

EX FABRICA ET RATIOCINATIONE:
TÉCNICAS, TECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN
EN LA ARQUITECTURA ANTIGUA

Volumen II

ADALBERTO OTTATI y MARIA SERENA VINCI
(Coordinadores)

RO
MV
LA

20
2021

SEMINARIO DE ARQUEOLOGÍA
UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE. SEVILLA

ROMVLA

Revista del Seminario de Arqueología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

La revista ROMVLA es una publicación científica de carácter anual dedicada fundamentalmente a la publicación de trabajos de investigación inéditos en el campo de la Arqueología, con especial atención a la Arqueología de la provincia de Sevilla y su entorno. Igualmente actúa como órgano de difusión científica del Seminario de Arqueología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla lo que incluye la difusión de los resultados de los diferentes Proyectos de Investigación que se desarrollan en el mismo.

Número 20. 2021

Revista indexada en: Index Islamicus, DIALNET, LATINDEX. Catálogo v1.0 (2002 - 2017).

Directores: Rafael Hidalgo (Universidad Pablo de Olavide)
Pilar León-Castro (Universidad de Sevilla)

Secretarias: Inmaculada Carrasco (Universidad Pablo de Olavide)
Ana María Felipe

Comité de redacción

A. Corrales (Universidad Pablo de Olavide), C. Fabiao (Universidade de Lisboa), P. Mateos (Instituto de Arqueología de Mérida. CSIC), C. Márquez (Universidad de Córdoba), T. Nogales (Museo Nacional de Arte Romano de Mérida), P. Ortiz (Universidad Pablo de Olavide), A. Ottati (Universidad Pablo de Olavide), I. Sánchez (Universidad Pablo de Olavide), F. Teichner (Universität Marburg), S. Vargas (Universidad de Sevilla), S. Vinci (UNED).

Comité científico

L. Abad (Universidad de Alicante), A. Arévalo (Universidad de Cádiz), F. Arnold (Deutsches Archäologisches Institut. Madrid), J. Beltrán (Universidad de Sevilla), M. Bendala (Fundación Pastor, Spain), J. Campos (Universidad de Huelva), H. Catarino (Universidade de Lisboa), H. Dessales (École Normale Supérieure de Paris), M. C. Fuertes (Consejería de Cultura. Junta de Andalucía), P. Gros (Université de Aix-en-Provence), J. M. Gurt (Universidad de Barcelona), H. V. Hesberg (Deutsches Archäologisches Institut. Roma), J. L. Jiménez Salvador (Universidad de Valencia), S. Keay (University of Southampton), M. Kulikowski (University of Tennessee-Knoxville), G. López Monteagudo (CSIC), J. M. Luzón (Universidad Complutense de Madrid), R. Mar (Universidad Rovira i Virgili), W. Mierse (University of Vermont), B. Mora (Universidad de Málaga), P. Moret (Université de Toulouse-Le Mirail), M. Orfila (Universidad de Granada), S. Panzram (Universität Hamburg), P. Pensabene (Università di Roma La Sapienza), Y. Peña (UNED), A. Pérez-Juez (Boston University in Spain), A. Pizzo (Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma-CSIC), F. Quesada (Universidad Autónoma de Madrid), A. M. Reggiani (Ministero per i Beni e le Attività Culturali), P. Rodríguez Oliva (Universidad de Málaga), P. Rouillard (CNRS. Maison René-Ginouès. Nanterre), M. A. Tabales (Universidad de Sevilla), T. Tortosa (Instituto de Arqueología de Mérida CSIC), W. Trillmich (Deutsches Archäologisches Institut), A. Ventura (Universidad de Córdoba), A. Viscogliosi (Università di Roma La Sapienza).

Patrocinada: Vicerrectorado de Investigación, Transferencia y Doctorado de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

Edición, publicación y distribución

Seminario de Arqueología
Universidad Pablo de Olavide de Sevilla
Carretera de Utrera, km. 1 · 41013 Sevilla (España)
Telf.: 954 977 932 • E-mail: romula@upo.es

Dirección y redacción

Seminario de Arqueología
Universidad Pablo de Olavide de Sevilla
Carretera de Utrera, km. 1 · 41013 Sevilla (España)

Diseño: Diseño y Comunicación S.L.

Maquetación e impresión: Imprenta SAND, S. L. · www.imprentasand.com

Depósito Legal: SE-075-04

ISSN: 1695-4076



© 2020 "Romula". Revista del Seminario de Arqueología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla.

Las opiniones y comentarios expuestos por los autores de las colaboraciones recogidas en la revista son responsabilidad exclusiva de los mismos. Esta publicación estará disponible online a través de la plataforma de Revistas Científicas de la Universidad Pablo de Olavide. La difusión de los trabajos publicados se registrará de acuerdo con la licencia Creative Commons by-nc-sa. En todo caso, se mencionará siempre que el trabajo ha sido publicado originalmente en la revista ROMVLA.

Í N D I C E

PROGETTAZIONE INTEGRALE A VILLA ADRIANA INTEGRAL DESIGN AT HADRIAN'S VILLA Giuseppina E. Cinque	7
I PILASTRI CAVI A VILLA ADRIANA HOLLOW PILLARS AT HADRIAN'S VILLA Elena Eramo	57
PROGETTAZIONE BIOCLIMATICA A VILLA ADRIANA THE BIOCLIMATIC DESIGN OF HADRIAN'S VILLA Cristina Renzoni	83
VILLA ADRIANA E L'AMBIZIONE DI REALIZZARE L'IMPOSSIBILE. TECNICHE COSTRUTTIVE SPERIMENTALI AL SERVIZIO DI FORME ARCHITETTONICHE INEDITE HADRIAN'S VILLA AND THE AMBITION TO ACHIEVE THE IMPOSSIBLE. EXPERIMENTAL CONSTRUCTION TECHNIQUES AT THE SERVICE OF UNPRECEDENTED ARCHITECTURAL FORMS Adalberto Ottati	111
IMPIANTI, TECNOLOGIA E BENESSERE IN ARCHITETTURA: DALLA PRATICA STORICA ALLA CODIFICA TEORICA PER NUOVE PROSPETTIVE DI RECUPERO PLANTS, TECHNOLOGY, AND WELL-BEING IN ARCHITECTURE: FROM HISTORICAL PRACTICE TO THEORETICAL CODING FOR NEW PERSPECTIVES OF RECOVERY Valentina Florio	151
DALLA CONSERVAZIONE ALL'INNOVAZIONE: PIATTABANDE E ARCHITRAVI LITICHE NEL "FORO PROVINCIALE" DI TARRACO (HISPANIA CITERIOR) FROM CONSERVATION TO INNOVATION: LINTEL ARCHS AND STONE LINTELS FROM THE "PROVINCIAL FORUM" IN TARRACO (HISPANIA CITERIOR) Maria Serena Vinci	179
L'ORGANISATION DU TRAVAIL AUTOUR DE LA PIERRE A CORDOUE AU IIEME SIECLE AV. J.-C. DEMOGRAPHIE, AGRICULTURE ET CHAINE OPERATOIRE THE ORGANISATION OF LIMESTONE LABOUR IN CORDOBA DURING IIND CENTURY B.C. DEMOGRAPHY, AGRICULTURE AND OPERATIONAL CHAIN Christopher Courault	205

LAS MURALLAS REPUBLICANAS DE TARRACO, ASPECTOS CONSTRUCTIVOS
THE REPUBLICAN TOWN WALLS OF TARRACO, CONSTRUCTIVE ASPECTS

Joan Menchón Bes

251

**DALLA PRATICA ANTICA ALLE FABBRICHE DI ETÀ MODERNA: STRUMENTI
DA LAVORO E TECNOLOGIA EDILIZIA A ROMA TRA PERMANENZA E
PERFEZIONAMENTO**

**FROM ANCIENT CONSTRUCTION PRACTICES TO MODERN-AGE BUILDING
SITES: WORK TOOLS AND BUILDING TECHNOLOGIES IN ROME BETWEEN
PERMANENCE AND IMPROVEMENT**

Nicoletta Marconi

291

VILLA ADRIANA E L'AMBIZIONE DI REALIZZARE L'IMPOSSIBILE. TECNICHE COSTRUTTIVE SPERIMENTALI AL SERVIZIO DI FORME ARCHITETTONICHE INEDITE

HADRIAN'S VILLA AND THE AMBITION TO ACHIEVE THE IMPOSSIBLE. EXPERIMENTAL CONSTRUCTION TECHNIQUES AT THE SERVICE OF UNPRECEDENTED ARCHITECTURAL FORMS

Adalberto Ottati

Universidad Pablo de Olavide, Sevilla

Riassunto

Come è noto, nella Villa Adriana presso Tivoli l'originalità è protagonista dell'architettura, ispirata e finanziata dall'imperatore, e non stupisce in un tale contesto la diffusa presenza di forme e tecniche di costruzione altamente sperimentali.

Le coperture in conglomerato sono gli oggetti sperimentali più noti al pubblico: vengono realizzate forme inedite, proporzioni slanciate assenti nella precedente architettura, e spessori murari esigui a sostenere sistemi inerziali complessi.

Si cercano soluzioni tecniche innovative, o si utilizzano in maniera diffusa tecniche già conosciute ma utilizzate in passato solo in casi puntuali, il tutto con il fine di materializzare particolari immagini visive e per ottenere l'equilibrio statico che ne permettesse l'esistenza.

Parole chiave: Villa Adriana, tecniche costruttive, soluzioni tecniche innovative, forme sperimentali.

Abstract

As is well known, in the Hadrian's Villa near Tivoli, originality is the protagonist of the architecture, it inspired and financed by the emperor, and it is not surprising in such a context the widespread presence of highly experimental forms and construction techniques.

Concrete vaulted are the experimental objects best known to the public: new shapes are created, slender proportions absent in the previous architecture, and minimal wall thicknesses to support complex inertial systems.

Innovative technical solutions are sought, or techniques already known but used in the past only in specific cases are used, all with the aim of materializing particular visual images and to obtain the static balance that would allow their existence.

Key words: Hadrian's Villa, construction techniques, innovative technical solutions, experimental forms.

1. INTRODUZIONE

In un contesto così spiccatamente rivolto alla manifestazione architettonica come è la Villa Adriana presso Tivoli (*fig. 1*), ispirata e finanziata dall'imperatore, non stupisce la marcata presenza di forme e tecniche di costruzione altamente sperimentali.

Le coperture massicce, soprattutto in conformazioni composite ma non solo, sono gli oggetti sperimentali più noti al pubblico: vengono realizzate forme inedite, proporzioni slanciate assenti nella precedente architettura, e spessori murari esigui a sostenere sistemi inerziali complessi.

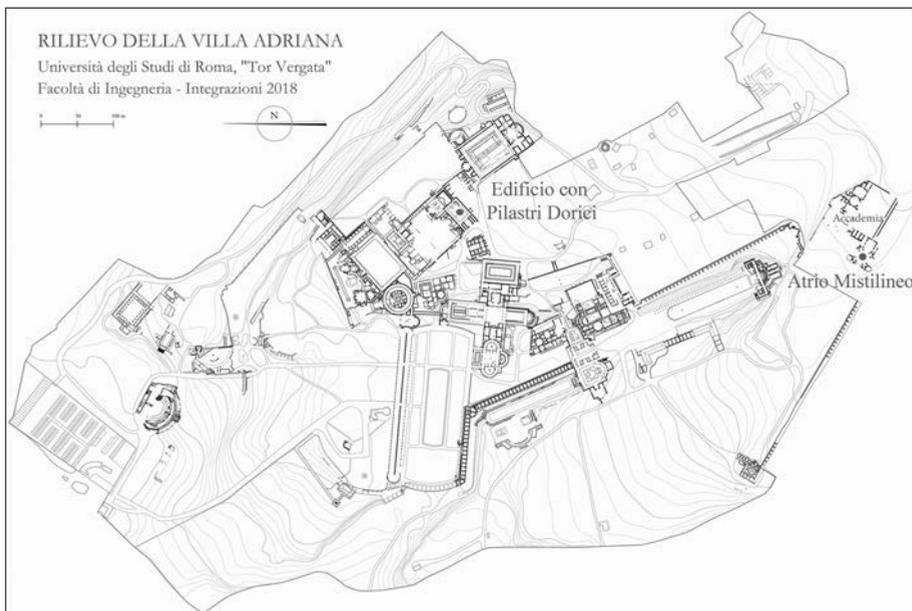


Fig. 1. Villa Adriana, planimetria con in evidenza l'area della cd. Accademia (da ERAMO E OTTATI, 2018, 159).

Per raggiungere l'equilibrio statico delle nuove idee progettuali si cercano soluzioni tecniche innovative, sia nel disegno che nella messa in opera dei muri, o si utilizzano in maniera diffusa tecniche già conosciute ma utilizzate in passato solo in casi puntuali.

Da un lato viene raggiunto un livello altissimo nel confezionamento dell'opera cementizia, reso possibile dalle competenze delle maestranze nel scegliere e dosare i materiali edilizi e i tempi di costruzione.

Per equilibrare i carichi invece vengono trovate principalmente due soluzioni:

- la prima riguarda la forma, ovvero si sperimentano articolate planimetrie che dirigessero e irreggimentassero le spinte in una distribuzione controllata. Tali forme complesse permettono un notevole risparmio nello spessore murario;
- la seconda sta nell'uso del metallo per trattenere le spinte e conferire elasticità alle membrature architettoniche.

Il tutto fu finalizzato al superamento dei limiti strutturali conosciuti e alla creazione di precise immagini architettoniche proprie di palinsesti pittorici, di effetti prospettici scenografici, di una migliorata illuminazione degli ambienti che permettesse una comoda fruizione.

2. GEOMETRIA E ARITMETICA PER REALIZZARE FORME INNOVATIVE

È noto come a Villa Adriana alcuni edifici spicchino per l'elaborata planimetria. Ovviamente non tutti gli edifici della villa rappresentano un'innovazione, alcuni dipendono direttamente dalla tradizione architettonica previa, e ne rispettano un'idea di architettura tutto sommato tradizionale. In alcuni casi, invece, siamo senza dubbio di fronte a una avanguardia, in cui le linee tracciate dal progettista adrianeo non trovano confronti immediati negli edifici romani conosciuti.

Tra questi esperimenti compositivi particolare rilevanza hanno quelli caratterizzati da linee rette spezzate da curve, in quel gioco geometrico conosciuto come mistilineo. Noto e ancora dibattuto il caso dello spazio a pianta centrale sul lato sud-orientale della Piazza d'Oro, di cui non è ancora stato accertato il completamento dei volumi, o il Teatro marittimo, o ancora la sala ottagonale delle Piccole Terme. Non si trattava di semplici esperimenti compositivi, finì a se stessi, ma di vere e proprie ricerche in cui il rapporto tra figure geometriche, che sfociavano in ottagoni in forma sinuosa, creavano nuovi effetti prospettici¹.

