

ARGO, LA COPERTURA AD INTERCAPEDINE DELLA GRANDE AULA: OSSERVAZIONI SUL SISTEMA COSTRUTTIVO DELLA VOLTA

INTRODUZIONE

Nel 1986 R. Ginouves e P. Aupert presentarono al convegno su *The Greek Renaissance in the Roman Empire* una relazione dal titolo “*Une toiture révolutionnaire à Argos*”¹. La copertura in esame era quella della grande aula di un edificio di età imperiale ai piedi della collina di Larissa (Fig. 1). Il termine “rivoluzionario” sottolineava l’eccezionalità architettonica e costruttiva dell’opera, che è “la première voûte de cette ampleur édifiée en Grèce sur un édifice public, la première voûte édifiée dans l’empire sur la cella d’un temple et, surtout, la première voûte entièrement en briques de l’architecture impériale”². Effettivamente la volta di questo edificio è un prototipo che, tuttavia, rimane un caso isolato nel panorama edilizio romano.

Le note qui presentate sono l’esito di diversi sopralluoghi ad Argo, a partire dal 2004, nel corso dei quali l’osservazione autoptica del monumento ha fornito l’occasione per puntualizzare aspetti relativi alle tecniche costruttive adottate e all’organizzazione del cantiere³. La lettura “in sezione”, resa possibile dal crollo di gran parte delle murature (Fig. 2), consente, infatti, la restituzione ipotetica dell’edificio evidenziando il ruolo dei diversi elementi costruttivi e la concezione strutturale dell’opera⁴.

L’EDIFICIO

La grande aula di Argo è una costruzione rettangolare appartenente ad un complesso monumentale di grandi dimensioni (m 85 x 44 ca.), collocato in una nevralgica area tra l’agorà e gli edifici adibiti allo spettacolo (Fig. 1). Nei rapporti preliminari presentati dagli studiosi francesi, che dal 1953 conducono le

¹ AUPERT - GINOUVES 1989.

² AUPERT - GINOUVES 1989, 152.

³ I disegni che accompagnano queste note si basano sui dati metrici pubblicati, integrati con l’ausilio di immagini fotografiche. In particolare le misure relative ai ricorsi di laterizi, ai fori da ponte sono stati ricavati in base al numero di laterizi valutando un modulo di dieci filari pari a cm 62,8.

⁴ I sopralluoghi si sono svolti nel 2004, 2005 e 2008. Parallelamente la studiosa americana Lynne Lancaster ha avviato ricerche sul medesimo edificio tese ad evidenziare da una parte le peculiarità del sistema di alleggerimento della volta della grande aula (LANCASTER 2006) e dall’altra ad individuare le possibili origini della tecnica costruttiva adottata (LANCASTER 2009). Alla luce dei comuni interessi di ricerca, nel mese di dicembre 2008, si è organizzato un viaggio ad Argo, a cui ha partecipato anche Carla Maria Amici. Nuovi spunti di riflessione sono nati dalla visita, ma numerosi rimangono gli interrogativi che non possono essere sciolti senza alcune verifiche *in situ* e con un quadro esausti-

vo degli studi condotti dall’*équipe* francese (la pubblicazione finale del monumento non è ancora apparsa). Sono grato a Lynne Lancaster e Carla Maria Amici per i diversi suggerimenti e per la disponibilità allo scambio delle opinioni e alla discussione. In particolare ringrazio L. Lancaster per avermi reso partecipe dei risultati delle sue ricerche sull’argomento, anche se non ancora oggetto di pubblicazione.

Molte altre persone hanno contribuito con il loro supporto e i loro commenti al presente scritto. Anzitutto ringrazio il prof. Emanuele Greco che ha accolto lo scritto nell’*Annuario* e che in questi anni mi ha sollecitato nella ricerca, anche attraverso la partecipazione alle attività della Scuola Archeologica Italiana di Atene. Sono grato al prof. Giorgio Karadedos, relatore del dottorato di ricerca sulle costruzioni voltate di età imperiale in Grecia in corso di svolgimento presso l’Università di Salonicco, di cui questo articolo è parte integrante. Sono infine grato agli architetti Liana Chlepa e Giangiacomo Martines e agli ingegneri Alessandra Carriero e Fabio Sabbadini per le loro preziose osservazioni.

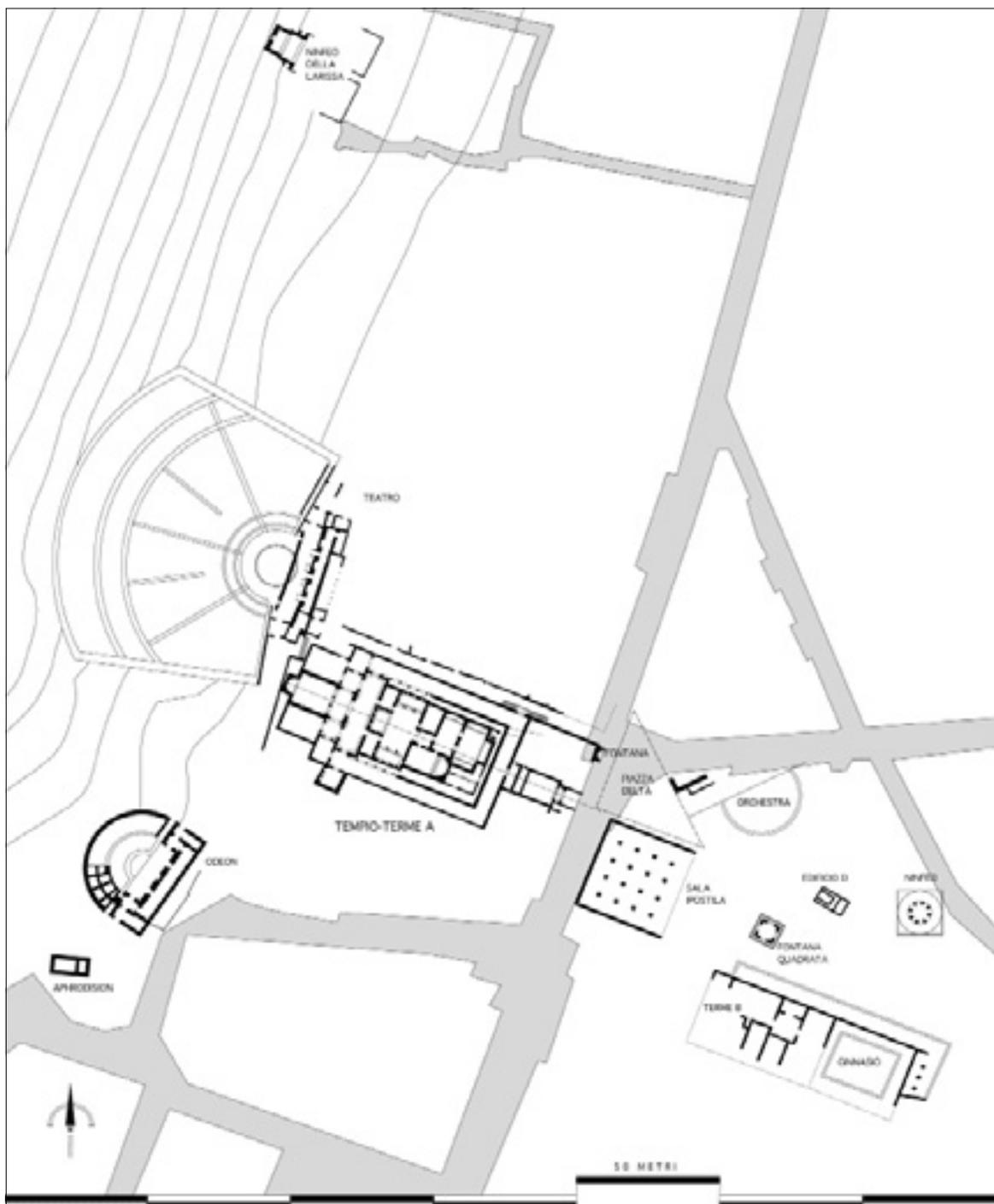


Fig. 1 - Argos in età romana, nell'area tra il teatro e l'agorà. In grigio le strade moderne (disegno dell'autore rielaborato da AUPERT 2001, fig. 1).

indagini sul monumento⁵, emerge una intensa frequentazione dell'edificio, non priva di consistenti modifiche architettoniche e d'uso, che arriva fino al VI sec. d.C.

