposta, e siamo grati a tutti coloro che su questa strada ci hanno dato attenzione e aiuto, a partire dall'Ephorate of Antiquities of Phocis e dall'École Française d'Athènes, soprattutto nella squisita persona di Didier Laroche. Ma non voglio dimenticare di ringraziare la solidarietà mostrata dall'Ambasciata Greca a Roma, i consigli amicali e sapienti di Antonio Corso, di Michaelis

¹⁰ Si tratta del libro edito a Milano da Marinotti nel 2023 *Osservando i marmi bianchi della Tholos di Atena Pronaia a Delfi. Perché sono crollati i templi greci*, la cui uscita ha registrato diverse recensioni favorevoli, tra cui quella di Matteo Vercelloni su *Abitare*, di Mario Pisani su *Abitare la Terra*, di Isa Ghianda su *DoppioZero*

Lefantzis e di Daniele Castrizio, l'apporto di Matteo Bonasio del Fab-Lab e di Vittorio Paris dell'Università di Bergamo, di Valentina Beatini dell'University of Aarhus (DK), la solidarietà di Sigrid Adreanssens di Princeton (US) e, non da ultimo, la pazienza e i generosi aiuti di Donatella Guzzoni.

Bibliography

- [1] Andrews, T., *Greek Tholos of the Classical and Hellenistic Periods*, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 2018
<https://qspace.library.queensu.ca/server/api/core/bitstreams/3c8d9c5b-d3a7-4c61-a4cc-392ea85c22f7/content>
- [2] Aristotele, *Mechanica*, in *Opera omnia*, vol IV. Cit. da Ernst Mach in *La meccanica nel suo sviluppo storico critico*, 1883. Cfr. edizione Torino, Boringhieri, 1968
- [3] Bousquet, J., "La Tholos de Delphes et les mathématiques préeuclidiennes", *Bulletin de correspondance hellénique*, Vol. 117, livr. 1, 1993, pagg. 285-313.
<https://doi.org/10.3406/bch.1993.1681> [doi: 10.3406/bch.1993.1681](https://doi.org/10.3406/bch.1993.1681).
- [4] Bousquet, J., *Corpus de inscriptions de Delphes, II, Les comptes du quatrième et du troisième siècle*, Athènes, Editions de Boccard, 1989
- [5] Bommelaer, J.F., Laroche, D., *Guide de Delphes: Le site*, Athens, 1999.
Idem, *Artemis a Marmaria*, Paris, 1991, pagg. 70-71.
- [6] Bommelaer, J.F., sous la dir. de, *Marmaria: le sanctuaire d'Athéna à Delphes*, EFA-EDF-École d'Architecture de Nancy-Maison de l'Archeologie de Bordeaux, 1997
- [7] Charbonneaux, J., *Fouille de Delphes II: La Tholos*, 1925
- [8] Choisy, A., *Histoire de l'Architecture*, Ivry, ed. SERG, 1976, Tom 1° – pagg. 230-69
- [9] Cooper, A. F., *The Temple of Apollo at Bassae*, Garland, New York, London, 1978
- [10] Cooper, A. F., *The Temple of Apollo Bassitas*, Voll. I-IV, Princeton, New Jersey, American School of Classical Studies at Athens, 1992
- [11] De l'Orme, Ph., [Le Nouvelles inventions. Accessed: \[Online\]](http://www.aracneeditrice.it/aracneweb/index.php/publicazione.html?item=9788854823303)
<http://www.aracneeditrice.it/aracneweb/index.php/publicazione.html?item=9788854823303>
- [12] Euclide, *Tutte le Opere*, a cura di Fabio Acerbi, Firenze-Milano, 2019
- [13] Fantin, M., Étude des rapports entre stéréotomie et résistance des voûtes clavées. Art et histoire de l'art. Université Paris-Est, 2017. Français. NNT : 2017PESC1077
- [14] Fomie, M.Y., & Lauritzen, M.W., *Le Sanctuaire d'Athéna Pronaia. Fouille de Delphes, Tome II: Topographie et Architecture*, Paris 1925
- [15] Forrest, W. G., Pouilloux, (J.), and Roux, (G.), *Énigmes à Delphes*. Paris, ed. de Boccard, 1963. doi: 10.2307/627781.
- [16] Frezier, M. (Amedee Francois), *La Theorie e la Pratique de la Coupe des Pierres e des Bois pour la Construction des Voutes*, 3 Toms, Strassbourg & Paris, 1737-1738-1739.
- [17] Galletti, S., "Stereotomy and the Mediterranean: Notes Toward an Architectural History", *Mediterranea. International Journal on the Transfer of Knowledge*, no. 2 (2017), pagg. 73-120
- [18] Gargiani, R., *L'architrave, le plancher, la plate-forme: nouvelle histoire de la construction*, Lausanne, PPUR Presses polytechniques EPFL, 2012
- [19] Gottlob, K., *Fouille de Delphes: Relevation et Restauration*, 1925
<http://ancientworldonline.blogspot.com/2014/03/open-access-monograph-seris-fouilles-de.html>