1. Sul tema si veda OTTATI, 2020; OTTATI, 2022.

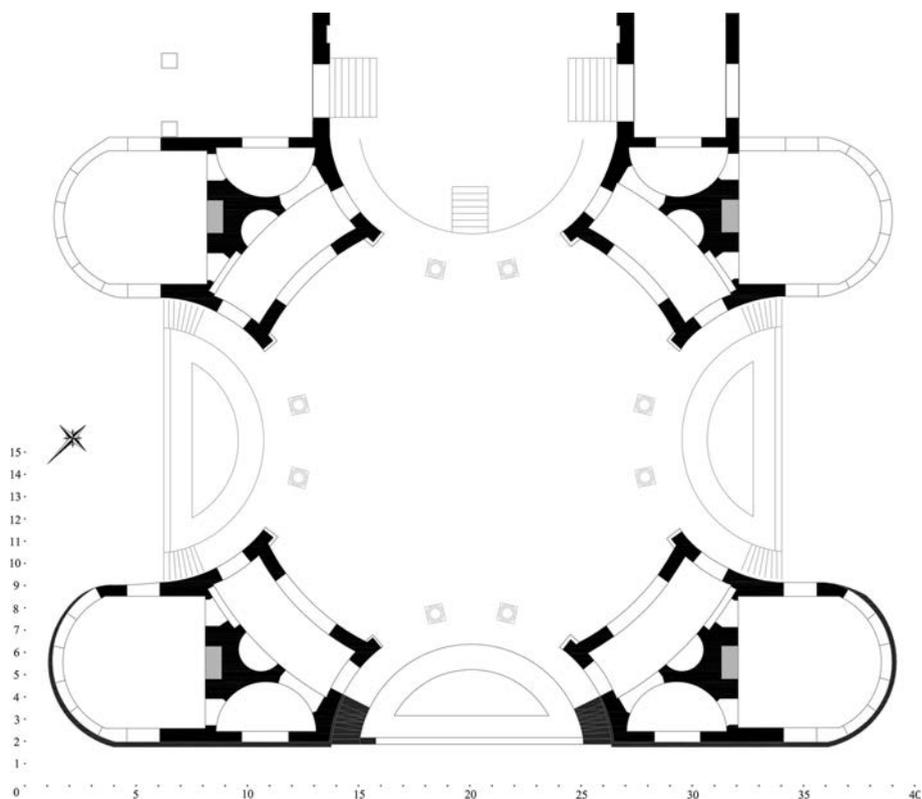


Fig. 2. Villa Adriana, Atrio Mistilineo, pianta (autore).

Ma sarebbe riduttivo pensare che tali forme fossero destinate solo a nuovi effetti prospettici. In alcuni casi in cui si è potuto accertare con discreta certezza la presenza di una copertura massiccia si può rilevare la capacità di alcune forme, in particolare quella ottagonale sinuosa appositamente conformata, di generare zone resistenti di maggiore spessore, o poste in maniera che fungessero da elementi di contrasto: queste zone divenivano nella manifestazione tridimensionale dell'edificio parti resistenti, che ne permettevano la tenuta, e che hanno consentito la costruzione di idee architettoniche originalissime.

L'esempio più alto è probabilmente rappresentato dal cd. Atrio Mistilineo dell'Accademia (figg. 1-2), oggetto di un approfondito studio da parte di chi scrive². Si tratta di un edificio di straordinaria complessità e per questo tra i più interessanti ma allo stesso tempo tra i più difficili da interpretare e ricostruire.

2. Per uno studio completo ed esaustivo dell'edificio si veda OTTATI, 2022 con bibl.

Inoltre, lo stato di conservazione, pessimo, non ha permesso di individuare informazioni certe in merito alla sua copertura (*fig. 3*). Tuttavia, gli indizi rinvenuti hanno permesso di formulare delle ipotesi sul progetto, che, come è ben noto, prendeva sempre le mosse dalla scelta della copertura a cui tutte le parti strutturali venivano assoggettate.

Siamo chiaramente di fronte a un'architettura sperimentale. Si tratta di un edificio con spessori murari ridotti al minimo che aveva fatto addirittura dubitare della presenza di una copertura. L'analisi dell'edificio ha permesso di osservare come l'Atrio Mistilineo tenda ad ampliare i propri spessori murari man mano che evolve verticalmente grazie all'uso diffuso di archi e piattabande, generando un sistema di contenimento delle spinte oblique per mezzo della forma e di ambienti voltati di contrasto (*fig. 4*).

Sia la forma che la struttura paiono predisposti a contenere un sistema spingente generato da un grosso carico centrale. Le linee della complessa planimetria mistilinea dimostrano come fin da progetto era stato previsto un articolato sistema con cui le spinte venivano sapientemente distribuite su quattro possenti piloni pentagonali posti simmetricamente ai quattro angoli dell'edificio (*fig. 5*). La geometria, dunque, risultato dell'unione di tutte le parti, era parte integrante delle soluzioni volte a sostenere una copertura massiva composta su pianta ottagonale. Parliamo di una copertura che per dimensioni e complessità rappresenta un *unicum*, almeno per le attuali conoscenze sull'architettura romana.

Lo studio svolto sulle evidenze murarie ha permesso alcune osservazioni sulle forme della *dispositio* vitruviana, ovvero *icbnographia*, *orthographia* e *scaenographia*, dunque un discorso su geometrie e proporzioni utilizzate in fase di progettazione (*fig. 6*)³.

Il processo di costruzione di un oggetto di enorme complessità come questo edificio deve aver reso indispensabile il ricorso a conoscenze piuttosto elevate di geometria piana e solida. Il risultato non può non essere considerato un esperimento, che non a caso non trova confronti stretti in nessuna architettura conservata, mentre le parentele possibili non fuoriescono dall'ambito cronologico adrianeo.

Se per planimetrie definite ortogonalmente la semplice moltiplicazione di forme e dimensioni, integrata da disegni dettagliati, poteva essere sufficiente sia al progetto che alla trasmissione e dunque alla cantierizzazione, gli edifici con parti curve imponevano una pianificazione più precisa e articolata, soprattutto quando elaborati in una disposizione poligonale e come caso estremo quando costituiti da elementi concavi e convessi. Ma come osservato da Friedrich Rakob,

3. OTTATI, 2022.

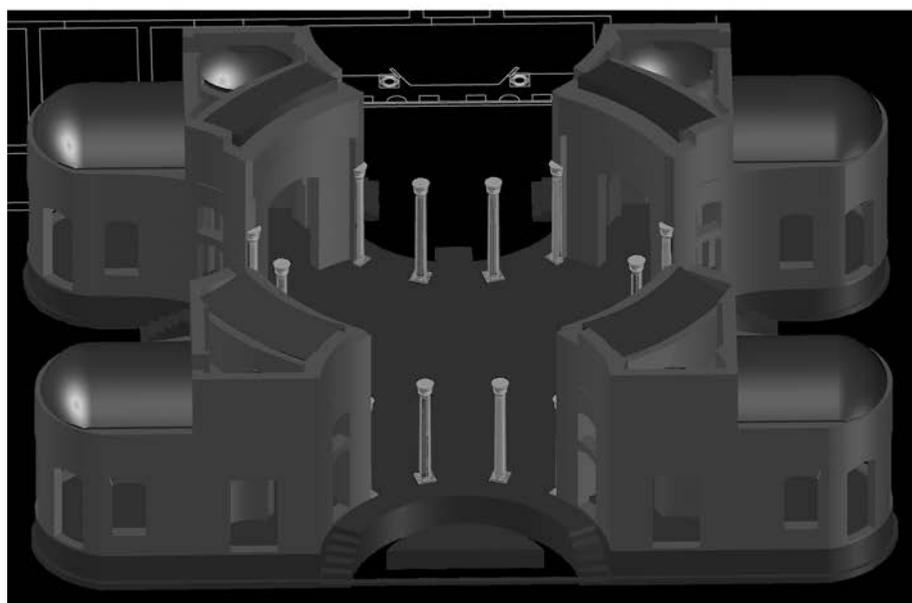
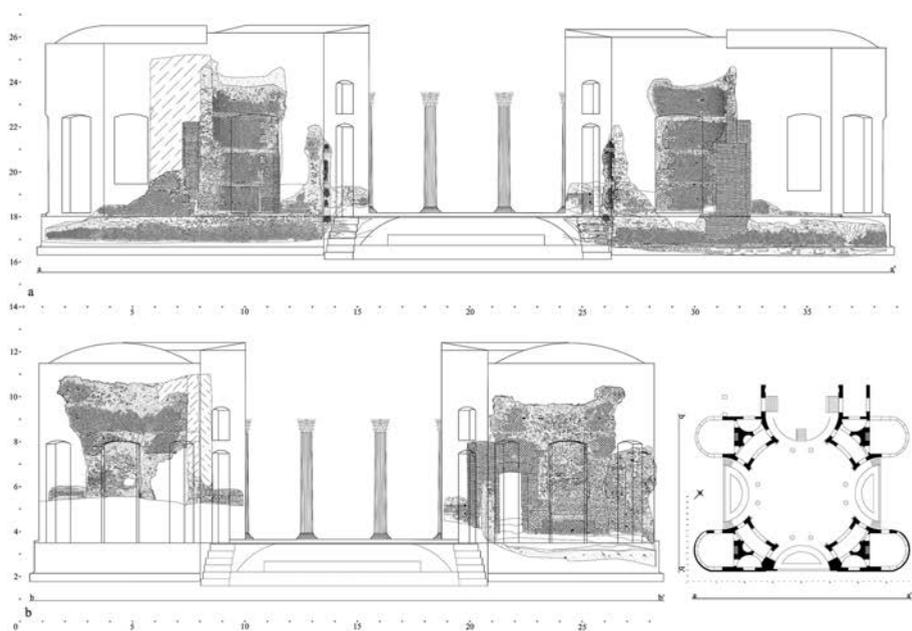


Fig. 3. Villa Adriana, Atrio Mistilineo (autore); a: prospetto dell'evidenza archeologica con ipotesi ricostruttiva visto da nord-ovest; b: prospetto dell'evidenza archeologica con ipotesi ricostruttiva visto da nord-est; c: restituzione tridimensionale dei volumi delle quattro strutture.

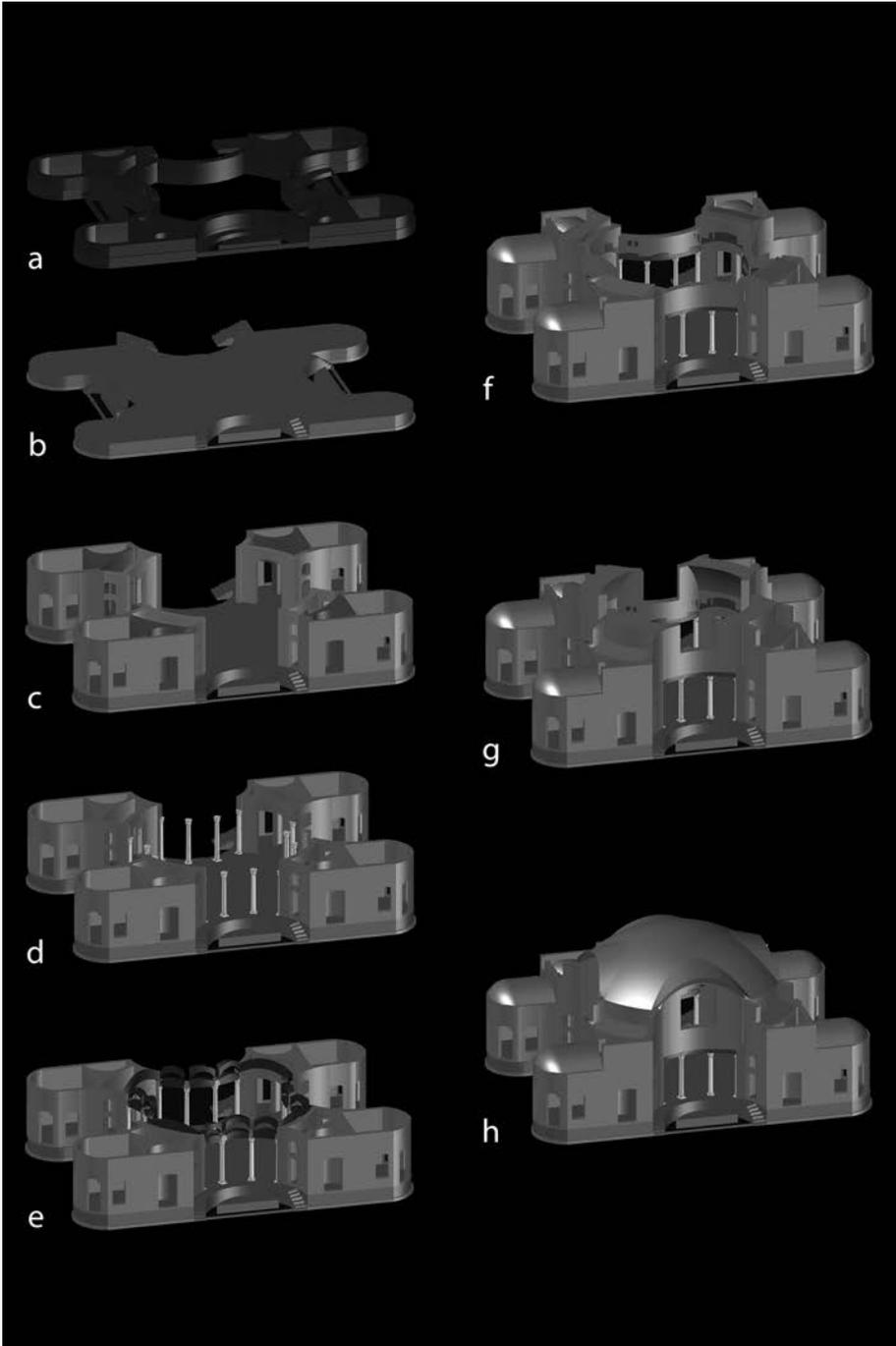


Fig. 4. Villa Adriana, Atrio Mistilineo, ipotesi ricostruttiva del processo di costruzione (autore).

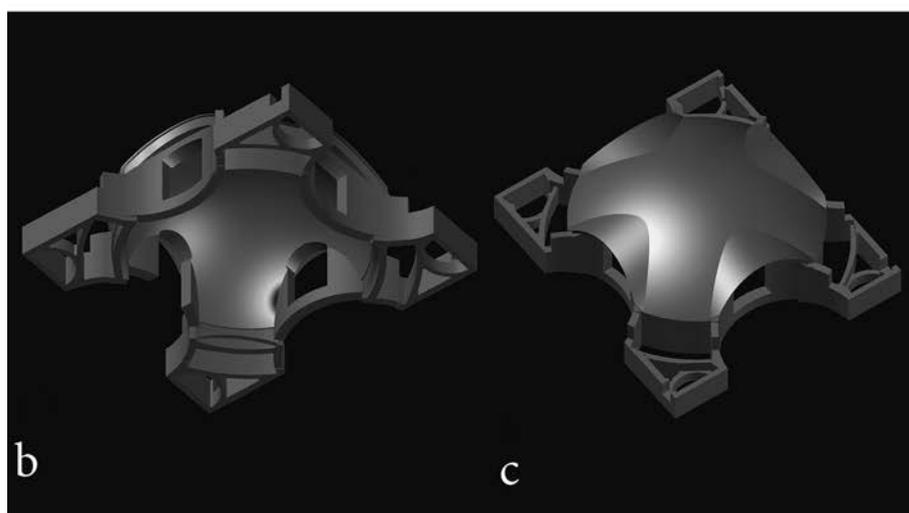
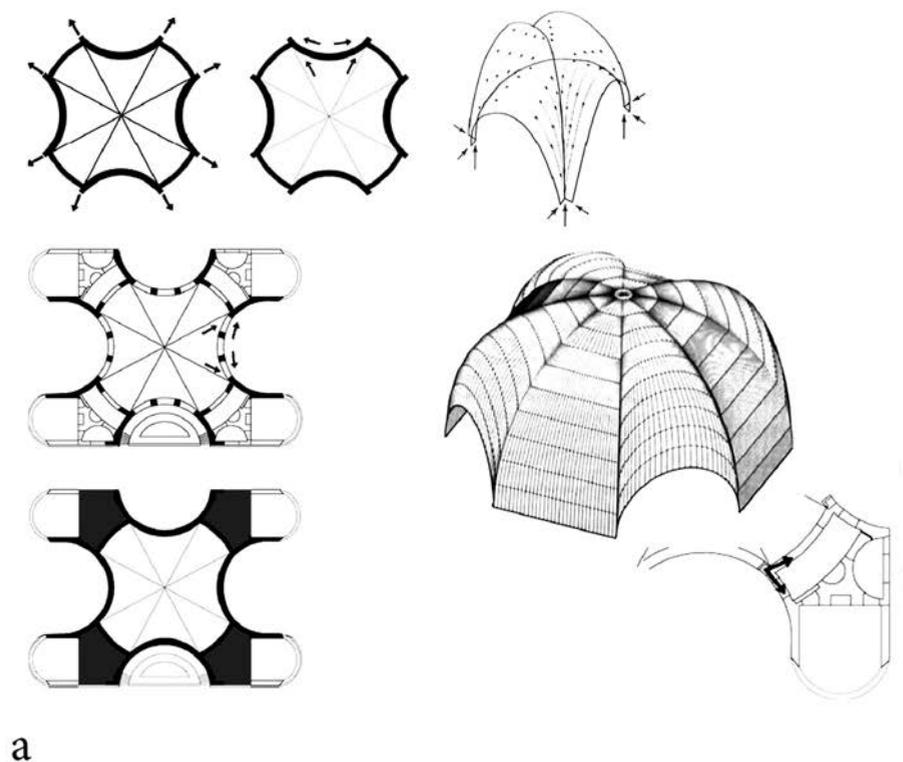


Fig. 5. Villa Adriana, Atrio Mistilineo, ipotesi di copertura (autore); a: sistema di scarico di un'ipotetica copertura massiva composita; b: restituzione tridimensionale intradosso; c: restituzione tridimensionale estradosso.