Le principali fasi di vita individuate dallo scavo possono essere così sintetizzate⁶.

⁵ L'edificio attende ancora un'annunciata edizione finale, per cui i dati pubblicati sono ancora provvisori. I rapporti annuali di scavo sono stati pubblicati sul *BCH*, a firma di R. Ginouvès (78, 1954, 173-175; 79, 1955, 323-328) e di P. Aupert (97, 1973, 490-500; 98, 1974, 764-782; 99, 1975, 699-703; 100, 1976, 747-750; 101, 1977, 667-671; 102, 1978, 773-776; 104, 1980, 689-694; 105, 1981, 899-902; 106, 1982, 637-643; 108, 1984, 850; 110, 1986, 767-

771; 111, 1987, 597-603; 112, 1988, 710-715; 113, 1989, 711-717; 114, 1990, 858-866). Alcune sintesi provvisorie sono apparse in diversi atti (AUPERT 1985a, AUPERT 1985b, AUPERT 1987, AUPERT 1994, AUPERT 2001).

⁶ La descrizione delle fasi si attiene ai dati pubblicati da P. Aupert, con qualche eccezione per la fase I, dove la differente proposta ricostruttiva è puntualmente evidenziata nel testo.



Fig. 2 - Veduta generale dell'aula da E, dal lato S del quadriportico. I fusti delle colonne in crollo sono alte quanto la larghezza del vano (foto dell'autore).

Nella prima fase (fine I sec. d.C.) fu costruito un edificio di culto, dedicato a Serapide-Asclepio, composto da un quadriportico e un'aula-cella, collocata sull'asse longitudinale del complesso e preceduta da un ampio vestibolo, fiancheggiato da due aule. Per quanto attiene la restituzione architettonica della prima fase (Fig. 3), uno degli elementi più dibattuti è l'assenza di un accesso dal lato rivolto verso l'agorà, ad E del complesso monumentale; secondo Aupert l'ingresso all'edificio deve infatti collocarsi lateralmente, lungo la strada che collega il teatro all'agorà; da qui si accedeva al quadriportico, una costruzione rialzata da terra di m 2,90 circa, aperta verso lo spazio centrale con un colonnato di ordine ionico sovrastato da arcate⁷; il cortile interno si trovava quindi ad una quota più bassa ed era raggiungibile solo attraverso una scala monumentale collocata sul lato W, in asse con l'aula⁸.

Nella seconda fase (II secolo) l'inserimento di un impianto termale nel quadriportico alterò sensibilmente l'intero complesso (Fig. 4A). Il quadriportico fu largamente smantellato, soprattutto sul lato W; all'interno del cortile furono edificati gli ambienti termali, sfruttando il livello più basso per collocare gli ipocausti e i *praefurnia*. L'acqua necessaria al funzionamento delle terme proveniva dall'acquedotto costruito da Adriano per incrementare la fornitura idrica di diverse città, fra cui Argo e Corinto⁹. I tre ambienti vestibolari che precedevano l'aula furono trasformati per accogliere lo svolgimento delle funzioni

⁷ V. le restituzioni grafiche in: AUPERT 1985a fig.2,153 e AUPERT 2001 fig. 8, 450 e fig. 9, 451. L'altezza dei fusti delle colonne giacenti in crollo nel portico S è pressoché pari alla larghezza del corridoio (Fig. 2); questo dato assieme all'assenza di elementi di trabeazione e, al contrario, la presenza di malta sui capitelli, ha portato Aupert a proporre un ordine di arcate per il quadriportico (AUPERT 2001, 449). Nel disegno ricostruttivo della Fig. 3 propongo, in via del tutto ipotetica, una soluzione, diversa da quella presentata da Aupert, per l'attacco del quadriportico al volume del vestibolo antistante all'aula. In particolare ho avanzato il fronte, rispetto al disegno di Aupert, verso E fino a farlo coincidere con la parete W del frigidario. Non essendo stato pubblicato alcun disegno di dettaglio dello scavo con-

dotto in questa zona, tale ipotesi risulta allo stato attuale più coerente, in quanto la costruzione del frigidario sarebbe stata condizionata dalla presenza delle strutture della fase precedente.

⁸ P. Aupert, *BCH* (101, 1977, 669; 102, 1978, 775; 110, 1986, 769).

⁹ Argo era fornita da due acquedotti: quello S proveniente da una fonte a km 5 di distanza; quello N, che corre ai piedi della collina di Larissa, era con ogni probabilità connesso all'acquedotto che passa nei pressi di Nemea. Il tracciato accertato è lungo km 30. V. BANAKA DIMAKI – PANAYOTOPOULOU, 328, con bibliografia relativa alle ricerche condotte da W. Volgraff e pubblicate su *BCH* (82, 1958, 555-56). V. anche AUPERT 1994, 195.

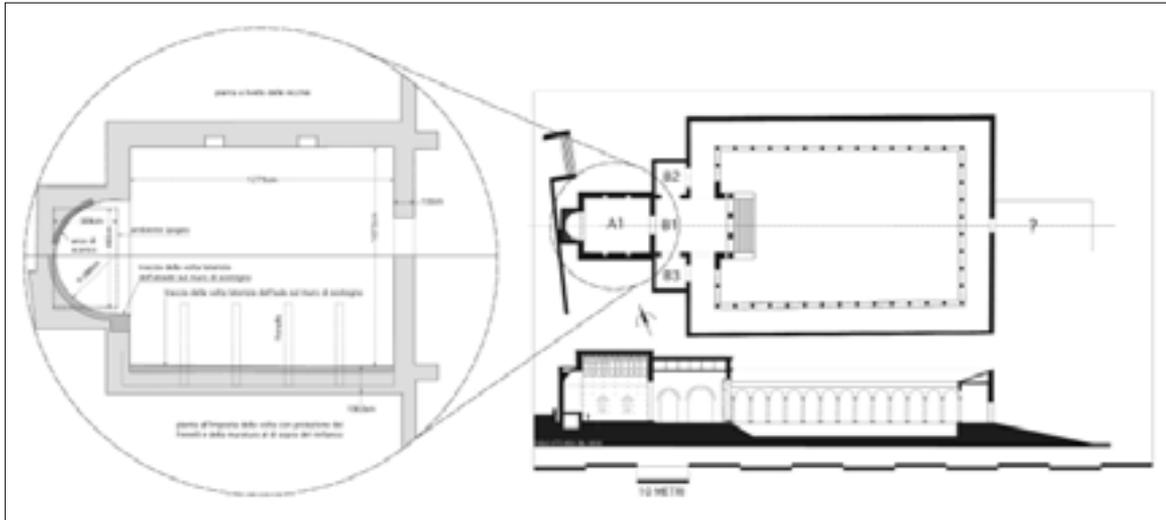


Fig. 3 - Disegno ricostruttivo del complesso di età imperiale (cd. Terme A): pianta e sezione longitudinale (disegno dell'autore rielaborato da AUPERT 2001, figg. 8-9).