- [20] Heyman, J., *The Stones Skeleton*, Cambridge Un. Pr., 1995 – Trad. it.: Castalia ed., 2014
- [21] Housoulie, B., *Fouilles a Delphes*, *Bulletin de correspondance hellénique*, 5, 1881, p. I, pag. 19
- [22] Homolle, *Fouille de Delphes II: La Tholos*, 1925
- [23] Huber, S., Laroche, D., Bublot, M., et Jacquemin, Anne « Delphes : les vestiges sur la terrasse de *Marmaria*, 2017-2021 » [notice archéologique], *Bulletin archéologique des Écoles françaises à l'étranger* [En ligne], Grèce, mis en ligne le 25 juillet 2022, consulté le 29 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/baefe/5278> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/baefe.5278>
- [24] Huerta Fernández, S., *Mechanics of masonry vaults: The equilibrium approach*, in *Mechanics of masonry vaults: The equilibrium approach. En: Historical Constructions. Possibilities of numerical and experimental techniques*, pag. 47-69, Universidade do Minho, P. Lourenço and P. Roca, Eds., Guimaraes, Portugal, 2001: E.T.S. Arquitectura (UPM), 2001, pagg. 47–69. [Online]. Available: <https://oa.upm.es/569/>
- [25] Karo, G., *En marge de quelques Textes Delphiques, Suite (1) V: Le Sanctuaire d'Athena Pronaia*, *Bulletin de correspondance hellénique*, 34, 1910, pagg. 211-221
- [26] Kirk, F., *Fouille de Delphes II: La Tholos*, 1925
- [27] Korres, M., *From Pentelicon to the Parthenon*, Athènes, Melissa, 1995
- [28] Koury, K., & Jarriel, K., "Digitizing Delphi - Educating Audiences Through Virtual Reconstruction", *Journal of Purdue Undergraduate Research*, vol. 13, Fall 2023 <https://doi.org/10.7771/2158-4052.1633>
- [29] Kyriakidis, N., "Erreurs à Delphes : la Tholos de Marmaria au fil des interprétations (ca 1840-1940)", Extrait de: *Anabases*, (2010) no. 11, <https://www.idref.fr/149309619> <https://journals.openedition.org/anabases/836?lang=it>
- [30] Jacquemin, A., Laroche, D., "Construcions et Reconstructions a Delphes au IV° sec a.C.", in *Les Dossiers d'Archéologie*, n° 342, nov-dec 2010, pagg. 24-31
- [31] Ito J., and oth., *New Measurements and Observations of the Treasury of Massalioes, the Doric Treasury and the Tholos in the Sanctuary of Athena Pronaia at Delphi*, in *Architectural Mission to Greece Kumamoto University*, 2 Voll., Tokyo, Kyushu Univ. Press, 2004
- [32] Laroche, D., www.didierlaroche.wixsite.com
- [33] Lerat L., "Les énigmes de Marmaria", *Bulletin de Correspondance Hellénique*, 109 (1985)
- [34] Marginesu, G., *Il costo del Partenone - Appalti e affari dell'arte greca*, Roma, Salerno ed., 2020
- [35] Marginesu, G., *I greci e l'arte dei fare i conti*, Torino, Einaudi ed., 2024
- [36] Ortolani, G., *Il padiglione di Afrodite Cnidia a Villa Adriana*, Roma, Dedalo, 1998
- [37] Pausania, *Periegesi della Grecia*, 10.24.1.
Cfr.: A. Nibby, *Descrizione della Grecia di Pausania: nuovamente dal testo greco*, Vincenzo Poggioli Stampatore della R.C.A., 1817
- [38] Platone, *Tutti gli scritti*, a cura di Giovanni Reale, Milano, 1991
- [39] Plutarco, *Dialoghi Delfici*, Milano, Adelphi 1983-90
- [40] Pouilloy, J., Roux, G., *Enigmes à Delphes*, Parigi, 1963
- [41] Psalty, N., *The Oracle of Delphi and Colonization*, Athens, 2014
- [42] Richardson, W.F., *Numbering and Measuring in the Classical World*, Bristol, 2004 <http://homepage.usask.ca/~jrp638/CcourseNotes/weightsmeasures.html>

- [43] Roux, G., "Le toit de la Tholos de Marmaria et la couverture des monuments circulaires grecs", *Bulletin de correspondance hellénique*, 76,1952, pagg. 442-483
DOI: <https://doi.org/10.3406/bsh.1952.2461> https://www.persee.fr/doc/bch_0007-4217_1952_num_76_1_2461
- [44] Serres, M., *Les Origines de la Géométrie*, Paris, Flammarion, 1963. Ed. ital. Milano, Feltrinelli, 1994
- [45] Serres, M., *Statues. Le second livre de fondations*, Paris, 2014, pagg. 318-329
- [46] Vitruvio, C.P., *De Architectura*, Libro VII, paragrafo 12
- [47] Weil, S. e A., *L'arte della matematica*, Paris, 2012. Ed. ital. Milano, 2018
- [48] Wester, T., *Structural Order in Space - The plate lattice dualism*, Copenhagen, Royal Danish Academy of Fine Arts, School of Architecture, 1984.