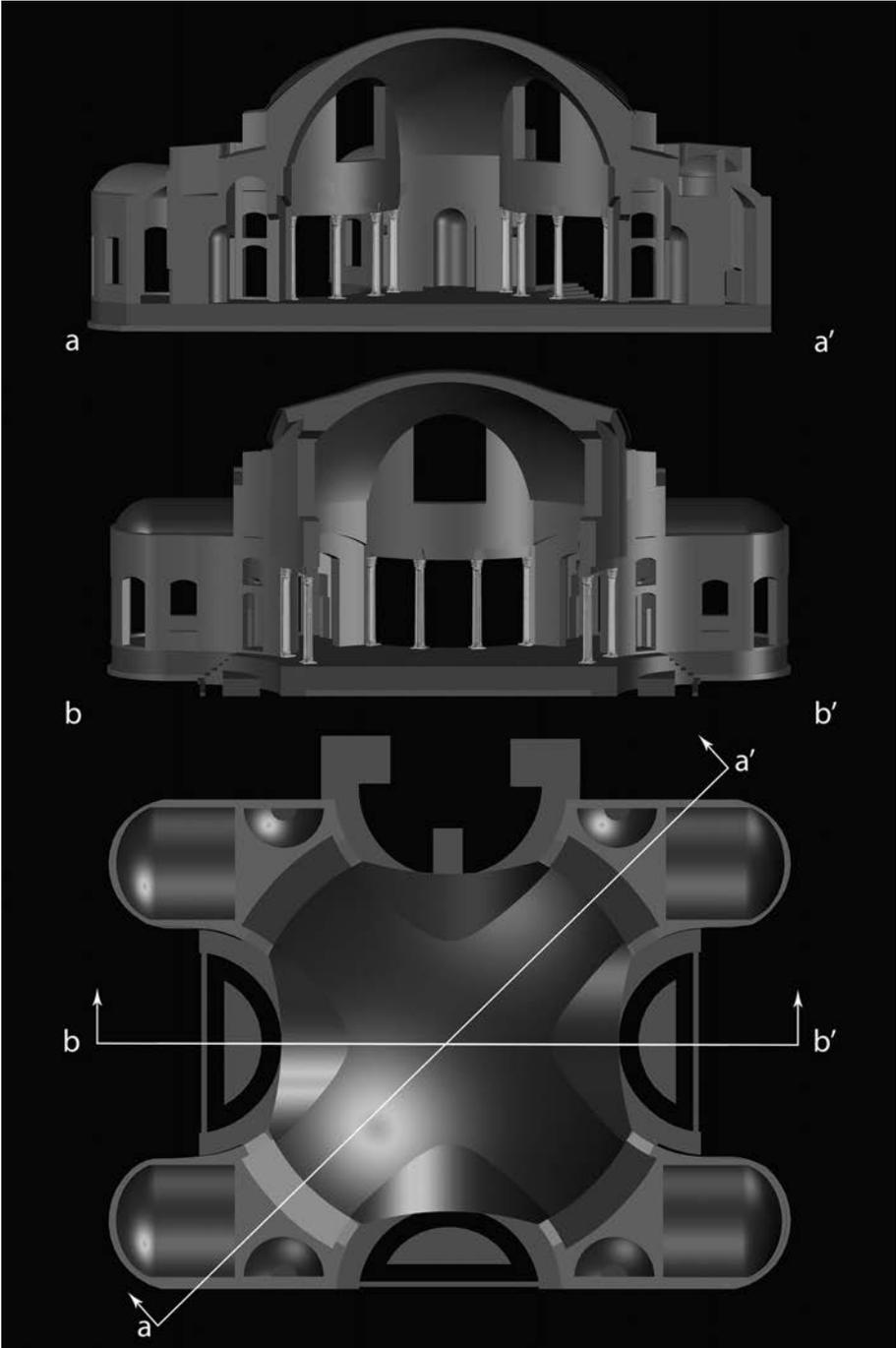


Fig. 6. Villa Adriana, Accademia, Atrio Mistilineo, pianta e sezioni (autore).

il diagramma metrologico di queste planimetrie complicate doveva comunque essere ridotto a relazioni dimensionali facili da maneggiare, impostato in cantiere su scala originale usando supporti semplici⁴.

Il gioco geometrico presente nella planimetria dell'Atrio Mistilineo è piuttosto esplicito e interpretazioni vengono proposte da diversi studiosi⁵. Il primo ad affrontare il tema è proprio Rakob, che tratta l'Atrio Mistilineo sia nel lavoro sulla Piazza d'Oro, come elemento di comparazione, che in un articolo del 1984⁶. L'autore identifica nella pianta una griglia basata su due moduli di base: il primo corrispondente a $3 \times 5 = 15$ piedi, utilizzato contemporaneamente a un secondo di $3 \times 4 = 12$ piedi (*fig. 7*). Ma a questo sistema, facilmente riducibile o implementabile, vengono aggiunti i colonnati concavi, un nuovo requisito che secondo l'autore è difficile da gestire dal punto di vista planimetrico sia per la deformazione della curva che per la differenza dimensionale generata tra parti concave e convesse, cosicché diviene problematica l'unione delle due differenti curve che dovevano fondersi l'una nell'altra in una geometria ondulata. Questa difficoltà di far coincidere le curve avrebbe richiesto quindi aggiustamenti sia strutturali che decorativi, visto che i rivestimenti e le parti in marmo si sono dovuti adattare a forme complesse. Inoltre, Rakob è il primo a cogliere come la progettazione architettonica dell'edificio si basasse anche sul sistema del cerchio circoscritto e inscritto nel quadrato⁷.

Partendo dalla ricostruzione di Rakob nel volume dedicato alla Piazza d'Oro⁸, modificandone l'interpretazione, David M. Jacobson delimita una griglia modulare sul sistema secondo cui il quadrato, definito da quattro cerchi di raggio disegnati attorno a ciascuno degli assi principali, fosse determinante per le fasi successive di progettazione, con il quadrato circoscritto e un altro ottenuto attraverso il cerchio che lo circonda. L'autore ricostruisce il cerchio primario e la griglia modulare su un valore del raggio arrotondato di 25 piedi romani⁹ (*fig. 8*).

William L. Mac Donald e John. A. Pinto, che paragonano la pianta dell'edificio a quella dell'isola del Teatro Marittimo, vista al rovescio, considerano invece la geometria interna governata da un cerchio di 26,5 m (90 piedi). Gli autori determinano quindi come cerchio principale quello disegnato dalle strutture superstiti (*fig. 9*) e non quello dell'ambiente centrale definito dai pilastri, né tantomeno quello definito dai colonnati concavi¹⁰.

4. Cfr. RAKOB, 1984, 221 s.

5. JACOBSON, 1986, 79–81; MAC DONALD E PINTO, 1997, 113; WILSON JONES, 2000 con bibl. in part. 94; OTTATI, 2017A, 170 s.; OTTATI, 2022.

6. RAKOB, 1967, 75–88; RAKOB, 1984.

7. RAKOB, 1967; RAKOB, 1984, 224 s.

8. In base al confronto con il lavoro di Rakob sulla Piazza d'Oro considera scoperto anche l'Atrio Mistilineo: JACOBSON, 1986, 81.

9. JACOBSON, 1986, 80–81.

10. MAC DONALD E PINTO, 1997, 110 s.

Infine, Mark Wilson Jones, trattando principalmente l'edificio annesso al Tempio di Venere a Baia, cita Atrio Mistilineo e Piazza d'Oro riproponendo quanto esposto da Jacobson, ovvero che il progetto prendesse le mosse da una griglia ortogonale, una scacchiera di nove quadrati, e identificando il metodo di duplicazione utilizzato come confrontabile con la progressione *ad quadratum*¹¹.

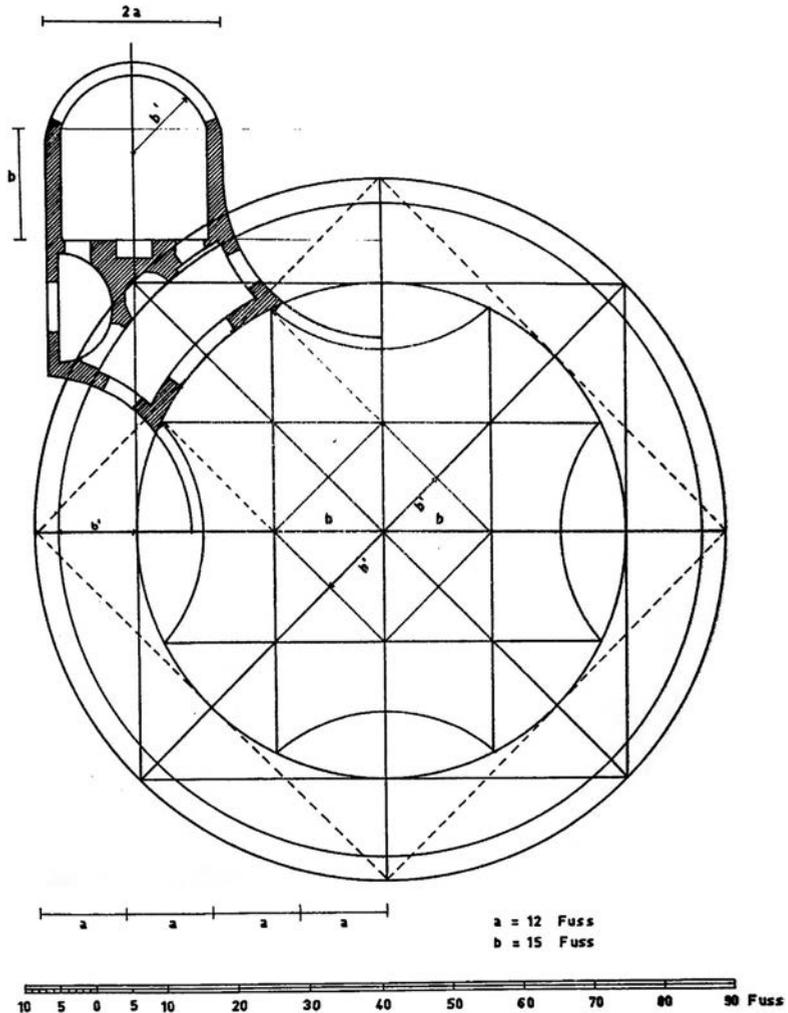


Fig. 7. Villa Adriana, Accademia, Atrio Mistilineo, schema metrico alla base del progetto secondo Rakob (da RAKOB, 1984, 225).

11. WILSON JONES, 2000, 90.

Sia Jacobson che Mac Donald e Pinto e Wilson Jones utilizzano come base la pianta di Kähler¹² (fig. 10). Potendo fruire di nuove rilevazioni, si è cercato di verificare quali considerazioni segua la progettazione di un sistema così multiforme, almeno quelle che possono essere acquisite dalla struttura esistente anche in mancanza di parte dell'elevato¹³.

Prime osservazioni sul progetto riguardano ovviamente la *ichnografia* (fig. 11). Pur nella difficoltà di identificare con precisione il piede standard utilizzato nella

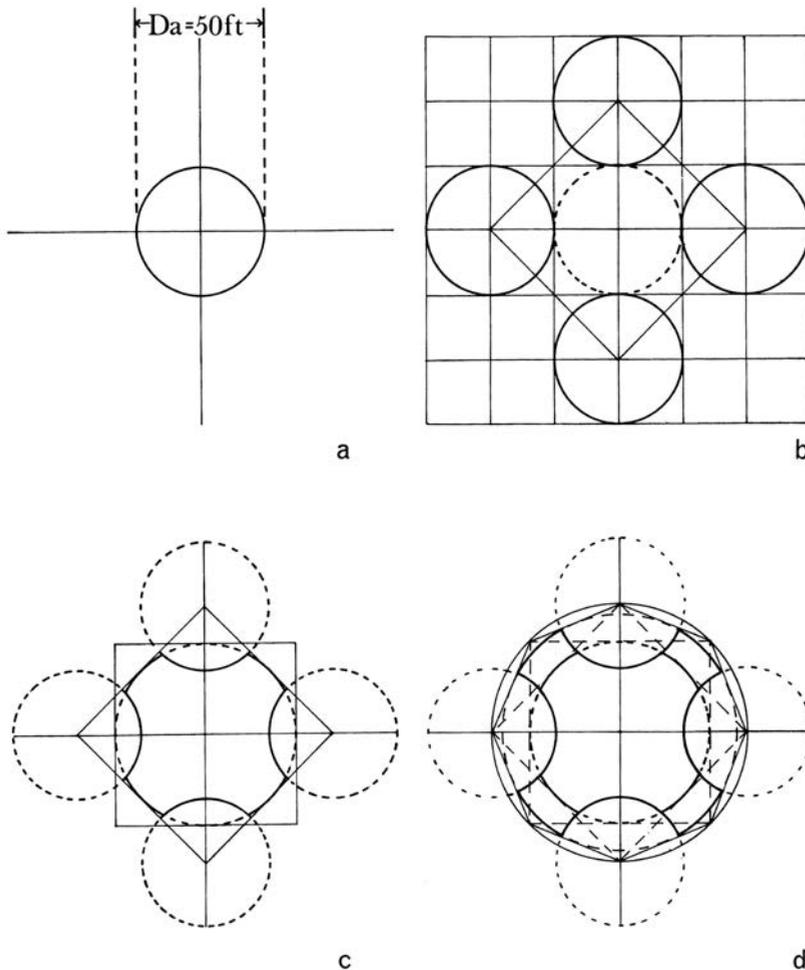


Fig. 8. Villa Adriana, Accademia, Atrio Mistilineo, schema metrico alla base del progetto secondo JACOBSON (da JACOBSON, 1986, 82).