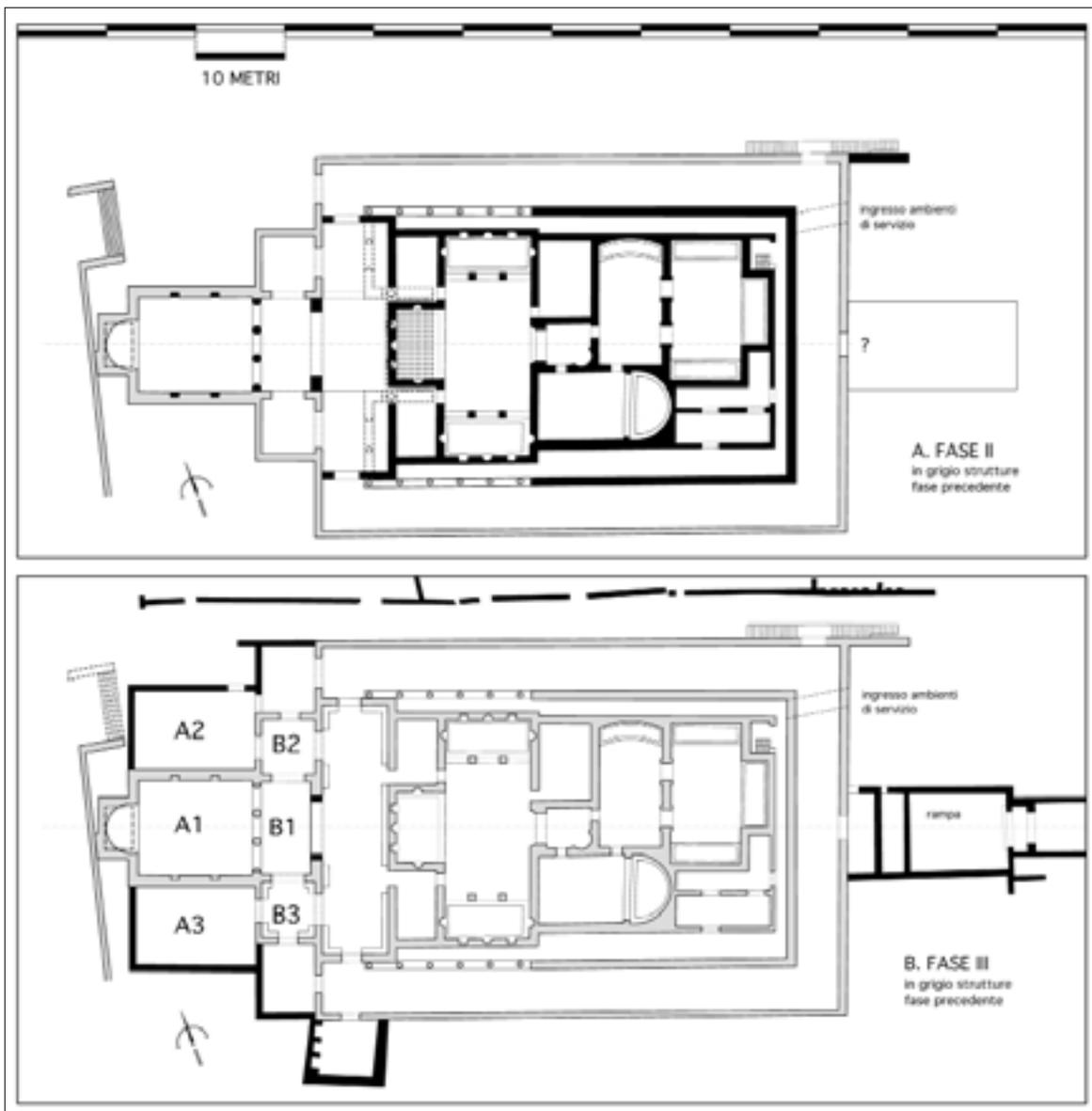


Fig. 4 - A) Pianta della fase di II sec. d.C.; B) fase di III sec. d.C. (disegno dell'autore rielaborato da AUPERT 1994, figg. 2-3).

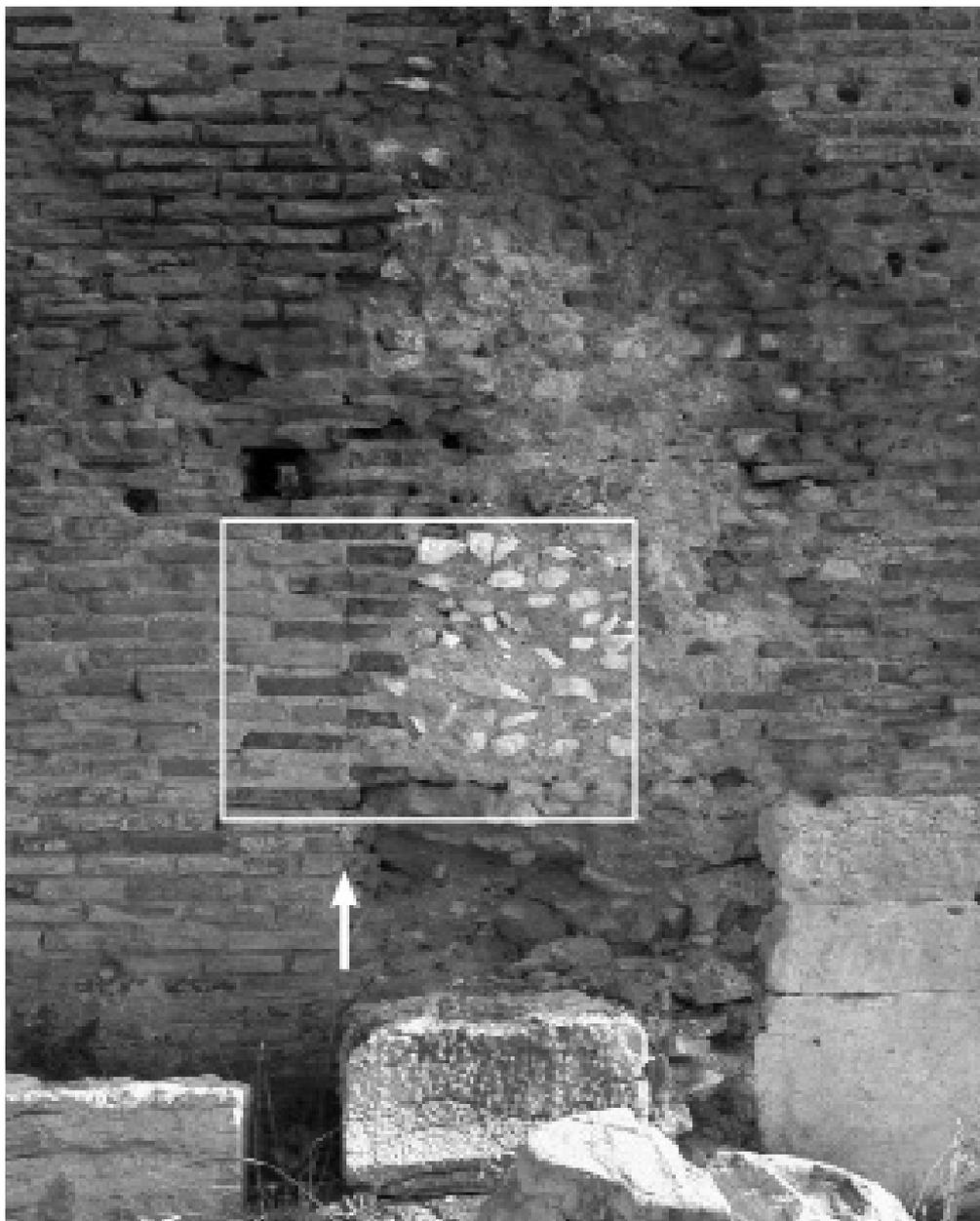


Fig. 5 - Particolare della parete N dell'aula. Il riquadro evidenzia la traccia del muro demolito nella II fase per inserire il nuovo fronte colonnato, aperto verso le terme. La freccia indica l'angolo composto dalle murature interne dell'aula nella I fase: i laterizi si ammorsano a legare i due fronti ortogonali (foto dell'autore).

correlate ai bagni termali. Anche l'aula, apparentemente risparmiata dall'insediamento delle terme, fu in realtà oggetto di modifiche sostanziali: la parete laterizia orientale che la separava nettamente dal resto dell'edificio, così da lasciare lo spazio interno in oscurità, venne demolita per inserire un colonnato di stile corinzio, che apriva l'aula verso il vestibolo. I segni di questo sostanziale rimaneggiamento sono tuttora visibili sulla parete N dell'aula, dove si nota la traccia del muro demolito (Fig. 5) e l'imposta di un arco inserito per scaricare il peso della muratura sovrastante sull'ordine marmoreo (Fig. 11E). Contestualmente le quattro nicchie delle pareti laterali furono tamponate e la decorazione architettonica interna fu rinnovata. L'aula nella trasformazione mantenne il suo carattere sacro, pertanto, nell'interpretazione degli scavatori, la nuova funzione termale fu associata al culto del dio guaritore¹⁰.