STATO DI AVANZAMENTO DELLA RICERCA / RESERCH PROGRESS BIBLIOGRAPHY

- [49] Pizzigoni, A., *A High Fiber Reinforced Concrete Prototype for reciprocal structures of demountable building*, in *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS)*, Symposium, A. Domingo and C. Lazaro (eds.) Valencia, Universidad Politecnica de Valencia, 2009
- [50] Pizzigoni, A., "Brunelleschi's Bricks", *IASS Journal*, Vol. 56 (2015), no. 184, pagg. 137-14
- [51] Pizzigoni, A., *An Experimental Prototype To Insight Into Structural Equilibrium Of Knots*, in *VII International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures. STRUCTURAL MEMBRANES 2015*, Barcelona 2017 and IASS 2016 Amsterdam
- [52] Paris, V., Pizzigoni, A., "The Hidden Structure. A likely hypothesis for Florentine Dome: the three-dimensional model of the herringbone warping of the bricks and their ordering in space", *Structural*, no. 205 (2016). DOI 10.12917/Stru 205.14
- [53] Pizzigoni, A., Paris, V. "Il dispositivo a spinapesce: attualità e futuro della tecnologia costruttiva brunelleschiana", in *Costruire in Laterizio*, n. 176. Numero speciale 2018, pagg. 76-81
- [54] Paris, V., Pizzigoni, A., Adriaenssens, S., "Statics of self-balancing masonry domes constructed with a cross- herringbone spiraling pattern", *Journal Engineering Structures*, 215 (2020), 110440
- [55] Pizzigoni, A., Paris, V., "LE VOLTE PIATTE - Geometria e statica dei conci autoequilibranti nel progetto di strutture voltate", *Structural*, no. 231 (settembre/ottobre 2020), paper 23. DOI 10.12917/STRU231.23
- [56] Pizzigoni, A., *The Skarry Sky*, forward to PhD thesis of Vittorio Paris, *Equilibrium of self-balanced shells. Cross-herringbone technology*, Università degli Studi di Bergamo, 2021, (Collana della Scuola di Alta Formazione Dottorale; 33). DOI: [10.6092/978-88-97413-52-3](https://doi.org/10.6092/978-88-97413-52-3)
- [57] Pizzigoni, A., Beatini, V., Paris, V., "The Stone Roof. Marble Tholos Tiles in the Sanctuary of Athena Pronaia at Delphi. Stereotomy and Compression Resistant Forms in the Domed Roof Structures of Ancient Greece", *Struct. Mag.*, vol. 240, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.12917/STRU240.08>
- [58] Pizzigoni, A., Paris, V., Beatini, V., *Why Collapsed Hellenich Temples - The case Study: Athena Pronaia at Delphi*, in *Proceedings of IASS Symposium*, September 2022, Beijing
- [59] Pizzigoni A., *Osservando i marmi bianchi della Tholos di Atena Pronaia a Delfi - Perché sono crollati i templi greci*, Milano, Marinotti ed., 2023 (press review: I. Ghianda,

- Gli enigmi della Tholos di Delfi*, www.Doppiozero.com; M. Vercelloni, *Abitare* n. 11/2023; M. Pisani, *PressLetter*)
- [60] Pizzigoni, A., Paris, V., Bonasio, M., Agazzi, M., *The Structural Tile of the Tholos of Delphi, Its Design and Construction Contemporary*, in *Shell and Spatial Structures. Proceedings of IWSS*, Cham, Springer Nature, 2024, pagg. 791–798. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44328-2_83
- [61] Aita, D., Beatini, V., Garavaglia, E., Paris, V., Pizzigoni, A., & Sgambi, L., “The Roofing System of the Tholos of Athena Pronaia in Delphi: Archaeological Hypotheses and Structural Suggestions”, *International Journal of Architectural Heritage*, 2024, pagg. 1–26. <https://doi.org/10.1080/15583058.2024.2316289>
- [62] Pizzigoni, A., Beatini, V., Beghini, A., Paris, V., Cocchetti, G., Ferrari, R., Rizzi, E., *Fornix: the circular platform-frame*, in *Proceedings of the IASS 2024 Symposium*, Zurich, 2024, n. 135
- [63] Pizzigoni, A., “The Tile of Delphi”, *Structural*, n. 252 (luglio-agosto 2024), paper 012. DOI 10.12917/STRU252.12
- [64] In uscita: Pizzigoni, A., *Theodorus Phoceaous: The Architect of the Tholos of Athena Pronaia at Delphi. A theory of its reconstruction*, Roma, L’Erma di Bretschneider, 2025



ΑΙΓΙΔΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Υπουργείο Πολιτισμού

ΧΟΡΗΓΟΙ



ΤΕΧΝΙΚΟ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ
ΕΛΛΑΔΑΣ



ΟΜΙΛΟΣ ΤΕΚ ΤΕΡΝΑ

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ



ΜΕΓΑΡΟ
ΜΟΥΣΙΚΗΣ
ΑΘΗΝΩΝ