12. KÄHLER, 1950.

13. OTTATI, 2022.

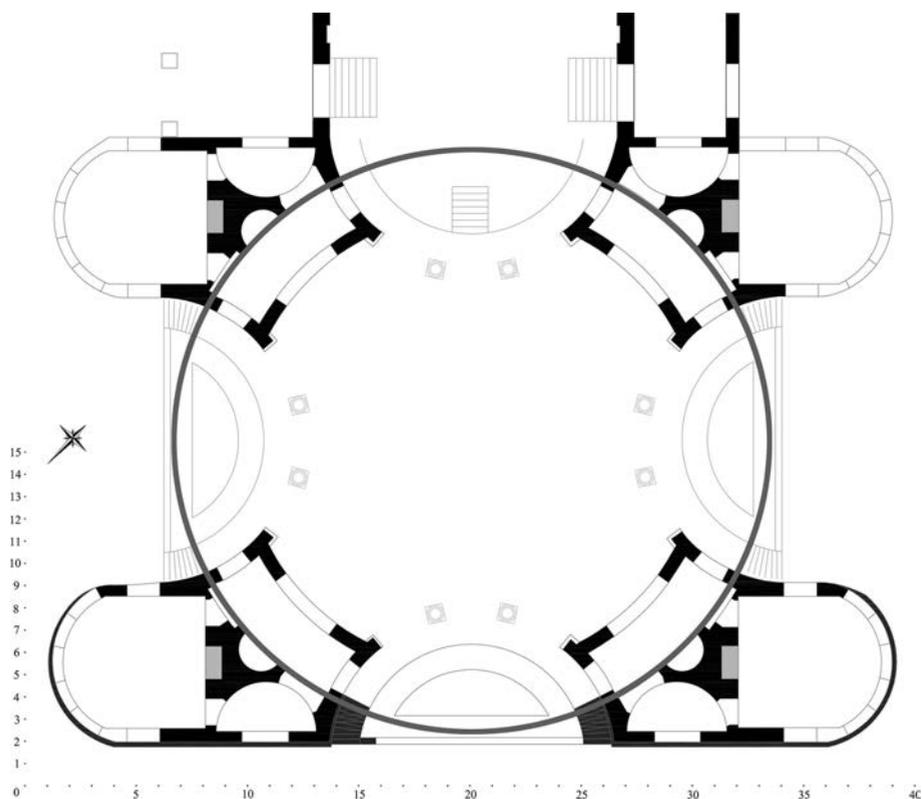


Fig. 9. Villa Adriana, Accademia, Atrio Mistilineo, pianta con indicazione della circonferenza disegnata dalle strutture conservate (autore).

costruzione del complesso adrianeo¹⁴, si nota che le dimensioni del monumento, rilevate da chi scrive, corrispondono in maniera quasi esatta a multipli del piede romano riconosciuto in 29,6 cm ca. Le lievi differenze possono essere imputabili alla scarsa conservazione delle strutture o alla ovvia impossibilità che le costruzioni corrispondessero perfettamente a quelle previste da progetto. Al di là dell'indice di errore, che risulta comunque trascurabile, le misure presentano un'alta corrispondenza con valori implementati, tramite principi di duplicazione e progressione numerica, a partire da un modulo di base di sette piedi romani, ovvero l'ampiezza delle nicchie angolari che presentano una misura che varia dai 2,04 ai 2,07 m (fig. 11, a). La pianta viene generata con multipli di questa cifra: il diametro del cerchio inscritto nei colonnati concavi misura 14,49 m, 49 piedi romani, sette volte il modulo di base (fig. 11, b). Questo è grossomodo il valore

14. Sul tema si veda CINQUE E LAZZERI, 2010.

utilizzato da Jacobson –seppur approssimato a 50 piedi– per la restituzione della griglia modulare alla base del progetto (fig. 8). Inoltre, partendo da questa misura, con la progressione *ad quadratum* sovrapposta a cerchi concentrici, ovvero un gioco di circoscrizione e inscrizione di quadrato e cerchio, si ottengono le diverse circonferenze che delineano i limiti e la forma del monumento. Le fondamentali sono (b), (c), (e), (f), multipli dei sette piedi del modulo di base (fig. 11, 2).

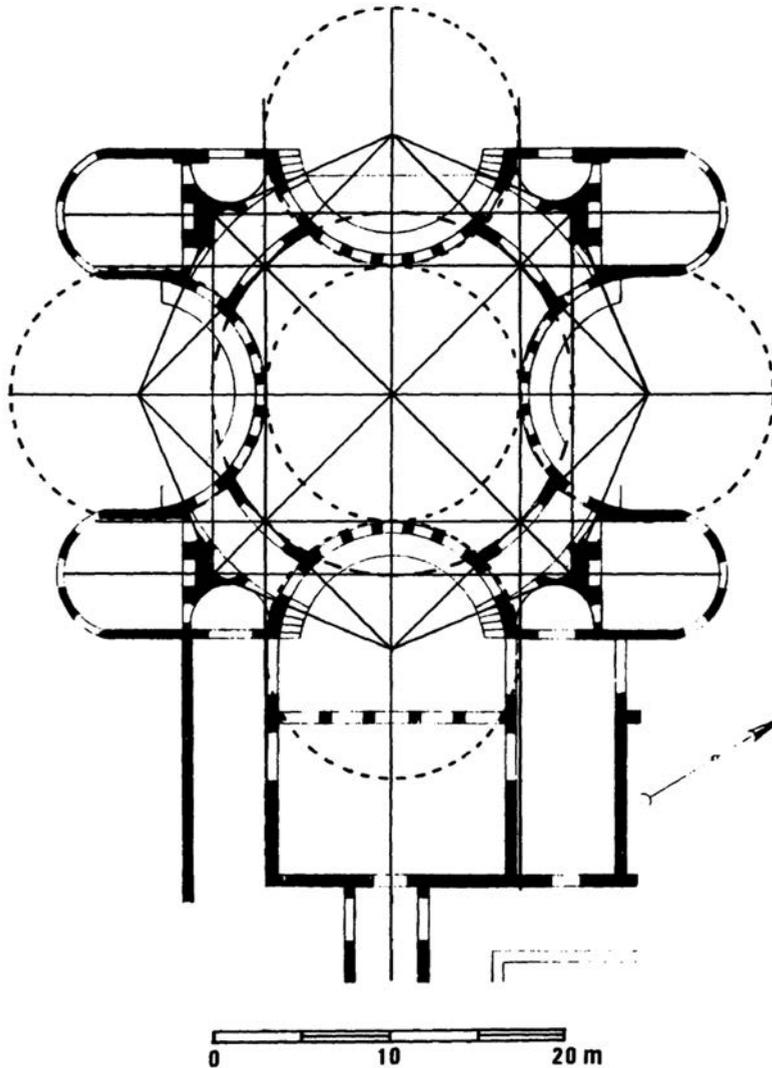


Fig. 10. Villa Adriana, Accademia, Atrio Mistilineo, schema metrico alla base del progetto secondo Rakob (da JACOBSON, 1986, 81).

- Diametro a: 2,06 m = 7 piedi ca.
- Diametro b: 14,49 m = 49 piedi ca. (7 × 7).
- Diametro c: 20,64 m = 70 piedi ca. (7 × 10).
- Diametro d: 26,92 m = 91 piedi ca. (7 × 13).
- Diametro e: 29,04 m = 98 piedi ca. (7 × 14).
- Diametro f: 41,09 m = 140 piedi ca. (7 × 20).

La pianta veniva dunque ottenuta utilizzando combinazioni di archi disegnati a compasso, una procedura in linea con le abilità artigianali tradizionali. Una manipolazione di cerchi e quadrati attorno a un centro comune. Il procedimento alla base della duplicazione delle aree tramite iscrizione e circoscrizione, comparabile con il medievale metodo della progressione *ad quadratum*¹⁵, è

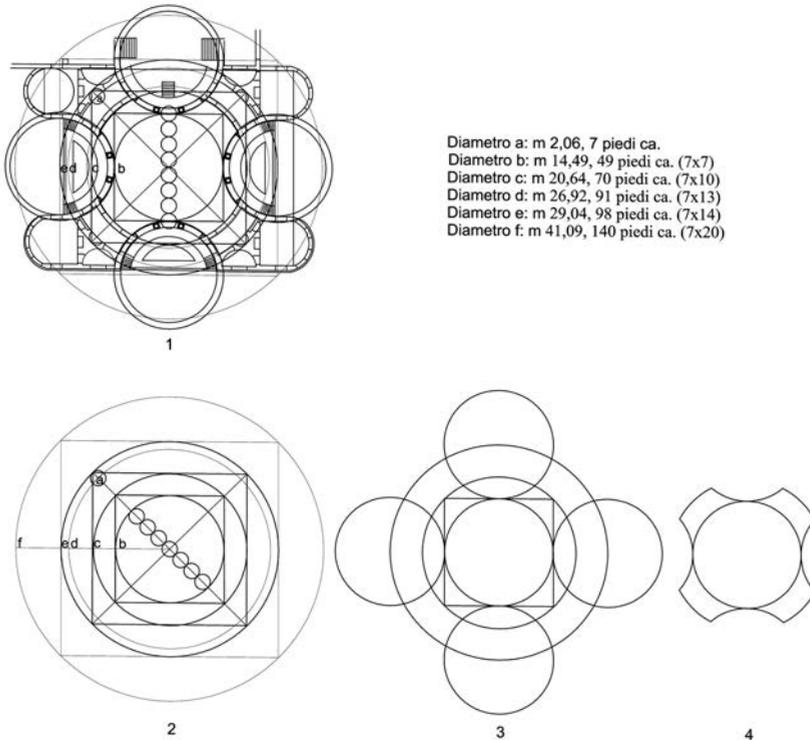


Fig. 11. Villa Adriana, Accademia, Atrio Mistilineo, planimetria, schema metrico e geometrico alla base del progetto (autore).

15. Seppur non esista una documentazione romana sulla progressione *ad quadratum* corrispondente a quella dei

manuali medievali, non è affatto azzardato supporre l'esistenza (Cfr. WILSON JONES, 2000, 90).

antichissimo e si ritrova già in una tavoletta mesopotamica¹⁶. Viene descritto dettagliatamente da Vitruvio che ne attribuisce la paternità a Platone¹⁷. L'autore afferma che nella necessità di dover raddoppiare l'area di un sito o di un campo quadrato, il problema, non risolvibile aritmeticamente tramite una semplice moltiplicazione, può essere superato con estrema precisione facendo ricorso alla geometria. Tracciando nel quadrato di dieci piedi di lato una diagonale da un angolo al suo opposto così da ottenere due triangoli di uguale grandezza aventi un'area di cinquanta piedi ciascuno e prendendo come base la diagonale, costruiamo su di essa un altro quadrato; così otterremo nel quadrato minore due triangoli con un'area di cinquanta piedi ciascuno e in quello maggiore, tracciando le rispettive diagonali, ne avremo quattro di uguale estensione e grandezza.

Come osservato da Wilson Jones, Vitruvio dimostra che il risultato desiderato poteva essere ottenuto geometricamente, rendendo i lati del nuovo quadrato uguali alla diagonale del primo, quindi con il rapporto noto come $\sqrt{2}$. Vitruvio dedica persino un'illustrazione, purtroppo perduta, a chiarire la questione, che doveva assomigliare ai diagrammi evocati da Platone nel suo Μένων. Progressioni $\sqrt{2}$ servivano per regolare e semplificare i disegni dei motivi decorativi che coinvolgono i quadrati, come si può vedere in un ampio spettro di opere a mosaico e *opus sectile*¹⁸.

Tuttavia, ovviamente, la geometria di un edificio era ben altra cosa rispetto a quella di un mosaico: un edificio doveva stare in piedi. Dunque la geometria e la matematica dovevano essere finalizzati non solo alla forma ma al giusto dimensionamento geometrico delle parti resistenti¹⁹. Se si volge lo sguardo alla ricostruzione plausibile dell'alzato dell'Atrio Mistilineo, ovvero alla *orthographia*, ci si rende conto che le circonferenze che abbiamo visto alla base della costruzione della pianta sono importanti anche ai fini della progettazione dei volumi e della copertura, anzi, paiono finalizzate in prima istanza proprio a progettare la copertura che completava l'edificio e da cui dipendeva, come di consueto, il dimensionamento delle strutture portanti (fig. 12). Si nota infatti come le varie altezze dell'edificio, quelle ancora riscontrabili sul terreno e quelle ipotizzabili, corrispondano ai raggi delle diverse circonferenze, posizionati sui

16. WILSON JONES, 2000, 90.

17. "Quadratus locus, qui erit longus et latus pedes denos, efficit areae pedes C. Si ergo opus fuerit eum duplicare, pedum CC, item e paribus lateribus facere, quaerendum erit, quam magnum latus eius quadrati fiat, ut ex eo cc pedes duplicationibus areae respondeant. Id autem numero nemo potest invenire. Namque si XIII constituentur, erunt multiplicati pedes CXCVI, si XV, pedes CCXXV. Ergo quoniam | id non explicatur numero, in eo quadrato, longo et lato pedes X quod fuerit, linea ab angulo ad angulum diagonos

perducatur, uti dividantur duo trigona aequa magnitudine, singula areae pedum quinquagenum, ad eiusque lineae diagonalis longitudinem locus quadratus paribus lateribus describitur. Ita quam magna duo trigona in minore quadrato | quinquagenum pedum linea diagonio fuerint designata, eadem magnitudine et eodem pedum numero quatuor in maiore erunt effecta" (Vitr. 11, pref., 4-5).

18. WILSON JONES, 2000, 90.

19. Sul concetto di dimensionamento geometrico dei pilastri portanti: GIULIANI, 1975A, 21.

piani di imposta delle coperture dei diversi ambienti. Partendo dalla distanza tra cerchio (e) e cerchio (d), che corrisponde all'altezza della semicupola delle nicchie, ci si accorge che la distanza successiva, (d) e (c), corrispondono al cervello della volta a botte dei corridoi laterali e al piano di imposta della volta centrale (fig. 12, 1). Posizionando quindi le semisfere corrispondenti alle circonferenze di base sui piani di imposta, i solidi generati paiono finalizzati proprio alla creazione dei volumi e degli spessori delle coperture, di intradosso e estradosso (fig. 12, 1, 3). Le dimensioni della pianta appaiono quindi collegate

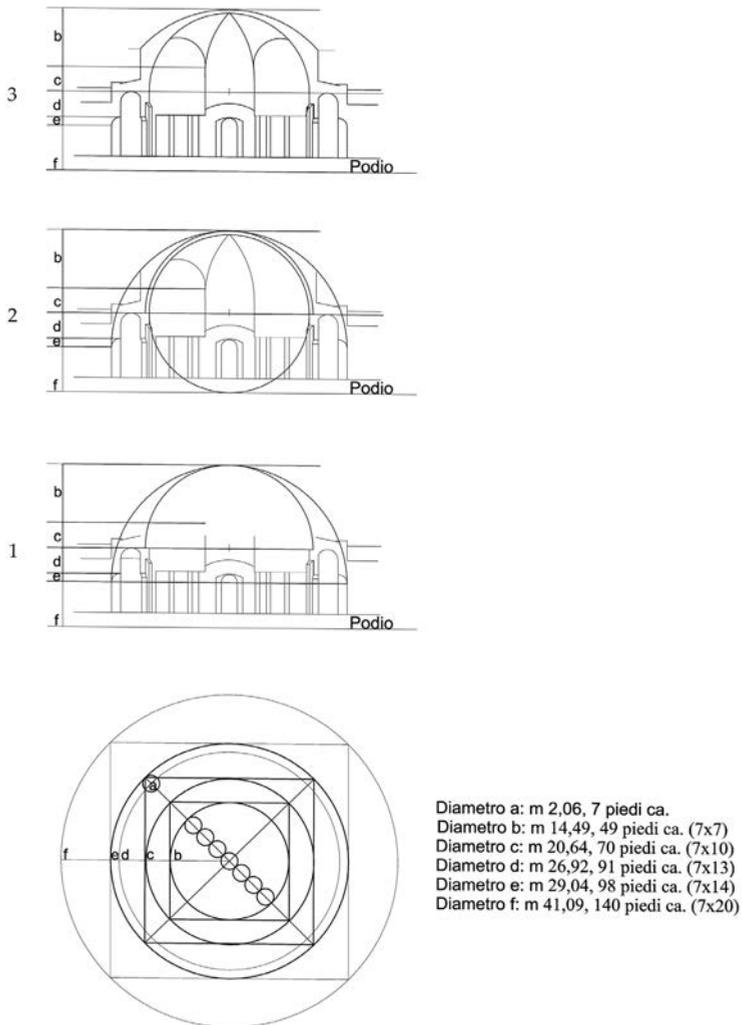


Fig. 12. Villa Adriana, Accademia, Atrio Mistilineo, alzato, schema metrico e geometrico alla base del progetto (autore).

a quelle dell'alzato, fissate in base al sistema di *symmetria* e perfettamente proporzionate 1:1. Seppur vero che ci si trova di fronte a un esperimento compositivo basato su un'ipotesi ricostruttiva, il rapporto geometrico stretto tra pianta e alzato è difficilmente annoverabile nel campo della casualità.