¹⁰ P. Aupert ha ripreso in più occasioni il tema complesso dell'identificazione del culto. In AUPER 1985a si presentano le diverse ipotesi interpretative a partire dalla prima identificazione di Ginouvès come *heroon*. In Aupert, *BCH* 112, 1988, 715 e AUPER 1994, 194, l'interpretazione come *Serapieion-Asclepieion* è stata sostanzialmente confermata

secondo la seguente articolazione: l'edificio è dedicato al culto di Serapide-Asclepio nella prima fase; nella seconda fase prevale il solo culto ad Asclepio; nella terza fase prevale la sola funzione termale. Di recente l'interpretazione come *Asclepieion* è stata sostenuta da RIETHMÜLLER 2005, 73-83.

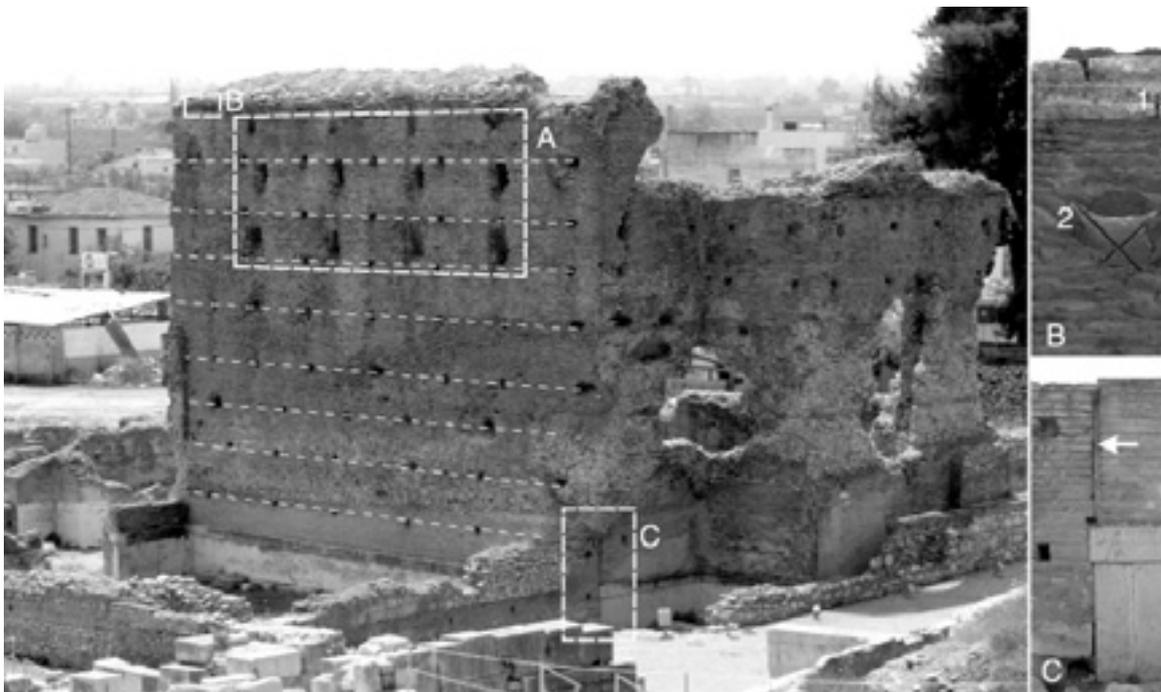


Fig. 6 - Veduta dell'aula dall'esterno (lato N). Le linee tratteggiate indicano gli ordini dei fori da ponte
 A) L'area riquadrata individua gli scassi praticati per inserire le capriate lignee a sostegno della copertura dell'ambiente "A2". B) Particolare della cornice sommitale con laterizi sagomati (B1); al di sotto è evidenziato un laterizio quadrato, con incisioni sulle diagonali, che copre un foro da ponte (B2). C) Particolare del basamento in pietra composto da ortostati e fascia sommitale aggettante. Sopra al basamento era un rivestimento in stucco; la freccia indica lo stucco nel punto in cui il muro dell'ambiente "A2" della terza fase si addossa all'ambiente "B2" della prima fase costruttiva. (foto dell'autore).

Nella terza fase (III secolo), sotto Gordiano III, due ambienti furono affiancati all'aula ("A2" e "A3" nella Fig. 4B); la loro costruzione ne alterò l'aspetto isolato e comportò la deviazione del percorso che dall'agorà conduceva alla *parodos* S del teatro¹¹. Le nuove murature, in opera mista, furono addossate a quelle esistenti, senza eliminare l'intonaco che le copriva (Fig. 6C); le capriate lignee che sorreggevano la copertura dei nuovi ambienti furono poggiate in appositi incassi realizzati a danno della parete esterna dell'aula (Fig. 6A). La somiglianza tra la muratura in opera mista di laterizio e incerto di questi ambienti aggiunti con quella che sostiene la rampa, che collega l'agorà con il lato orientale dell'edificio, ha suggerito l'appartenenza allo stesso programma edile di queste costruzioni¹². La nuova rampa monumentale di accesso all'edificio¹³ attesta un uso ancora nevralgico del complesso nel III sec.

Nella quarta fase, infine, l'edificio viene consacrato al culto cristiano.

LA STRUTTURA DELL'AULA

Ubicazione e geometria

L'aula sorgeva sul lieve clivo che unisce la collina di Larissa all'agorà, 1,30 metri sotto alla strada che corre ai piedi dell'analemma meridionale del teatro. Il volume dell'edificio era isolato sui lati S, W, N; era un ambiente rettangolare largo m 10,58-10,67 e lungo m 12,79, coperto con una volta a botte. Sul fondo era un'abside a pianta semicircolare verso l'interno e rettangolare verso l'esterno¹⁴, coperta da una semicalotta laterizia (Fig. 7). Il piano dell'abside era rialzato, così da ospitare sotto ad esso uno spazio ipogeo o cripta di forma rettangolare (largh. m 4,90; lungh. m 3,05), coperto da una volta a botte (Fig.

¹¹ Aupert *BCH* (112, 1988, 720).

¹² Per la datazione all'epoca di Gordiano III: AUPERT 1987a, 601 e Aupert, *BCH* (112, 1988, 712).

¹³ La rampa misura m 10,16-10,55 x 17,96 (AUPERT 1987a, 600-601). Da notare che la rampa non era in asse con l'edificio, ma leggermente deviata verso N. Tale asimmetria era condizionata dalla presenza della Sala ipostila

dell'agorà. Dall'osservazione autoptica delle murature si intuisce che il lato N della rampa era stato realizzato in un'epoca anteriore alla III fase (osservazione originale di L. Lancaster).

¹⁴ La parete esterna dell'abside era addossata, in parte, al muro di contenimento della strada ai piedi dell'analemma del teatro.