Come osservato da Luca Cipriani, Filippo Fantini e Silvia Bertacchi: “*L'ichnographia* è un concetto che anticamente incamerava aspetti diversi della progettazione come noi oggi la concepiamo; [...] La pianta, per dirla in termini contemporanei, è l'elaborato di base, dal quale si generano e si determinano i successivi passaggi mediante la tecnica dell'*orthographia* che portava al completamento dell'opera attraverso una *ratio* precisa in alzato: dall'area della pianta al volume complessivo dell'alzato, dallo spessore delle murature a quello delle coperture, dalla distribuzione delle strutture di piedritto in pianta alle modalità di collegamento fra queste mediante trabeazioni o archi con i relativi spessori. Da ciò si evince come la scelta dei piani rispetto ai quali sezionare un edificio complesso, alterato dai fattori precedentemente commentati, sia il passaggio più importante fra quelli che portano ad un'analisi appropriata del progetto antico, in grado cioè di esplicitare i passaggi concettuali espressi dall'elaborato di impianto dell'edificio, la planimetria”²⁰.

La pianta dell'Atrio Mistilineo si dichiara esplicitamente come creazione di un architetto ben educato alla geometria piana e dell'intersezione dei solidi. Il processo utilizzato per delineare la pianta prevedeva la conoscenza dei principi di Euclide e soprattutto di Archimede²¹. Ma l'antico architetto non era certo digiuno di aritmetica. Vitruvio è molto chiaro nel descrivere come si relazionano i diversi ambiti della conoscenza nella formazione dell'architetto e dunque nell'atto della progettazione: “Egli deve essere versato nelle lettere, abile disegnatore, esperto di geometria, conoscitore di molti fatti storici; nondimeno deve possedere cognizioni in campo filosofico e musicale, non sia ignaro di medicina, conosca la giurisprudenza e le leggi astronomiche. Grazie ad una formazione letteraria l'architetto potrà più facilmente rafforzare la memoria per mezzo di appunti. Saper disegnare gli sarà utile a tracciare con disinvoltura uno schizzo dell'opera nei suoi particolari. Più di un sussidio gli è inoltre fornito dalla geometria che innanzitutto insegna l'uso della squadra e del compasso, strumenti di fondamentale utilità per poter agevolmente sviluppare in piano i progetti delle costruzioni, nonché tracciare angoli retti, livelli e parallele. Così pure le cognizioni di ottica consentono una corretta illuminazione degli edifici, a seconda della loro esposizione e del

20. CIPRIANI ET AL., 2020B.

21. In particolare gli scritti “Sulla sfera e il cilindro”, di grande importanza ai fini della progettazione di spazi a

volta in quanto include come calcolare il volume di una sfera.

loro orientamento. L'aritmetica serve a calcolare complessivamente le spese di costruzione e a fissare il computo delle misure, mentre i difficili problemi di simmetria vengono sistematicamente risolti col calcolo geometrico²².

È stato osservato come a Villa Adriana la progettazione paia essere stata condotta prevalentemente attraverso procedimenti di proporzione geometrica piuttosto che mediante dimensioni numeriche²³. Tuttavia, come affermato da Wilson Jones, l'aritmetica era generalmente il vincolo più importante nel determinare la dimensione e la forma degli spazi e degli elementi architettonici, con proporzioni commisurabili che predominano approssimativamente in funzione della loro semplicità. Frequentemente le pratiche antiche richiedevano una combinazione dei due approcci²⁴.

Nella ripetizione e duplicazione del numero sette rintracciabile nel dimensionamento modulare della pianta dell'Atrio Mistilineo si intravede una scelta matematica estremamente significativa in quanto rimanda ai principi di Erone di Alessandria, a cui si deve una semplificazione del π utilizzando la formula $22/7$, capace di generare misure e proporzioni in maniera più semplice e dunque più appropriata all'ambito della costruzione. È stato rilevato come utilizzare valori del raggio o diametro uguali a sette o multiplo di sette facilitava il denominatore della frazione e dunque i calcoli di circonferenze, superfici e volumi, che potevano anche essere risolti con l'aritmetica mentale. Questo tipo di valori domina anche gli esempi relativi a sfere e cilindri, e dunque è evidente quali fossero i vantaggi di un approccio così sistematico per il calcolo di elementi costruttivi complicati. È persino immaginabile che esistessero grafici che raccogliessero i risultati di calcolo. Tale espediente era dunque particolarmente adatto alla concezione e progettazione di cupole²⁵.

La notizia di un trattato perduto di Erone sulle cupole è esplicitamente fornita da Eutocio da Ascalon nel commentario "Sulla sfera e il cilindro" di Archimede²⁶. Nella storia dell'architettura la prevalenza dello studio del *De architectura* di Vitruvio ha contribuito a porre in secondo piano campi della conoscenza come la matematica, che però può risultare cruciale per comprendere la produzione dell'architettura antica²⁷. Di recente tuttavia sta prendendo corpo un rinnovato interesse verso questo argomento generando scoperte di estrema importanza e un coinvolgimento decisivo dell'opera di Erone ai fini cantieristici antichi ma non solo. In nuovi studi si avanza l'ipotesi che l'evoluzione di alcuni modelli architettonici con l'uso delle nuove cupole

22. Vitr. 1, 1, 3-4.

23. CINQUE E LAZZERI, 2010, 56.

24. WILSON JONES, 2000, 87.

25. SVENSHON, 2009.

26. MARTINES, 2014, 280; FANTINI, 2018, 83 s.

27. Cfr. WILSON JONES, 2000, 87.

sottili, derivi dalla diffusione in ambito romano di manuali tecnico-scientifici di area alessandrina²⁸. L'eccezionale importanza dei principi di Erone per il processo di comprensione della produzione architettonica antica è stato osservato per edifici ben conservati, come Santa Sofia a Costantinopoli²⁹.

Ma è proprio a Villa Adriana che recenti studi stanno mettendo in luce un ruolo fondamentale di Erone nella progettazione e cantierizzazione delle tante e note cupole conservate nel sito e che spiccano per caratteristiche di sperimentazione³⁰. Come osservato da Fantini: “non appare azzardato supporre che a Villa Adriana l'imperatore avesse fra i membri della propria corte matematici ed architetti che in sinergia sviluppassero i propri prototipi. Le volte a ombrello (Serapeo, vestibolo di Piazza d'Oro) e, ancor di più, quelle più simili a tende (Piccole Terme) possono essere rilette, alla luce di tali studi, come la combinazione di superfici rigate, facilmente traducibili in centine, che riproducono, attraverso una semplificazione, le più complesse intersezioni di cilindri e di sfere”³¹.

A partire da rilevamenti eseguiti con laser scanner e fotogrammetria di alcune delle cupole conservate di Villa Adriana gli autori hanno condotto ricerche sulla progettazione, permettendo di ipotizzare i sistemi di dimensionamento delle strutture e possibili criteri di definizione del rapporto intradosso-estradosso³², che viene risolto attraverso un concetto presente nei testi di Erone, ovvero quello di circonferenza media. La media è ottenuta sommando la lunghezza di profili circolari interni ed esterni e dividendola per due: tale quantità di volta in volta viene moltiplicata per una quantità variabile, una misura o talvolta anche un numero scalare³³. La metodologia applicata prevede l'identificazione di una griglia modulare osservando sequenze di elementi strutturali, come colonne, nicchie, finestre e la misurazione dei principali diametri della cupola: diametro medio, spessore della cupola, area massima del cerchio³⁴. Lo studio comparato delle differenti cupole conservate ha permesso di affermare che gli architetti operavano con due protocolli: applicazione di motivi geometrici per una definizione generale della forma, quindi, una volta prodotte quantità irrazionali attraverso l'uso del compasso, venivano adattate a quantità finite, sia per il raggiungimento di un calcolo più semplice di aree e volumi per le stime metriche, che per tradurre tutto in griglie al fine di facilitare le questioni pratiche nel processo di costruzione³⁵.

28. CONTI E MARTINES, 2010 propongono come esempio quella realizzata da Severo e Celere per Nerone (Tac. ann. 15, 42, 1).

29. SVENSHON, 2009; SVENSHON, 2010.

30. FANTINI 2018; CIPRIANI ET AL., 2020A; CIPRIANI ET AL., 2020B.

31. FANTINI, 2018, 83 s.

32. CIPRIANI ET AL., 2020A.

33. FANTINI 2018,, 83 s.

34. CIPRIANI ET AL., 2020B.

35. CIPRIANI ET AL., 2020B.

Lo stato di conservazione dell'Atrio Mistilineo, per cui nulla si conserva della copertura, non permette di effettuare calcoli precisi, quindi l'ipotesi che si propone, in quanto ipotesi, non è né certa né incontrovertibile. Ma nella geometria dell'edificio sembra potersi leggere una complessità rivolta proprio a quei calcoli – geometrici e matematici –, attraverso cui si progettavano cupole sottili e dalle forme innovative. Si può affermare che, davanti a esperimenti geometrici come quello rappresentato dall'Atrio Mistilineo e alla luce dei recenti studi, appare quanto mai limitativa l'idea secondo cui i concetti architettonici nell'antichità fossero sviluppati soltanto con “squadra e compasso” lungo figure regolari di geometria pura. Una quantità di indizi supporta l'idea che gli ingegneri dell'antichità lavorassero principalmente lungo un sistema di numeri razionali e valori di approssimazione, fondamentali per la realizzazione pratica presso il cantiere in tutte le sue varie manifestazioni, dal progetto – soprattutto per risolvere problemi complessi e conflitti geometrici in copertura – alla logistica³⁶.

Per concludere, è stato rilevato come la geometria della pianta dell'edificio, come dell'alzato, venga generata dalla distanza di base di sette piedi e da multipli di sette. Si può aggiungere, in forma di suggestione, che la misura di sette volte il modulo di base, corrispondente alla circonferenza inscritta tra i colonnati concavi, appare strettamente legata nella ricostruzione tridimensionale alla porzione di copertura non autoportante (*fig. 11, 4*), creando una distinzione netta nella volta tra pennacchi e parte sommitale. Una soluzione che, con le dovute cautele, rappresenta concettualmente una sorta di iniziale prototipo da cui deriveranno le grandi coperture su pennacchi sferici.

3. L'UTILIZZO DIFFUSO DELLE PIATTABANDE ARMATE

Quando lo spessore dei muri era insufficiente alla tenuta delle originali idee architettoniche si fece largo uso nell'architettura romana di tiranti metallici, utili a contenere le eccessive risultanti grazie alla capacità del metallo di resistenza alla trazione. Le proprietà del metallo in architettura erano ben note da tempo. La sperimentazione nell'uso di elementi metallici avviene già in ambito greco a partire dal VI sec. a.C. In ambiente romano l'uso di tiranti metallici risale al I secolo a.C. È il caso delle arcate dei ponti in cui il nucleo in cementizio era solito crollare a causa delle sollecitazioni del traffico e delle piene del fiume, mentre il paramento in blocchi rimaneva intatto. Per evitarlo spesso si realizzava anche l'intradosso delle arcate con blocchi impernati e ingrappati e si inserivano spine di conci nella muratura di rinfianco tra gli archi a formare contenitori

36. Cfr. SVENSHON, 2009.

chiusi per il conglomerato³⁷. L'uso di catene metalliche nell'architettura romana lo troviamo documentabile nella ricostruzione augustea della *Basilica Aemilia*, sul lato verso la via Sacra³⁸.

Piattabande in laterizio armate con singola asta di ferro sono invece documentate nel criptoportico di epoca flavia di Conimbriga³⁹.

A Villa Adriana l'uso della piattabanda armata si fa più complesso ed è estremamente diffuso, quasi sistematico. Gli esempi noti sono molteplici, come dimostrato dal ritrovamento di pulvini in travertino su cui si impostava la piattabanda e si agganciavano le barre metalliche⁴⁰: si può citare il Teatro Marittimo⁴¹, il cosiddetto Stadio-Giardino, il Serapeo, la cd. Sala dei Pilastri dorici⁴², e si può ipotizzare che ve ne fossero altri purtroppo non conservati.

Un esempio di uso di questa tecnica doveva trovarsi anche nella zona dell'Accademia, probabilmente proprio nell'Atrio Mistilineo, che come abbiamo visto, già in fase di progetto, viene disegnato con finalità specifiche: curve e rette vengono tracciate, predisposte e dimensionate in stretta relazione con l'evoluzione verticale dell'edificio. Tuttavia, per ovviare all'esiguo spessore dei muri portanti, e anche per gestire una forma tanto articolata, non appare azzardato ipotizzare l'uso di tiranti metallici. L'uso del metallo sembra trovare conferma in un pulvino in travertino con chiare tracce dell'aggancio di barre metalliche per una piattabanda armata, conservato presso il monumento (*fig. 13c*)⁴³.

La soluzione di piattabande in laterizio appare la più coerente all'interno dell'architettura esaminata (*fig. 13a*). Il monumento è chiaramente pensato e progettato disponendo sezioni resistenti a contrastare spinte oblique e laterali. Parte del sistema prevedeva soluzioni utili a proteggere i colonnati concavi. A tale proposito l'uso di architravi, e dunque del sistema trilitico, sarebbe risultato inadeguato. Che a coprire gli intercolumni vi fossero piattabande e che queste fossero armate con barre metalliche, in luogo di architravi lapidei, è motivato dalla necessità di creare un sistema che reagisse in maniera elastica alle spinte generate dal monumento. I lati concavi non erano soggetti a un grosso impegno in quanto la copertura era pensata per non gravare su di essi e inoltre permettere l'apertura di finestre alleggerendo il carico della muratura (*figg. 5-6*), dunque il ruolo principale che giocavano era proprio quello di legante tra le parti realmente resistenti rappresentate da i lati convessi dell'ottagono (*fig. 13b*).

37. GIULIANI, 2006.

38. AMICI, 2016, 55.

39. OLIVIER, 1983, 956.

40. SCETTI, 1996.

41. UEBLACKER, 1985.

42. Da ultimo OTTATI E PENSABENE 2022 con bibl.

43. OTTATI, 2022.

La scelta della forma ottagonale sinuosa e quella di convogliare le spinte sui lati convessi resero indispensabile che i lati concavi avessero anche una buona capacità di resistenza alla trazione. Le caratteristiche del metallo di resistenza in questo senso avrebbero conferito all'impianto stabilità, creando una maglia

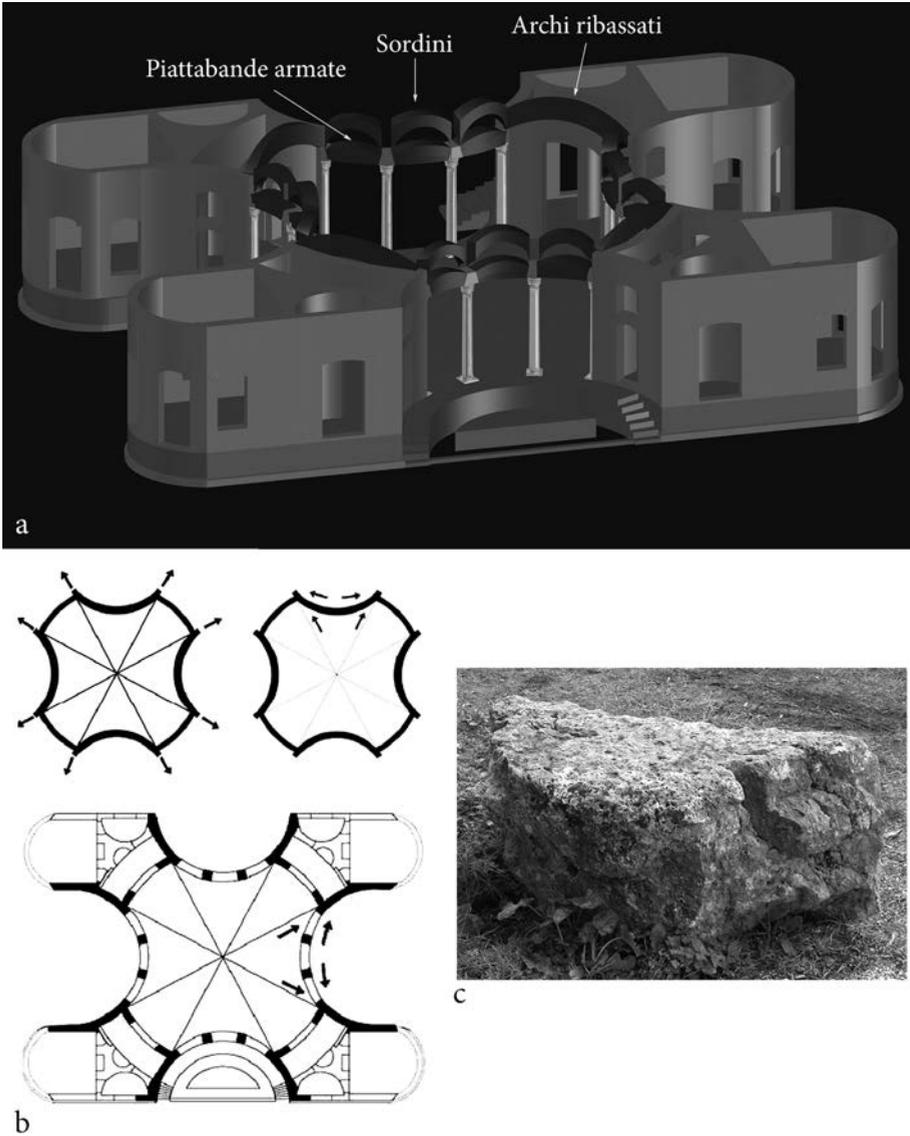


Fig. 13. Villa Adriana, Atrio Mistilineo, ipotesi ricostruttiva (foto e grafica autore); a. ipotesi di un sistema di archi e piattabande; b. sistema per cui le parti convesse sono soggette a trazione, giustificando la presenza di piattabande armate; c. pulvino in travertino, conservato nei pressi del monumento, con tracce dell'aggancio delle barre metalliche.

di contrasto e dunque imbrigliando l'intero organismo, così da impedire lo spanciamento dei muri o il ribaltamento delle colonne⁴⁴.

Va ribadito quindi che la ragione strutturale, manifestata dalla forma della pianta e dall'uso del metallo, trovava la sua giustificazione nella volontà di costituire un'immagine architettonica totalmente nuova.

Un altro esempio in questo senso lo troviamo nella cd. Sala dei Pilastri Dorici. Si tratta di un'architettura molto più "tradizionale" rispetto a quella dell'Atrio Mistilineo, almeno per quanto riguarda la pianta, ma questa semplicità della forma planimetrica contrasta con un apparato decorativo di spiccata avanguardia, frutto di una volontà rappresentativa e dell'uso delle necessarie tecnologie per realizzarla: anche in questo caso si fa largo uso della piattabanda armata.

Il caso della cd. Sala dei Pilastri Dorici di Villa Adriana è rilevante alla luce della particolare funzione degli ambienti che occupavano il lato meridionale del cosiddetto Palazzo (*fig. 1*), che sebbene non sia stato ancora definito con chiarezza, era di certo di alta rappresentanza. Il complesso in cui la cd. Sala si inserisce restituisce una ricercata visione prospettica su più piani che richiama quelle architetture ellenistiche già rievocate dalle pitture di secondo stile: essa viene creata dal susseguirsi di ambienti porticati, di passaggi suddivisi e inquadrati da colonne e di absidi (*fig. 14*).

Per realizzare elevati architettonici nei quali la sottigliezza degli elementi portanti fosse principio fondamentale di richiamo ad immagini canonizzate nelle rappresentazioni pittoriche di prospettive architettoniche, si rese necessario l'utilizzo di particolari soluzioni costruttive. Nella Sala dei Pilastri Dorici è infatti rilevabile un rapporto tra architettura, pittura e ingegneria della costruzione, quale emerso nel corso di uno studio sul complesso, basato sulle modalità con cui l'immagine è recepita come parte di un linguaggio architettonico nuovo ma anche fondato sulla tradizione⁴⁵.

La Sala dei Pilastri Dorici appare oggi come una corte porticata, di cui un angolo è stato oggetto di anastilosi (*fig. 15*). Era composta da 12 pilastri sul lato lungo e 8 su quello corto, in tutto 38 pilastri a circondare un rettangolo di ca. m 32 x 23 (*fig. 16*). La possibilità che in origine fosse prevista una copertura dello spazio centrale rappresenta un problema tuttora irrisolto e di cui ci si occuperà in altra sede, essendo questione estremamente complessa. In questo

⁴⁴. Un parallelo è forse il caso singolare della sala circolare delle terme dei Sette Sapienti a Ostia, la cui struttura perimetrale di 11 m, a sostegno della cupola, era costituita per due quadranti da pilastri sormontati da piattabande

armate e per i restanti due da muratura in opera laterizia attraversata da passaggi di diversa ampiezza (AMCI, 2016, 92-94).

⁴⁵. PENSABENE E OTTATI, 2019.

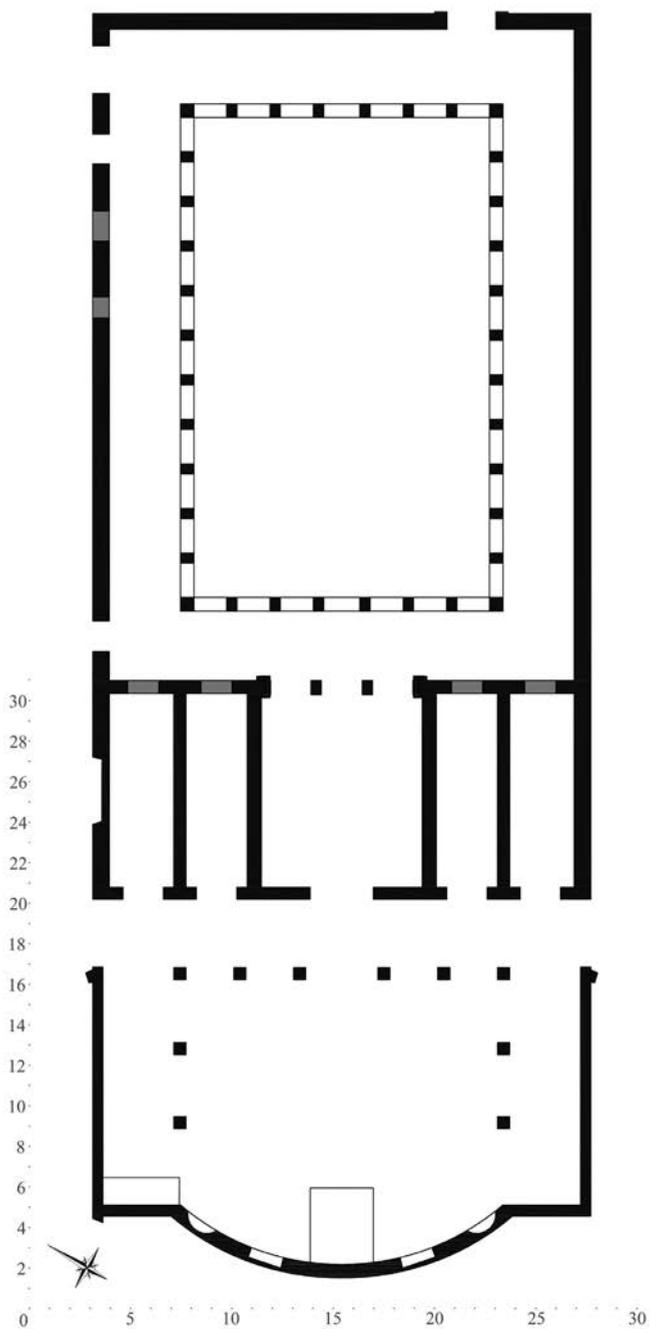


Fig. 14. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri dorici, pianta (autore).

articolo ci limiteremo a trattare l'evidenza certa, ovvero la zona perimetrale, che già di per sé presenta delle fragilità, dovute alle altezze raggiunte e appunto alla necessità di realizzare un'immagine architettonica specifica, che hanno necessitato accorgimenti come la piattabanda armata. Ovviamente se venisse dimostrata l'eventuale copertura centrale, quanto esposto troverebbe ulteriore conferma, essendo maggiore il carico e l'altezza della struttura a gravare sulle esili murature.

Grazie ai frammenti conservati è stato possibile ricostruire integralmente la trabeazione: si tratta di un ordine misto con fregio dorico e architrave e cornice ionici (figg. 17-20)⁴⁶.

I pilastri presentano sul fronte e sul retro cinque scanalature, mentre sui fianchi sette: sono dotati di basi ad un toro su plinto e di capitelli ispirati ad una forma mista dorico-tuscanica. Si tratta di un tipo che si afferma a Roma in età imperiale, e che deriva da una variante tardoellenistica del dorico con forte sviluppo dell'abaco ora modanato e del collarino o *hypotrachelion* sotto l'echino: presenta, dunque, un echino distinto in basso tramite un tondino dall'*hypotrachelion* e in alto tramite una fascia dall'abaco a listello, gola rovescia e tondino. Di tradizione tardo-ellenistica è anche l'impiego, negli angoli in muratura dell'ingresso alla sala, di lesene accostate in modo da formare un leggero gradino (fig. 19) che richiama la soluzione dei pilastri con lesene addossate spesso documentate in edifici pubblici come il Teatro Marcello o il Foro Olitorio a Roma e anche nelle domus del I sec. a.C.

L'architrave era costituito da lastre modanate di marmo lunense che rivestivano un nucleo in laterizio addossato a pulvini in travertino sopra i pilastri e sostenuto da armature in metallo all'interno di piattabande in laterizio: appartiene all'ordine ionico ed è a tre fasce distinte rispettivamente da un astragalo liscio e da una gola rovescia e nel soffitto è provvisto di ampi lacunari rettangolari più incorniciatura attorno al campo centrale.

Il fregio dorico mostra triglifi con una forma del tutto inconsueta per la loro larghezza che fa assumere all'elemento un contorno quadrato: in conseguenza di ciò, le due scanalature tra i glifi presentano un angolo molto profondo. Il contorno quadrato è anche dovuto al fatto che, mancando l'architrave dorico, e quindi la possibilità di collocare le *guttae* sotto la *tenia*, le *guttae* sono poste sopra il bordo superiore dell'architrave, per cui restringono lo spazio destinato ai triglifi. Ne deriva che le metope risultano più alte dei triglifi e piuttosto profonde, in modo da mettere in evidenza i motivi decorativi costituiti da patere con l'ombelico

46. PENSABENE E OTTATI, 2019, 12-14.



Fig. 15. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri Dorici vista da sud-ovest (foto autore).

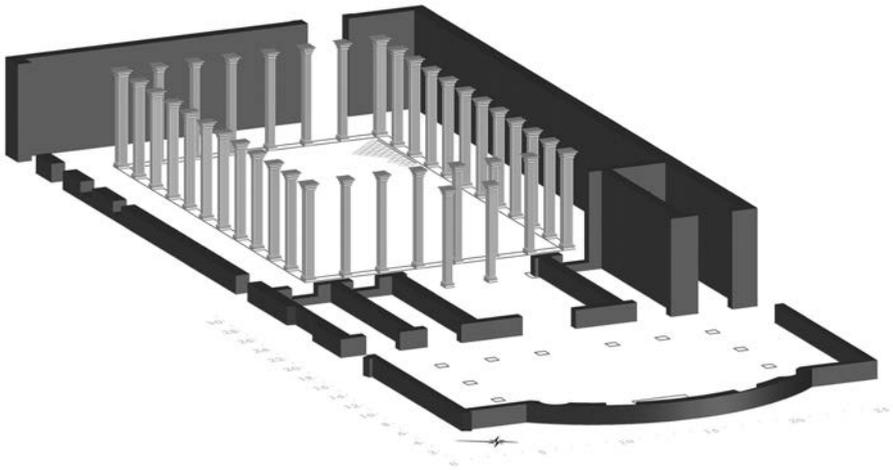


Fig. 16. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri Dorici, ricostruzione tridimensionale dei pilastri (autore).

occupato da rosette a petali aperti circondati da un anello di perline: si tratta di un motivo caratteristico dei fregi dorici di epoca tardoellenistica⁴⁷.

La cornice ionica presenta ampio sviluppo della sottocornice (con ovolo, dentello, gola rovescia e listello), e con uso di un tondino e di un listello come separazione tra la sima poco sviluppata e la corona.

⁴⁷. MASCEK, 2012, a cui si rimanda.



Fig. 17. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri Dorici, porzione del portico oggetto di anastilosi (autore).

La scelta dell'elevato si ricollega direttamente alla ricerca architettonica che si era operata nel periodo tardo-ellenistico sulla mescolanza degli ordini architettonici: si tratta certamente di una forma molto apprezzata adottata nei palazzi dei monarchi ellenistici quali appunto la reggia di Alessandria e i palazzi di Pergamo e di cui il riflesso si ha a Roma nelle architetture reali della primissima età augustea, come mostrano il Foro Olitorio e il Teatro Marcello e di nuovo nelle rappresentazioni architettoniche di secondo stile come in una sala della casa dei Grifi sul Palatino dove il fregio dorico è dipinto in unione a una cornice ionica a dentelli⁴⁸ (fig. 21), ma gli esempi sono innumerevoli. E' proprio in questi ambiti che si verifica l'uso di basi a un toro, di capitelli dorici ma con abaco modanato e tondino alla base dell'*hypotrachelion* e di fusti e pilastri scanalati con listelli di tipo ionico insieme ad architravi ionici, fregi dorici e cornici ioniche senza mensole, come di nuovo si riscontra nella casa dei Grifi e in diversi esempi pompeiani⁴⁹. A ciò si aggiunge la sottigliezza dei pilastri, se visti frontalmente, a conferire una particolare solennità al portico

48. Rizzo, 1936.

49. Tybout, 1985.



Fig. 18. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri Dorici, porzione del portico oggetto di anastilosi visto da nord-est (autore).

della sala, che di nuovo richiama i portici dipinti: basti citare esempi della casa di Ottaviano sul Palatino (*fig. 22a, d*).

L'architrave era dunque costituito da un nucleo interno –la piattabanda in laterizio– impostato su pulvini in travertino a cui erano agganciate barre metalliche che armavano la piattabanda (*fig. 23*). Dei pulvini in travertino rimasti *in situ*, 6, di cui uno angolare, sono stati inseriti e riposizionati all'interno dell'attuale restauro, mentre in stato di crollo ne rimangono 10, di cui uno di pilastro angolare (*fig. 24c*): il piano inferiore dei pulvini sporge in forma dente rettangolare con due fori quadrangolari sul piano di posa (*fig. 25*). I denti sono alti cm 15 ca. e sui fianchi ospitavano, nell'incavo tra l'imposta e l'abaco dei



Fig. 19. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastrini Dorici, paraste.

capitelli, i lastroni su cui era intagliata la ima fascia e il soffitto dell'architrave (*figg. 23, 25*). Su alcuni pulvini vi è un foro quadrangolare al centro della fronte (*fig. 24b*: cm 7x7 x prof. cm 9), che era incavato solo su un lato: esso doveva servire a fissare il rivestimento in marmo del fregio-architrave che si trovava solo sul lato esterno. Quello interno, infatti, doveva essere intonacato e dipinto in unità stilistica con la parete di fondo che presentava intonaco e cornici in laterizio modanate e intonacate (*fig. 20b-c*): la faccia del pulvino priva di foro per rivestimento in marmo presenta una lavorazione molto più grossolana (*fig. 24a*), proprio per facilitare l'adesione del rivestimento in intonaco. Nel restauro questa differenza non è stata pienamente capita in quanto i pulvini in travertino della corte vengono posizionati al contrario, con il foro per il fissaggio della lastra marmorea rivolto verso il muro di fondo (*fig. 20b*).



Fig. 20. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastr Dorici; a-b: pulvini rimontati al contrario; c: tracce della cornice in intonaco nell'angolo ovest.