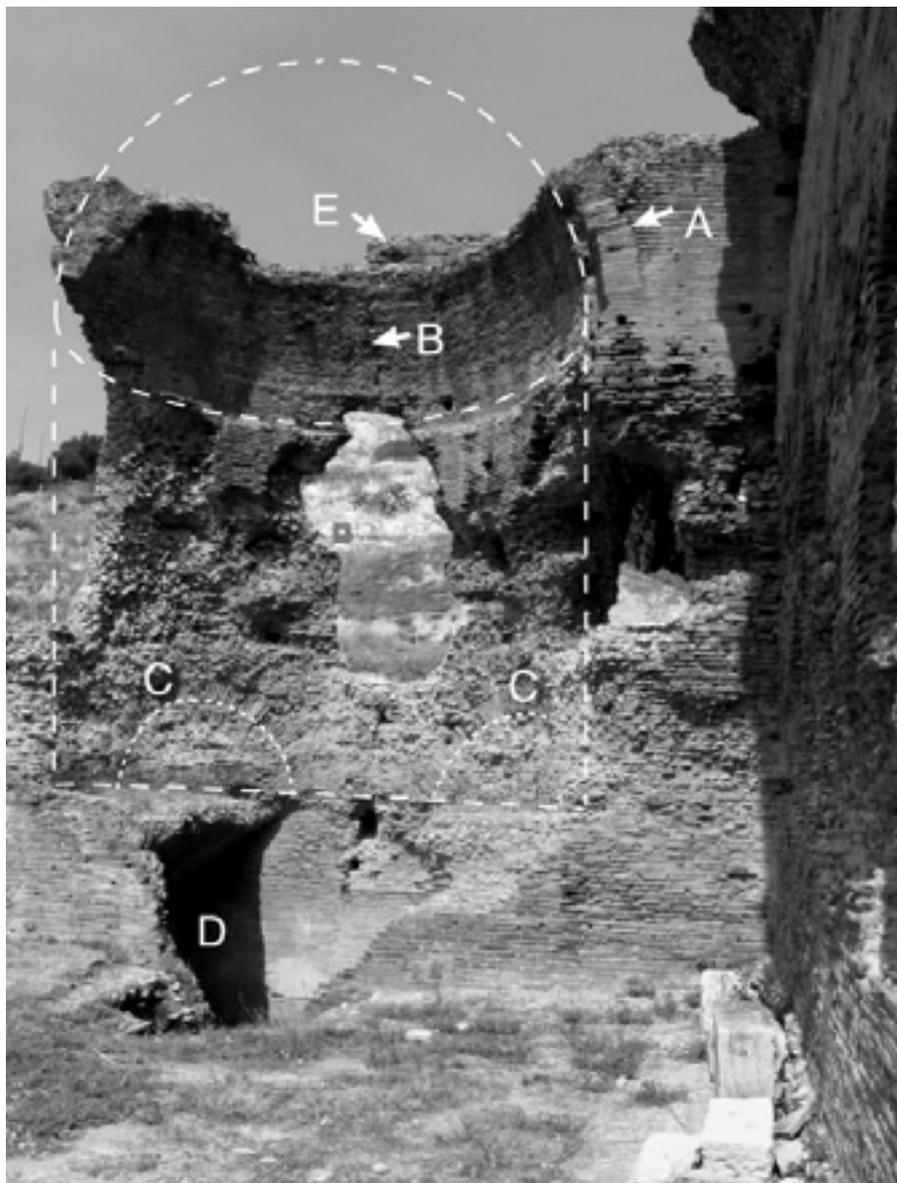


Fig. 7 - Veduta dell'interno dell'aula, verso l'abside: A) Ghiera esterna dell'arco di testata dell'abside. B) Lesione al centro dell'abside. C) Archi di scarico. D) Ambiente ipogeo. E) Paramento laterizio sul retro del timpano dell'abside. (foto dell'autore).

7D); il pavimento della cripta era collocato a m 1,5 ca. sotto a quello dell'aula¹⁵. Dai saggi condotti da Aupert si è determinato che l'edificio fonda sul suolo vergine, probabilmente la roccia naturale che degrada verso l'agorà, a m 3,60 dal piano di calpestio interno¹⁶.

Le strutture portanti

Le pareti longitudinali non avevano aperture, bensì quattro piccole nicchie, distribuite due per ogni lato. I muri in elevato del vestibolo e dell'aula erano tutti realizzati con paramenti laterizi e nuclei murari in cementizio, impostati verso l'esterno su un filare di ortostati coronato da una fascia aggettante (Fig. 6C). Lo spessore delle pareti longitudinali (m 1,38 circa) era superiore a quello di quelle trasversali (m 1 circa), così da resistere alla spinta derivante dalla volta.

¹⁵ L'accesso a questo ambiente ipogeo era consentito da una apertura al centro della parete verso l'aula, apertura che fu successivamente modificata con la costruzione di un vano stretto e lungo (circa m 0,90 x 2,60, se si esclude lo spessore del muro E della cripta) che si protende verso il centro dell'aula. L'ipogeo presentava, verso l'esterno, una piccola finestra a bocca di lupo, chiaramente in fase con la

prima costruzione. La funzione di questo spazio ipogeo non è del tutto chiara ed è comunque mutata nel tempo. Al suo interno sono ampie tracce di incrostazioni calcaree e furono ritrovati tre sarcofagi di epoca tarda, profanati, disposti a pi greca. V. Aupert, *BCH* (112, 1986, 769).

¹⁶ Aupert, *BCH* (102, 1978, 773).

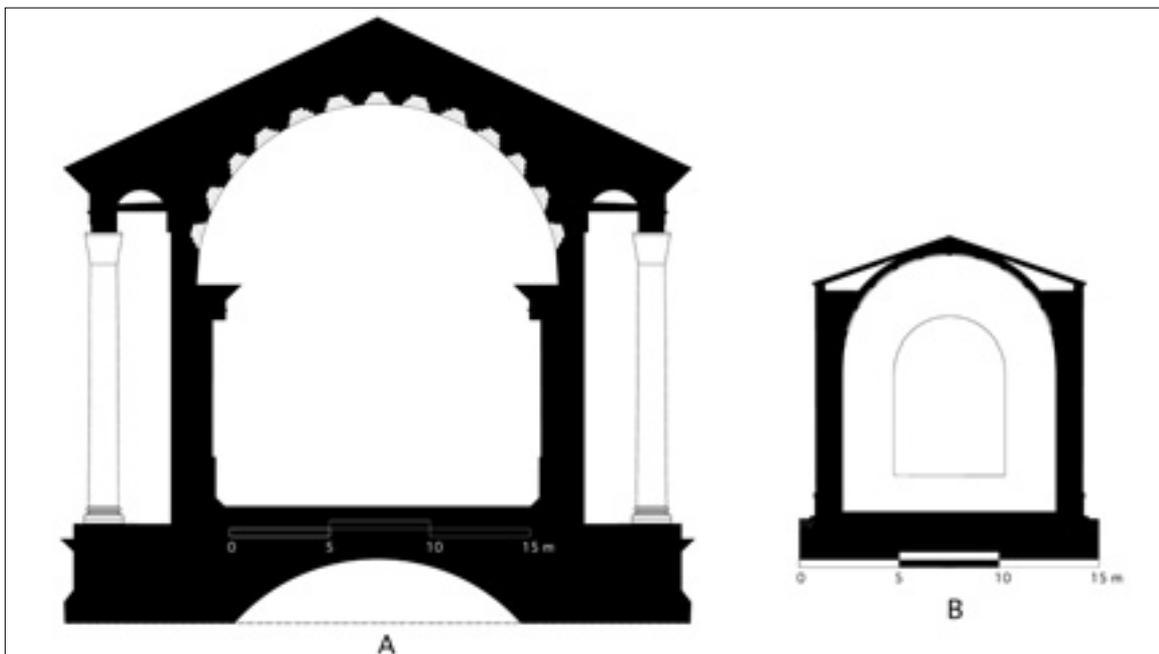


Fig. 8 - A) Sezione trasversale del tempio di Adriano a Roma (disegno dell'autore rielaborato da COZZA 1982, fig. 8); B) Sezione ricostruttiva trasversale dell'aula di Argo (disegno dell'autore).