Si può affermare che la soluzione tecnica della piattabanda armata⁵⁰ è applicata alla trabeazione orizzontale per costituire un'architettura all'apparenza esile con partizioni sottili frontalmente. Può sembrare che questa soluzione sia stata mossa dall'esigenza di risparmiare sull'uso del marmo in quanto la piattabanda armata in laterizio richiedeva soltanto l'uso di lastre di rivestimento modanate e non di blocchi parallelepipedi marmorei. Ma vedremo come sia riduttivo, pensare a esigenze di risparmio in quanto tale modalità di costruire architravi con un nucleo interno in laterizio e barre di metallo, consente un miglioramento dal punto di vista statico fornendo alla struttura stabilità senza uso di antiestetiche catene esterne⁵¹.

Le piattabande sono in laterizio su armature sagomate in metallo, che risalgono in corrispondenza dei piani d'imposta inserendosi in scanalature ricavate nei pulvini (*fig. 23*). L'aggancio sui pulvini è a unghia; il tirante

50. AMICI, 1997, 85-95; AMICI, 2011, 221-228 con bibl; AMICI, 2016.

51. Da taluni è stata esclusa la valenza statica delle barre di metallo, ma come vedremo oltre, appare riduttivo attri-

buire una soluzione di questo tipo soltanto una funzione protettiva delle lastre di rivestimento del soffitto d'architrave. Cfr. KOCKEL 2014, 236-238.



Fig. 21. Roma, Casa dei Grifi.

dell'armatura ha la doppia funzione di garantire la stabilità del sistema e di rendere superflua la centina per la costruzione della piattabanda vera e propria. Quest'ultima viene successivamente rivestita di lastre di marmo che opportunamente sagomate non solo suggeriscono la presenza di architravi in blocchi di materiale di pregio ma anche messaggi immediati legati alla decorazione. Come osservato da C. M. Amici, dal punto di vista formale, una soluzione di questo tipo è perfettamente coerente, e rispecchia una delle caratteristiche tipiche dell'architettura romana, basata sulla mancanza di identità tra struttura portante e apparato decorativo solitamente svincolati tra loro, e che spesso danno indicazioni non corrispondenti affatto alla realtà strutturale dell'edificio. In questo caso tuttavia vi è forse un superamento di questa dicotomia in quanto viene creata una nuova soluzione formale in funzione della stretta simbiosi tra esigenza strutturale e decorazione architettonica che vi si adatta: le modanature acquistano una particolare tensione architettonica derivante proprio dalla compattezza che è richiesta dall'adeguamento alla struttura portante regolata dalla misura standard del laterizio. In questo senso possiamo negare di essere di fronte all'imitazione di un sistema trilitico, mentre appare evidente una *inventio*: essa risolve la mancanza di dialogo tra forma e struttura a favore di un nuovo linguaggio architettonico che in un certo senso rivoluziona anche le proporzioni

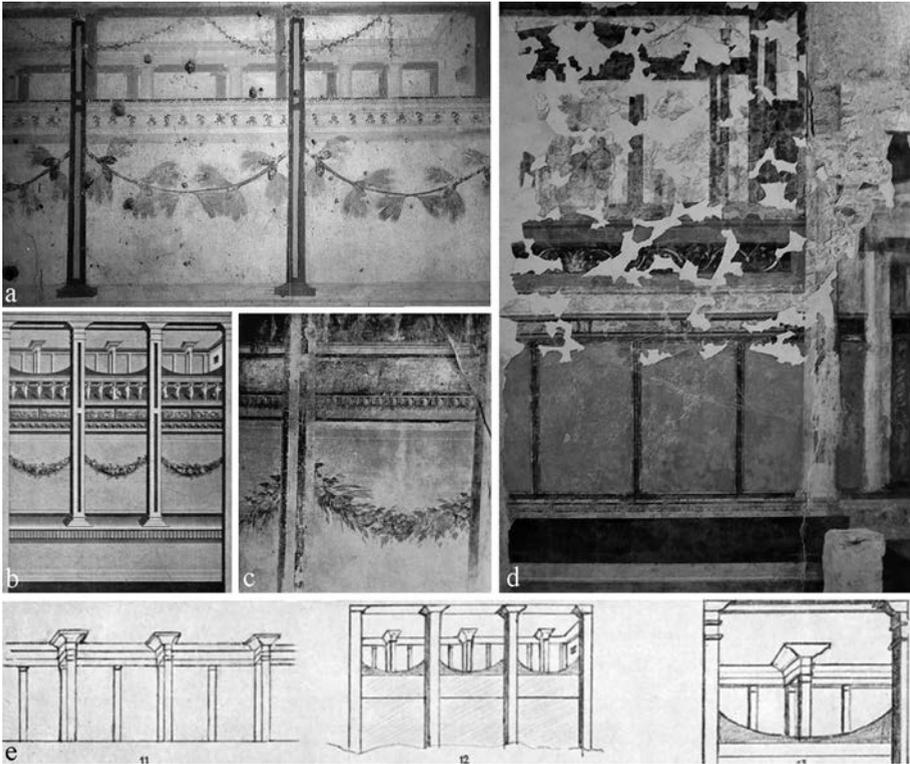


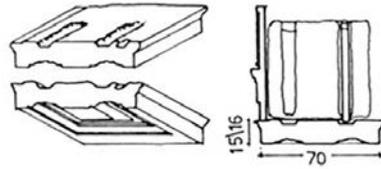
Fig. 22. Pitture con rappresentate architetture pilastro. a: Palatino, Casa di Ottaviano, stanza dei festoni di pino; b-c,e: Pompei, Casa delle Nozze d'Argento, esedra e interno del peristilio (da TUBOU, 1989); d: Palatino, Casa di Ottaviano, *oecus*.

tradizionali visto lo spessore assunto dal soffitto dell'architrave rispetto alla sua altezza⁵².

Se dunque vogliamo affermare che le scelte dell'elevato rientrano nella funzione di questo settore del cosiddetto Palazzo Imperiale, ribadiamo anche come tali scelte –caratterizzate da un'apparente snellezza e sobrietà nella visione frontale dei pilastri (fig. 18)– abbiano portato obbligatoriamente con se soluzioni strutturali che appunto consentirono di realizzare un elevato di notevole sviluppo in altezza. Abbiamo definito quella dei pilastri come apparente snellezza in quanto il loro spessore sui fianchi è molto maggiore di quello sul fronte in modo da contenere le spinte generate dalla volta a botte: l'uso delle

52. Lo spessore della trabeazione ripropone il problema se la corte della sala era scoperta o invece dotata di copertura eventualmente lignea, come si dedurrebbe dal pavimento in marmo, però non prezioso in quanto costituito da lastre di bardiglio di Luni. Il portico presentava una volta a

botte in conglomerato con cortine in laterizio attualmente sostenuta da muri verticali poggianti sulla trabeazione in modo da risparmiare la cornice che verso la corte, se il restauro riflette la sistemazione antica, doveva essere rivestito di marmo a formare un attico.



SALA DEI PILASTRI DORICI: ELEMENTI ORIGINALI CHE GIUSTIFICANO L'IPOTESI RICOSTRUTTIVA

SALA DEI PILASTRI DORICI:
RICOSTRUZIONE
DEL SISTEMA STRUTTURALE

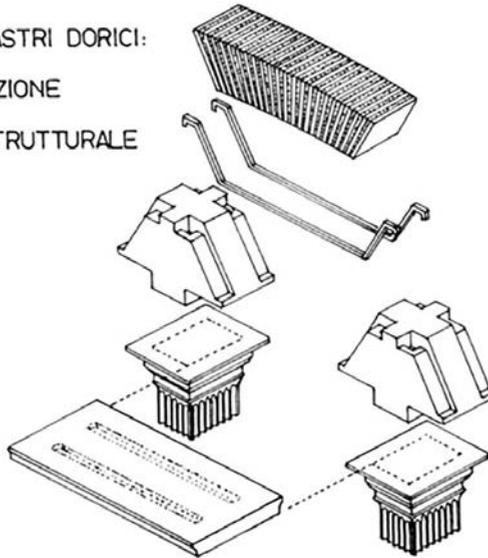


Fig. 23. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri Dorici, sistema di montaggio delle piattabande armate della sala dei Pilastri dorici (da OLIVIER, 1983).

piattabande armate consentì di utilizzare pilastri non quadrati e massicci, bensì a pianta rettangolare con i lati corti sul fronte in modo da suggerire appunto la snellezza che richiama le citate rappresentazioni architettoniche in pittura.

In sintesi il modo con cui i pilastri, le trabeazioni e il peso della copertura dei portici rimanevano in equilibrio fu appunto quello di realizzare una struttura in cementizio armato rivestita di lastre di marmo. Il sistema trilitico, proprio dell'uso di architravi lapidei pieni, avrebbe pesato verticalmente sui pilastri sottili, che sollecitati a compressione in modo eccessivo avrebbero rischiato rotture e cedimenti. L'uso della piattabanda e quindi del sistema spingente permetteva la trasmissione delle spinte ai pilastri angolari, ben più massicci. I tiranti metallici, grazie alle prerogative del metallo di resistenza alla trazione, permettevano di creare una maglia di contenimento delle diverse sollecitazioni,

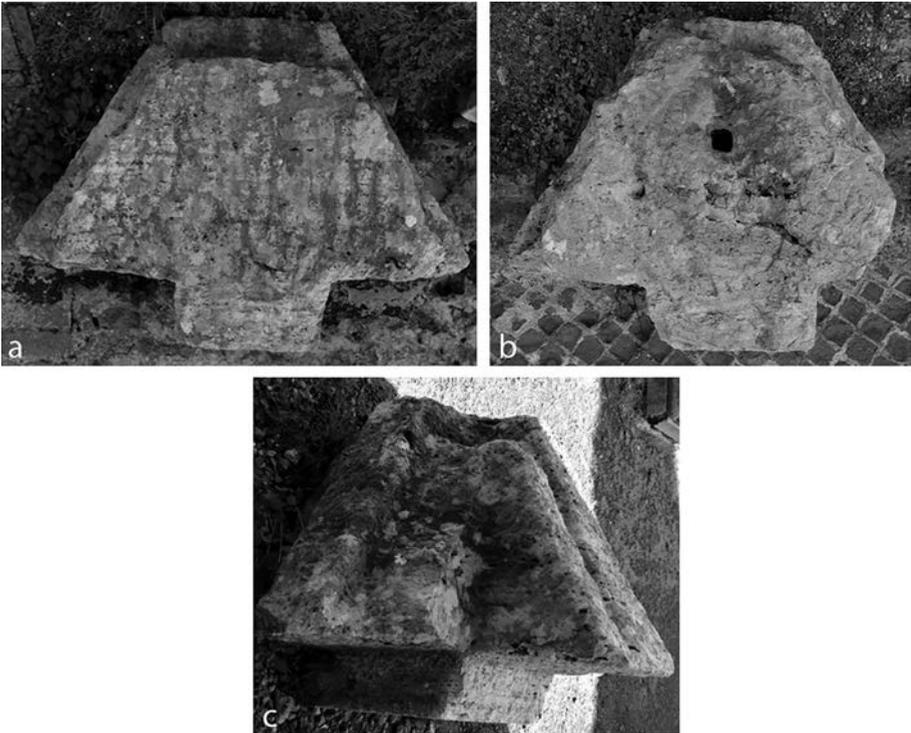


Fig. 24. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri Dorici, pulvini dal in travertino; a: lato in origine intonacato; b: lato che ospitava la lastra di rivestimento della trabeazione; c: pulvino angolare.

in particolare delle spinte della volta a botte in cementizio, conferendo quindi la stabilità necessaria.

Il valore statico dei tiranti metallici all'interno di piattabande armate è stato negato, o perlomeno ridimensionato, da diversi studiosi⁵³ che vi hanno rintracciato invece una soluzione utile a proteggere la lastra dell'architrave sottostante durante le fasi costruttive. Non vi è dubbio che la lastra si inserisce sotto il pulvino di travertino e che dunque la messa in opera è precedente al confezionamento della piattabanda, tuttavia va sottolineato come nella costituzione di un processo così elaborato non vi sia una soluzione semplice a un problema preciso, ma un sistema complesso di soluzioni che insieme permettevano un avanzamento tecnologico in termini di velocità di esecuzione, risparmio economico e miglioria statica.

53. OLIVIER, 1983, 937-959; SCETTI, 1996, 5-16; da ultimo si veda KOCKEL, 2014, 236-238, per un caso di eventuali piattabande armate nel *Macellum* di Ostia dimostrabili da

lastre di rivestimento dalla studiosa confrontate appunto con quelle della cosiddetta Sala con Pilastri dorici di Villa Adriana.

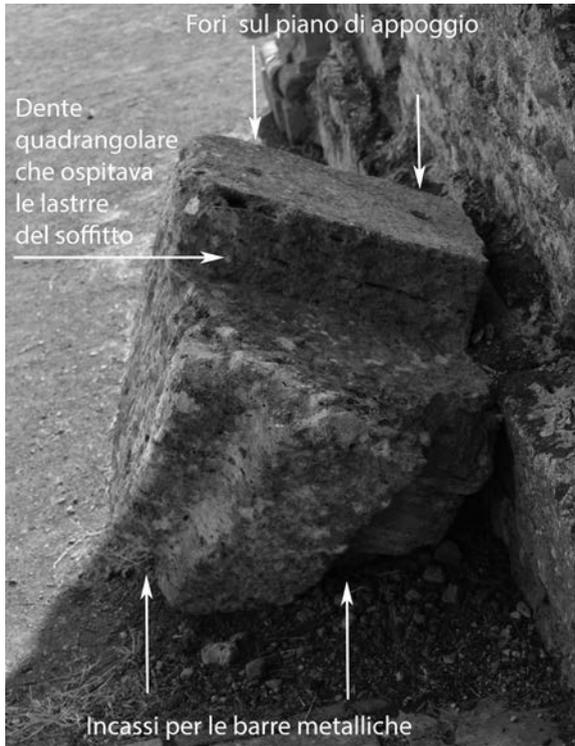


Fig. 25. Villa Adriana, cd. Sala dei Pilastri Dorici, pulvino in travertino con indicate le parti componenti (autore).

L'eventuale funzione di centina delle barre, o addirittura una soluzione protettiva delle lastre di soffitto dell'architrave dal peso della piattabanda prima del tiro delle malte, non riducono in nessuna maniera le proprietà di resistenza alla trazione che tali barre conferivano inevitabilmente alla struttura⁵⁴. Si rileva altresì che la sperimentazione di sistemi che attribuissero resistenza meccanica alle piattabande si riscontra già in epoca precedente: in alcuni casi viene inserita una trave lignea al posto delle barre di metallo, come ad esempio nelle piattabande del cortile porticato della Villa di Traiano ad Arcinazzo, dove addirittura è stato ipotizzato un ruolo di puntellamento a neutralizzare le spinte che le piattabande generavano tra loro⁵⁵.

In definitiva, il sistema spingente era mascherato dal sistema trilitico degli ordini modificato decisamente rispetto al canone della trabeazione dorica fino a costituire una forma nuova⁵⁶.

54. Appare quantomeno riduttivo che un sistema tanto sofisticato e non certo economico, come quello dell'aggiunta di barre metalliche all'interno della piattabanda servisse semplicemente a proteggere le lastre del soffitto dell'architrave, protezione che poteva raggiungersi con sistemi meno elaborati.

55. SGALAMBRO, 2006, 47-52.

56. PENNA, 1831, 28; SALZA PRINA RICOTTI, 2001, 321-322; GUIDOBALDI, 1994, 59-64.

Ed è nella pittura paesaggistica di tradizione ellenistica che può essere trovato il parallelo per comprendere la scelta dell'immagine architettonica e le tecniche edilizie per realizzarla (*fig. 22*)⁵⁷. In analogia con le rappresentazioni pittoriche, ma con diverse soluzioni, il progettista antico fondava la sua opera sulle modalità con cui l'immagine degli elevati architettonici si sarebbe offerta allo spettatore; essa doveva essere recepita come parte di un linguaggio architettonico basato su specifiche tradizioni, ma con aspetti formali resi possibili dalle soluzioni tecniche adottate per realizzarli, che non sono scindibili dalle scelte architettoniche e decorative⁵⁸.

La visione d'insieme viene creata dal susseguirsi di passaggi suddivisi e inquadrati da colonne, di absidi e di spazi porticati con trabeazioni miste dorico-ioniche secondo forme assunte nel periodo tardo ellenistico (*fig. 21*). E proprio per realizzare elevati architettonici nei quali la sottigliezza degli elementi portanti divenisse elemento fondamentale di richiamo ad immagini canonizzate nelle rappresentazioni pittoriche di prospettive architettoniche, si scelse l'utilizzo della particolare soluzione costruttiva della piattabanda armata.

4. CONCLUSIONI

Come abbiamo potuto osservare negli esempi citati, a Villa Adriana vi è una precisa volontà di rappresentazione che porta con sé una ricerca di nuove forme architettoniche, e di conseguenza a soluzioni tecniche per renderle possibili.

Le forme e i volumi esplicitati dall'Atrio Mistilineo rappresentano un'assoluta avanguardia rispetto agli edifici a lui contemporanei, anche i più sofisticati, e non è un caso che se si cercano paralleli geometrici che contengano tanta complessità, a parte alcuni confronti nella stessa Villa Adriana o comunque adrianei, bisogna fare un balzo di secoli. Si tratta di planimetrie nuove che esulano dalle esperienze precedenti e a cui è piuttosto difficile associare eredi diretti nelle architetture immediatamente successive⁵⁹.

L'edificio modellava un'immagine architettonica di sicuro effetto, in cui si sono sperimentati nuovi effetti di luce e di prospettiva e in cui la forma è significativa e causa di un forte impatto emotivo nel visitante.

L'esistenza di un edificio tanto ambizioso si deve allo studio geometrico e aritmetico sviluppato in fase di progetto, volto a creare un sistema in cui

57. Un esempio estremamente significativo è rappresentato dai tempetti circolari e rettangolari emersi nell'ex area Camping di Villa Adriana: sull'argomento si veda: PENSABENE E OTTATI 2009, 19-14; PENSABENE E OTTATI 2010, 23-38; PENSABENE, OTTATI E FILERI 2011, 603-630; OTTATI, PENSABENE E FILERI 2014, 659-663; PENSABENE E OTTATI 2014, 91-98.

58. PENSABENE E OTTATI, 2019.

59. Cfr. RAKOB, 1984, 221.

le murature esili dialogassero tra loro e si contraffortassero, permettendo il contenimento del notevole sforzo statico generato dalla copertura massiccia.

Dunque la complessa planimetria ha rappresentato un esperimento compositivo con finalità non solo estetiche, ma anche funzionali alla tenuta strutturale. Inoltre, per stabilizzare il complesso sistema di spinte i costruttori antichi hanno usato le proprietà meccaniche del metallo. Ne abbiamo supposto l'uso nel cd. Atrio Mistilineo, giustificato dalla presenza nei pressi di un pulvino di piattabanda armata.

Abbiamo osservato ancora come l'uso del metallo rientrava in forme tecniche conosciute da tempo, ma mai utilizzate in una scala tanto ampia come a Villa Adriana, ed è proprio nell'abbondanza di barre e tiranti metallici che si rileva l'innovazione, conseguenza e inevitabile soluzione della costruzione di progetti altrimenti irrealizzabili.

È noto quanto questo tipo di piattabanda fosse comune a Villa Adriana, ma è forse nella Sala dei Pilastrini dorici che si fa maggiormente evidente la necessità di uso e le conseguenze architettoniche, al servizio di un'idea, di certo intrisa di significati ideologici.

Nella cd. Sala dei Pilastrini dorici l'idea architettonica insegue forme pittoriche sia per l'immagine generale, che per il dettaglio della decorazione architettonica. Ma proprio la ricerca della prima, implicando l'uso della piattabanda armata, genera modifiche nella seconda, sfociando in un programma decorativo fondato sulla tradizione, ma riletta in un linguaggio architettonico totalmente inedito.

A Villa Adriana sono ricorrenti audaci soluzioni strutturali accompagnate dal *decus* offerto dagli ordini architettonici, qualunque siano le variazioni. Ma le scelte che man mano si operano, condizionate da nuove esigenze costruttive e di comunicazione visiva, trasformano profondamente il significato, le modalità d'uso e le forme degli ordini architettonici.

Infine, abbiamo rilevato quanto in entrambi gli edifici citati, Atrio Mistilineo e Sala dei Pilastrini Dorici, sia importante l'organizzazione spaziale, le relazioni assiali e le immagini prospettiche offerte allo spettatore.

Per la Sala dei Pilastrini Dorici si è detto come ciò emerga dalla visione prospettica su più piani, creata dal susseguirsi dei colonnati, che richiama le architetture ellenistiche rievocate dalle pitture di secondo stile⁶⁰. L'immagine ricorrente è quella di altre architetture colonnate dietro quelle in primo piano a suggerire una dilatazione dello spazio di cui non s'intravede la fine. È in questo senso che abbiamo richiamato le rappresentazioni architettoniche nelle pitture

60. Cfr. TYBOUT, 1989.

di secondo stile, in particolare quelle dove appunto dietro un primo portico o se ne intravedono altri in maggiore o minore lontananza, spesso con *tholoi* o altri monumenti al centro di corti colonnate: gli esempi sono innumerevoli come la casa di Ottaviano sul Palatino (fig. 22a), la casa del Labirinto a Pompei e la villa di Boscoreale.

Concludendo, è proprio questa la chiave di lettura dell'innovazione a Villa Adriana, il desiderio di creare l'irrealizzabile per stupire con effetti nuovi, come nell'Atrio Mistilineo, o realizzando immagini architettoniche influenzate dalle pittoriche di II stile, note per la loro bellezza, e veicolo di significati legati a paesaggi idilliaci forse esistiti, abitati e vissuti da personaggi mitici e anche storici di spessore, a cui andare con la mente e ispirarsi.

Bibliografia

- AMICI, C. M. (1997): "L'uso del ferro nelle strutture romane", in *Materiali e Strutture*, 2-3, 1997, 85-95
- AMICI, C. M. (2011): "L'utilizzazione delle catene metalliche nei sistemi voltati di età romana", in *Archeometallurgia: dalla conoscenza alla fruizione*, Bari 2011, 221-228.
- AMICI, C.M. (2016): *Architettura Romana. Dal Cantiere all'architetto: soluzioni concrete per idee progettuali*, Roma.
- CINQUE, G.E., LAZZERI, E. (2010): "Analisi geometriche e progettuali in alcuni complessi di Villa Adriana", *Romula*, 9, 2010, 55-83.
- CIPRIANI, L., FANTINI, F., BERTACCHI, S. (2017): "The Geometric Enigma of Small Baths at Hadrian's Villa: Mixtilinear Plan Design and Complex Roofing Conception", *Nexus NetwJ*, 19, 427-453.
- CIPRIANI, L., RISTORI, F., FANTINI, F. (2020a): "Rilievi e analisi geometriche sulle cupole adrianee", in Hidalgo, R. et al. (eds.), *Adventus Hadriani: investigaciones sobre arquitectura adrianea*, Roma, 551-569.
- CIPRIANI, L., FANTINI, F. E BERTACCHI S. (2020b): "Composition and Shape of Hadrianic Domes", *Nexus Network Journal*, <<https://doi.org/10.1007/s00004-020-00514-z>>.
- CONTI, C. E MARTINES, G. (2010): Hero of Alexandria, Severus and Celer: Treatises and Vaulting at the Nero's Time, in A. Sinopoli (ed.), *Mechanics and Architecture between epísteme and téchne*, Roma, 79-96.
- ERAMO, E. E OTTATI, A. (2018): "Le integrazioni alla "Pianta del Centenario" 2006-2018", in Cinque, G.E., Marconi, N. (a cura di.), *Villa Adriana. Passeggiate iconografiche*, Foligno, 159-161.
- FANTINI, F. (2018): "Anatomia delle cupole di Villa Adriana", *Ananke*, 84, 81-85.
- GIULIANI, C. F. (1975): *Ricerche sull'architettura di Villa Adriana*, Roma.
- GIULIANI, C. F. (2006): *L'edilizia nell'antichità*, Roma.
- GIULIANI, C.F. (2016): *Il quadro fessurativo nello studio dei monumenti antichi*, Tivoli.
- GUIDOBALDI F. (1994): *Secilia Pavimenta di Villa Adriana*, Roma 1994.
- HANSEN, E. (1960): "La "Piazza d'Oro" e la sua cupola", *AnalRom*, suppl. 1.
- HANSEN, E. (2000): "Il Belvedere dell'Accademia nella Villa Adriana", in Berlingò, I. et al. (a cura di), *Damarato. Studi di antichità classica offerti a Paola Pelagatti*, Roma, 387-398.
- HANSEN, E. NIELSEN, J., ASSERBO E J. JESPERSEN, T. (2011): "Due Cupole a Villa Adriana. Calcoli Statici", in *AnalRom*, 25-26, 83-100.
- JACOBSON D. M. (1986): "Hadrianic Architecture and Geometry", *AJA*, 90, 1, 69-85.
- KÄHLER, H. (1950): *Hadrian und seine Villa bei Tivoli*, Berlin.
- KOCKEL, V. (2014): "Fragmente mammoner Architekturverkleidungen aus dem sog. Macellum in Ostia", (IV, V,2), *RM*, 120, 2014, 227- 242.
- LANCASTER, L. (2005): *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome*, Cambridge.
- LANCASTER, L. (2006): "Large Freestanding Barrel Vaults in the Roman Empire: A Comparison of Structural Techniques", in Dunkeld, M. et al. (a cura di), *Proceedings of the Second International Congress on Construction History, Queens' college*, Cambridge, 2, 1829-1844.
- MAC DONALD W. E PINTO, J. (1997): *Villa Adriana. La costruzione e il mito da Adriano a Luis I. Kahn*, Milano.
- MARZUOLI, B. (2009): "Nuovi risultati di ricerca nelle Piccole Terme di Villa Adriana. La sala ottagonale e il cosiddetto "Ninfeo Augusto"", *Gradus. Rivista di Archeologia dell'Acqua*, 4,23-27.
- MARTINES, G. (2014): "Isidore's Compass. A Scholium by Eutocius on Heron's Treatise on Vaulting", *Nuncius, Annali di storia della scienza* 29, 2014, 279-311.

- MASCHEK, D. (2012): *Rationes decoris: Aufkommen und Verbreitung dorischer Friese in der mittelitalischen Architektur*, Wien.
- MONETI, A. (1992): "Nuovi sostegni all'ipotesi di una grande sala cupolata alla "Piazza d'Oro" di Villa Adriana", *AnalRom*, 20, 67-92.
- NIELSEN, J., JESPERSEN, T., ASSERBO, J. (2011): "Investigazioni statiche sull'edificio romano della "Piazza d'Oro" a Villa Adriana", *AnalRom*, 25-26, 101-118.
- RAKOB, F. (1967): *Die Piazza d'Oro in der Villa Hadriana bei Tivoli*, Monaco.
- RAKOB, F. (1984): "Metrologie und Planfiguren einer kaiserlichen Bauhütte, in *Bauplanung und Bautheorie der Antike*, DiskAB 4, Berlino, 220-237.
- RIZZO, E. (1936): *Le pitture della Casa dei Grifi*, Roma 1936.
- OLIVIER A., (1983): Sommers de plates-bandes appareillées et armées à Conimbriga et à la Villa d'Hadrien à Tivoli, *MEFRA* 95, 1983, 937-959.
- OTTATI, A. (2017a): "L'Atrio Mistilineo della cd. Accademia di Villa Adriana: alcune considerazioni su architettura e processo costruttivo", *RM*, 123, 2017, 133-198.
- OTTATI, A. (2017b): "Costruzione e ricostruzione dell'Accademia di Villa Adriana", *ArchCalc*, 28, 179-200.
- OTTATI, A. (2018): "Il cd. Atrio Mistilineo dell'Accademia di Villa Adriana: considerazioni su decorazione e programma statuario", *RM*, 124, 2018, 107-150.
- OTTATI, A. (2020): "Iluminación y efectos de perspectiva en los edificios de planta central de la "Accademia" de Villa Adriana: algunas observaciones", in Hidalgo, R. et al. (a cura di), *Adventus Hadriani: investigaciones sobre arquitectura adrianea*, Roma, 473-494.
- OTTATI, A. (2022): *L'accademia di Villa Adriana. Tecniche, processi di costruzione ed evoluzione architettonica del cd. Piccolo Palazzo*, Roma.
- OTTATI, A. E PENSABENE, P. (2020): "Ostentazione dei marmi a Pompei e a Villa Adriana: rapporti tra pittura e architettura", in Vinci, M. S., Ottati, A. e Gorostidi, D. (edd.), *La cava e il monumento. Materiali, officinae, sistemi di costruzione e produzione nei cantieri edilizi di età imperial*, Roma, 135-148.
- OTTATI, A., PENSABENE, P. E FILERI, P. (2014): "Un complesso monumentale inedito nella zona orientale della Villa Adriana". *CIAC-ACTAS*, XVIII Congreso Internacional Arqueología Clásica. I, Mérida, 659-663.
- PENNA A. (1831): *Viaggio pittorico nella Villa Adriana composto di vedute disegnate dal vero ed incise da Agostino Penna con una breve descrizione di ciascun monumento*, tomo I, Roma.
- PENSABENE, P. E OTTATI, A. (2009): "Nuove testimonianze di architettura dorica a Villa Adriana", in *Lazio e Sabina*, 6, Atti del sesto incontro di studi sul Lazio e la Sabina (2009), Roma, 19-34.
- PENSABENE, P. E OTTATI, A. 2010: "Il cd. Mausoleo e l'ordine dorico a Villa Adriana", in M. SAPELLI RAGNI (a cura di), *Villa Adriana. Una storia mai finita*, Roma, 120-128.
- PENSABENE, P., OTTATI, A. E FILERI, P. (2011): "Nuovi scavi e prospettive di ricerca nella parte orientale della Villa Adriana", in *ScAnt*, 17, 687-714.
- PENSABENE, P. E OTTATI, A. 2014: "Citazioni, trasformazioni ed elementi per un paesaggio idillico a Villa Adriana", in E. Calandra, B. Adembri (a cura di), *Adriano e la Grecia. Studi e ricerche*, Milano 2014, 91-98.
- PENSABENE, P. E OTTATI, A. (2019): "La cd. Sala con Pilastr Dorici a Villa Adriana: tecniche ingegneristiche e visioni prospettiche per un'immagine architettonica, in *Lazio e Sabina* 12, Atti del Convegno Dodicesimo Incontro di Studi sul Lazio e la Sabina, Roma 8-9 giugno 2015, Roma (2019), 51-60.
- RAKOB, F. (1984): "Metrologie und Planfiguren einer kaiserlichen Bauhütte", in *Bauplanung und Bautheorie der Antike*, DiskAB 4, Berlino, 220-237.
- SALZA PRINA RICOTTI, E. (2001): *Il sogno di un imperatore*, Roma 2001.
- SCETTI, E. (1996): "La tecnica costruttiva della piattabanda armata in Villa Adriana e nel mondo romano", *Palladio* 17, 1996, 5-16.
- SGALAMBRO, S. (2006): "L'impiego dei pulvini nelle piattabande e negli archi in laterizio della villa di Traiano ad Arcinazzo Romano", in *Lazio e Sabina* 1, 47-52.
- SVENSHON, H. O. (2009): "Heron of Alexandria and the Dome of Hagia Sophia in Istanbul", in *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, Cottbus, 1387-1394.
- SVENSHON, H. O. (2010): "Das Bauwerk als „aestheton soma“. Eine Neuinterpretation der Hagia Sophia im Spiegel antiker Vermessungslehre und angewandter Mathematik", in Byzanz. Das Römerreich im Mittelalter, Magonza, 59-95.
- TYBOUT, R.A. (1989): *Aedificiorum figurae: Untersuchungen zu den Architekturdarstellungen des frühen zweiten Stils*, Amsterdam.
- ÜBLACKER, M. (1985): *Das Teatro Marittimo in der Villa Adriana*, Mainz am Rhein.
- WILSON JONES, M. (2000): *Principles of Roman Architecture*, Londra.