Archi di scarico erano utilizzati solo nel catino absidale per deviare il carico delle murature che poggiavano sul vuoto del sottostante ambiente ipogeo verso i punti più resistenti della struttura d'appoggio (Fig. 7C). Archi erano pure presenti sulla testata dell'abside e in corrispondenza delle aperture che mettevano in comunicazione gli ambienti (Fig. 11D).

La copertura

La sezione ricostruttiva trasversale evidenzia l'esiguo spessore della copertura, soprattutto se raffrontato allo spessore di analoghe strutture di età imperiale a Roma (Fig. 8). Quando l'edificio era ancora integro, questa caratteristica non era apprezzabile né dall'interno né dall'esterno. Soprattutto non era possibile rilevare la presenza dell'intercapedine collocata fra le falde del tetto e la volta laterizia. Il crollo delle strutture ha lasciato a vista le superfici un tempo nascoste, consentendo la lettura del sistema costruttivo che compone la sommità dell'edificio. Le pareti longitudinali in laterizio presentavano una rise-ga all'altezza dell'imposta della volta e proseguivano fino ad una quota di poco superiore a quella delle reni (circa 40°, Fig. 9). La volta a botte era realizzata con laterizi ed era poggiata sulla rise-ga della parete (Fig. 10A). Tra la parete verticale e la volta laterizia era un conglomerato cementizio assimilabile ad un rinfiacco (Fig. 9B-C)¹⁷. Sulla sommità della parete e sul rinfiacco cementizio poggiavano quattro setti murari o frenelli¹⁸ (Fig. 9D e Fig. 14) distanziati l'uno dall'altro di m 2,15 circa e spiccati su tre corsi di mattoni. I ricorsi erano necessari a sigillare la discontinuità fra la parete laterizia e il conglomerato (Fig. 18). I setti, che erano in parte adagiati sulla volta laterizia, sostenevano la copertura. Questa era realizzata in muratura ed era divisa in due sezioni: la prima con lastre di *caementicium* poggiate sui setti e gettate su un tavolato ligneo a perdere (Fig. 9E e Fig. 23)¹⁹; la seconda, la cui presenza è ipotetica, ma plausibile, era gettata direttamente sulla volta in mattoni (Fig. 9F).

¹⁷ Il rinfiacco è generalmente un riempimento collocato sopra all'estradosso delle volte, fino ad una quota delle reni (30° dall'imposta) per attenuare con il proprio peso gli effetti dell'azione spingente della volta. Ad Argo, come si avrà modo di dire, il rinfiacco era necessario ad inibire le deformazioni alle reni della volta, generate dal proprio peso.

¹⁸ Il frenello è un muro di spessore ridotto poggiato sull'estradosso di una volta, con direzione normale alla generatrice, disposto a distanze regolari e utilizzato per pog-

giare un solaio. I frenelli contribuiscono sensibilmente alla rigidità della volta e trasferiscono parte della spinta della volta direttamente ai piedritti.

¹⁹ Le impronte delle tavole utilizzate per formare le lastre di cementizio sono tuttora visibili (Fig. 21). Il tavolato, poggiato sulla sommità dei setti murari, una volta completato il getto, non poté essere più recuperato, perché rimase chiuso nell'intercapedine. Le tavole vennero pertanto utilizzate come sostegno provvisorio al conglomerato nel periodo necessario all'indurimento della malta.

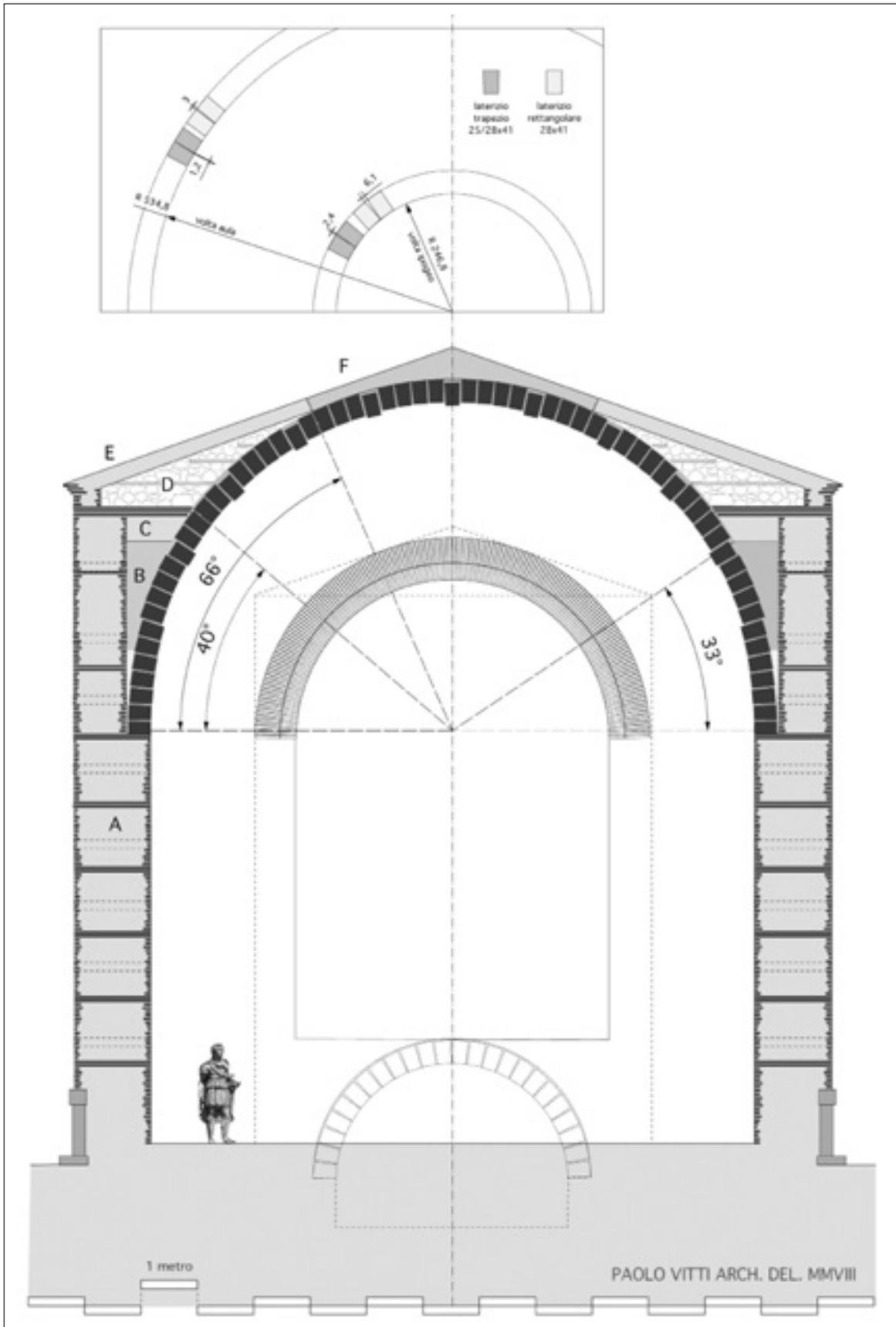


Fig. 9 - Restituzione grafica dell'edificio di culto (I fase): sezione trasversale. La restituzione è stata ottenuta da dati fotografici e in base all'altezza dei filari laterizi. A) Muro con paramento laterizio e risega per l'appoggio della volta. B) Rinfianco realizzato prima dello spostamento della centina (setto 0-33°). C) Rinfianco realizzato dopo la rimozione della centina (setto 33-40°). D) Frenelli/intercapedine. E) Lastre di cementizio poggiate sui frenelli. F) Cementizio realizzato direttamente sulla volta laterizia (setto 66-90°).

Nel riquadro disegno schematico: spessore ipotetico dei giunti di malta fra un mattone e l'altro degli archi sottili delle volte nel caso in cui siano impiegati laterizi rettangolari o trapezi. (disegno dell'autore).



Fig. 10 - L'aula da S. A) Risega nella parete interna dell'aula corrispondente all'imposta della volta. B) Linea corrispondente alla sommità del rinfiacco con impronte della volta laterizia. C) Linea corrispondente alla sommità del rinfiacco senza impronte della volta laterizia. D) Particolare del paramento laterizio delle murature della I fase: i laterizi impiegati sono ottenuti dal taglio di *pedales* apparecchiati con i lati tagliati verso il nucleo del muro. E) Intercapedine tra i frenelli che sostengono le lastre cementizie di copertura. F) Muratura della II fase (ambiente A3) realizzata su un ricorso di bipedali. G) Muratura di restauro dell'abside. (foto dell'autore).

OSSERVAZIONI SULLE MURATURE E SULLE MALTE

Le murature con paramento laterizio

Le murature in opera laterizia dell'aula erano eseguite con cura e attenzione. La regolarità del taglio dei laterizi e della disposizione nell'apparecchio murario è paragonabile a quella documentata nelle fabbriche imperiali a Roma, con le dovute differenze nella dimensione dei mattoni e nei moduli. I paramenti (modulo di dieci filari pari a cm 62,8 circa) erano tessuti con laterizi di forma triangolare ricavati dal taglio in quattro parti di *pedales* quadrati di cm 29 circa di lato. I lati tagliati erano sempre apparecchiati verso il nucleo della muratura (Fig. 10D)²⁰. I *pedales* integri, segnati sulle diagonali da un solco che ne facilitava la rottura, erano utilizzati per coprire i fori da ponte (Fig. 6-B2), nei ricorsi della muratura e nell'abside, in archi e volte, nella finestra a bocca di lupo della cripta. Anche le cornici sommitali erano ottenute con *pedales*, disposti su tre filari progressivamente aggettanti e con il lato sporgente lavorato con un intaglio (Fig. 6-B1). Il nucleo del muro era realizzato con *caementa* calcarei di piccola dimensione disposti per strati orizzontali e annegati in abbondante malta. Ad intervalli irregolari e indipendentemente dai piani descritti dalle buche pontaiie la muratura era attraversata da ricorsi di *pedales* disposti su due filari sovrapposti (Fig. 9A). I ricorsi, distanziati 2 piedi circa l'uno dall'altro, si riconoscono nei muri rimasti in sezione in seguito ai crolli (Fig. 11A) o dove il paramento è mancante. La loro funzione era quella di legare i due paramenti così da serrare la muratura in un unico corpo²¹.

Gli archi che coprono le nicchie rettangolari erano formati con laterizi sesquipedali, integri e non tagliati a metà come di consuetudine (Fig. 13)²², utilizzati a tutto spessore e disposti radialmente con regolarità.

²⁰ Contrariamente alla prassi in uso a Roma, il lato a vista era quindi integro, né tagliato, né arrotato.

²¹ GIULIANI 1991, 181. Sull'uso intensivo del ricorso in

bipedali sotto Domiziano v. LUGLI 1957, I, 597-598.

²² Anche nel Pantheon gli archi in bipedali sono realizzati con mattoni integri, per risultare più rigidi e resistenti.



Fig. 11 - Testata orientale della grande aula: A) Ricorsi che attraversano lo spessore della parete realizzati con due filari sovrapposti di laterizi *pedales*; B) La linea tratteggiata individua la sommità del muro che separava l'ambiente "B1" da "B2". C) La freccia individua la sommità della parete W dell'ambiente "B2". D) Imposta dell'arco che copriva il passaggio dall'ambiente "B1" a "B2". E) Imposta dell'arco inserito sopra alla trabeazione dell'ordine architettonico della II fase; F) Piano del paramento aggettante dal piano di (G), perché coperto dallo spiovente del tetto. G) Parete esterna dell'ambiente "A1": si nota la cornice laterizia inclinata e l'assenza di una cornice orizzontale. (foto dell'autore).

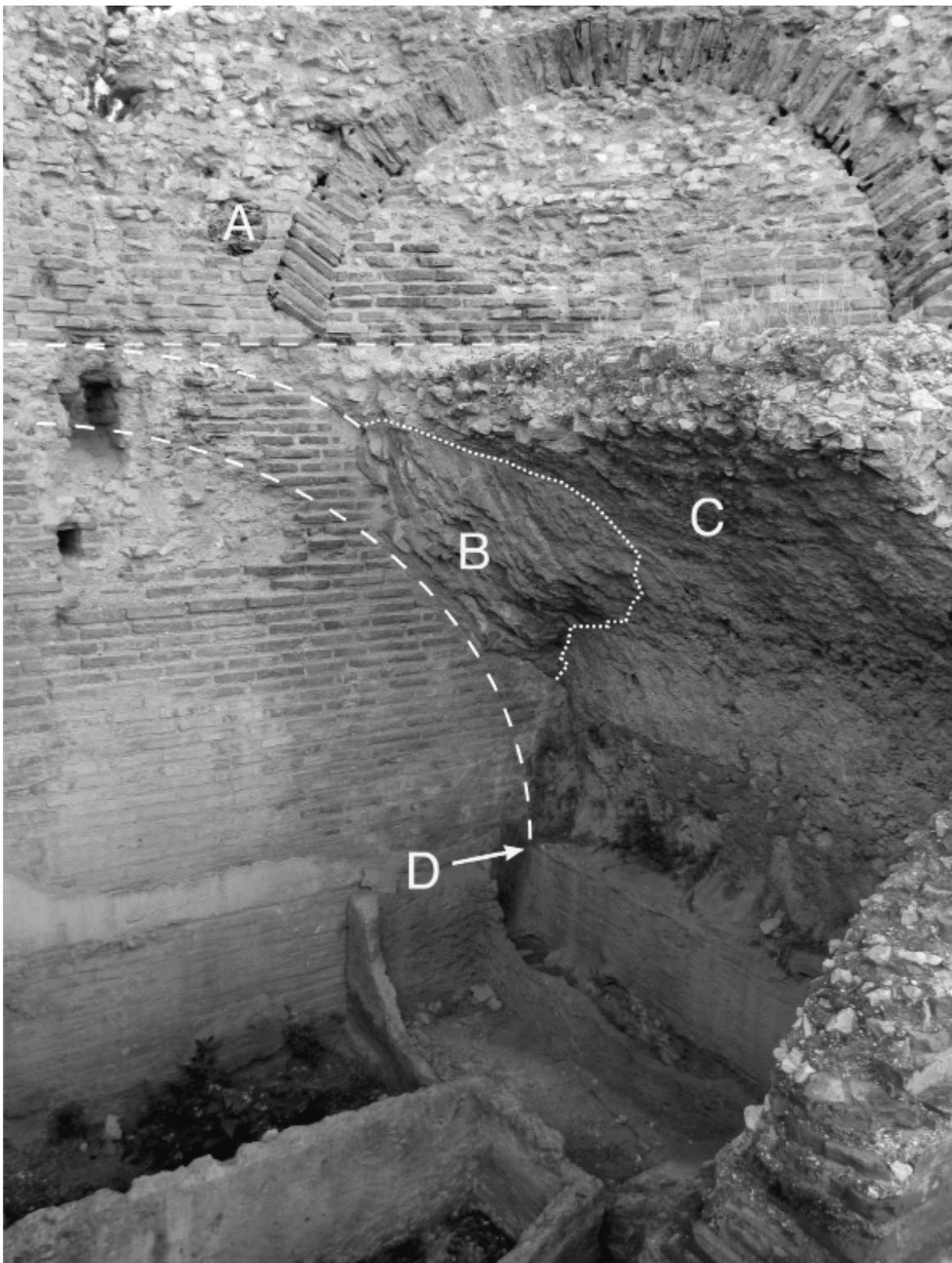


Fig. 12 - Veduta dell'abside dell'aula, con gli archi di scarico. A) Archi di scarico nella muratura dell'abside (v. pianta Fig. 3). I laterizi all'imposta non sono radiali. B) Volta a mattoni affiancati dell'ambiente ipogeo. C) Conglomerato cementizio realizzato contro la volta laterizia. D) Piano di imposta della volta laterizia dell'ipogeo (foto L. Lancaster).

Le murature con paramento in incerto

I setti murari al di sopra della volta (Fig. 14B) furono realizzati in opera incerta con irregolari corsi di laterizi. Questa muratura, necessaria a sostenere la copertura piana e il tavolato su cui era gettata, benché realizzata con un apparecchio meno regolare di quello laterizio, era parimenti compatta grazie alla disposizione accurata delle pietre: le bozze²³ calcaree erano infatti apparecchiate su piani di posa orizzontali, cercando di far combaciare quanto più possibile le facce laterali tra un elemento lapideo e l'altro; a intervalli irregolari

²³ Con il termine "bozza" si indica in questo testo una pietra sommariamente sbozzata. V. FIORANI 1996, 95, Fig. 15; 98.



Fig. 13 - Particolare dell'arco sopra una delle nicchie. (foto dell'autore).



Fig. 14 - I setti murari o frenelli che sostengono le lastre cementizie. A) Setto di restauro; B) Setto originale. (foto dell'autore).

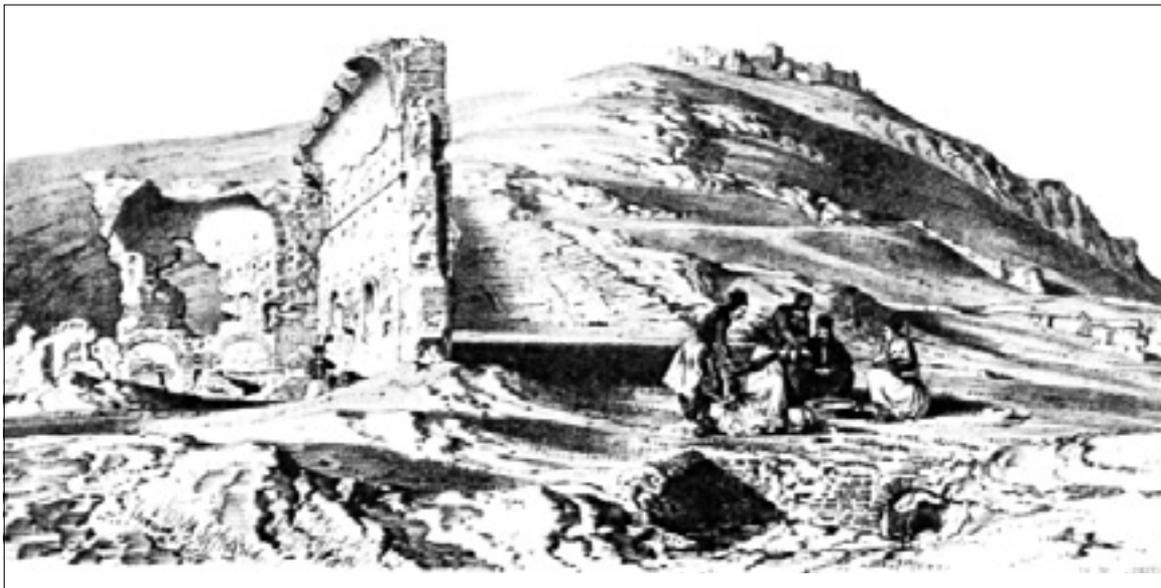


Fig. 15 - Th. Du Moncel 'Antiquités d'Argos' (1845) (da SEVE 1993, fig. 17).

erano allettati ricorsi di laterizi. La qualità di questa muratura è innegabile ed emerge con evidenza se paragonata alla qualità sommaria della muratura di restauro eseguita dopo i primi scavi francesi (Fig. 14A), dove le bozze sono disposte senza cercare un reciproco incastro e senza seguire piani di posa orizzontali.

Sulla qualità delle malte

Le ampie lacune dell'abside²⁴ (Figg. 7, 15) sottopongono la muratura che le sovrasta a sforzi di trazione, sforzi che le murature normalmente non sono in grado di assorbire. Una di queste lacune, di forma irregolare, si trova al centro dell'abside; si apre poco sopra allo spazio ipogeo e arriva oltre l'imposta del catino absidale. Al di sopra una lesione corrisponde al punto di minimo spessore della muratura ed è l'esito di una sollecitazione dinamica che proprio nel punto di minore resistenza ha creato una discontinuità (Fig. 7B). Il paramento laterizio della muratura subito sopra alla lacuna è assente, cosicché la sezione portante è ridotta al solo nucleo cementizio, senza la collaborazione offerta dai due paramenti, esterno ed interno. Da ultimo si notano, nel tratto sommitale della lacuna, alcuni laterizi e *caementa* che sono privi di sostegno, essendo crollata la muratura su cui poggiavano, per cui resistono al distacco grazie alla forte capacità adesiva della malta (Fig. 16). È evidente che la malta impiegata nell'edificio era di elevatissima qualità, così da resistere anche a sollecitazioni di trazione²⁵, tanto che il crollo della volta dell'abside ha interessato solo la semicalotta laterizia, in grado di lavorare solo a compressione, mentre i conglomerati cementizi sono rimasti in opera (Fig. 16A).

Quanto era cosciente il costruttore di Argo della capacità delle murature di resistere non solo alle normali sollecitazioni di compressione, ma anche alle tensioni di trazione? Se nei casi sopra esaminati le tensioni erano generate dal crollo delle murature, quindi non erano progettate, nelle lastre cementizie della copertura si realizzò di proposito una struttura sottoposta a flessione, quindi a sollecitazioni sia di compressione che di trazione.

Le lastre in conglomerato cementizio erano spesse cm 26-29 e coprivano una luce di m 2,15 circa, pari cioè alla distanza che incorre fra un setto in opera incerta e l'altro (Fig. 3). I *caementa* di pietra calcarea erano disposti secondo il piano inclinato delle lastre e non per piani orizzontali. La realizzazione di lastre di cementizio è eccezionale per l'epoca e presuppone conoscenza e confidenza nell'impiego del conglomerato da parte del suo artefice. Il ruolo cementificante della malta utilizzata era pertanto noto al progettista, che operò con la stessa perizia dimostrata dai costruttori di edifici a committenza imperiale

²⁴ Nell'incisione del Du Moncel (SEVE 1993, 66) è possibile apprezzare la forma e l'estensione delle lacune prima dell'intervento di restauro, condotto dopo l'avvio degli scavi dell'*équipe* francese, che ha interessato sia le murature dell'abside che dei frenelli della copertura. L'assai dettagliata incisione restituisce uno stato di conservazione maggiore di quello oggi visibile. Si noterà che l'arco in sesquipedali

del fronte dell'abside è ancora ben visibile sul lato meridionale; inoltre il primo frenello sulla destra presenta un tratto di cementizio in continuità con il rinfiacco, da interpretare come uno strato di malta o cementizio gettato sull'estradosso della volta nella parte corrispondente all'intercapedine.

²⁵ In merito alla resistenza a trazione del conglomerato cementizio romano v. SAMUELLI FERRETTI 1997, *passim*.

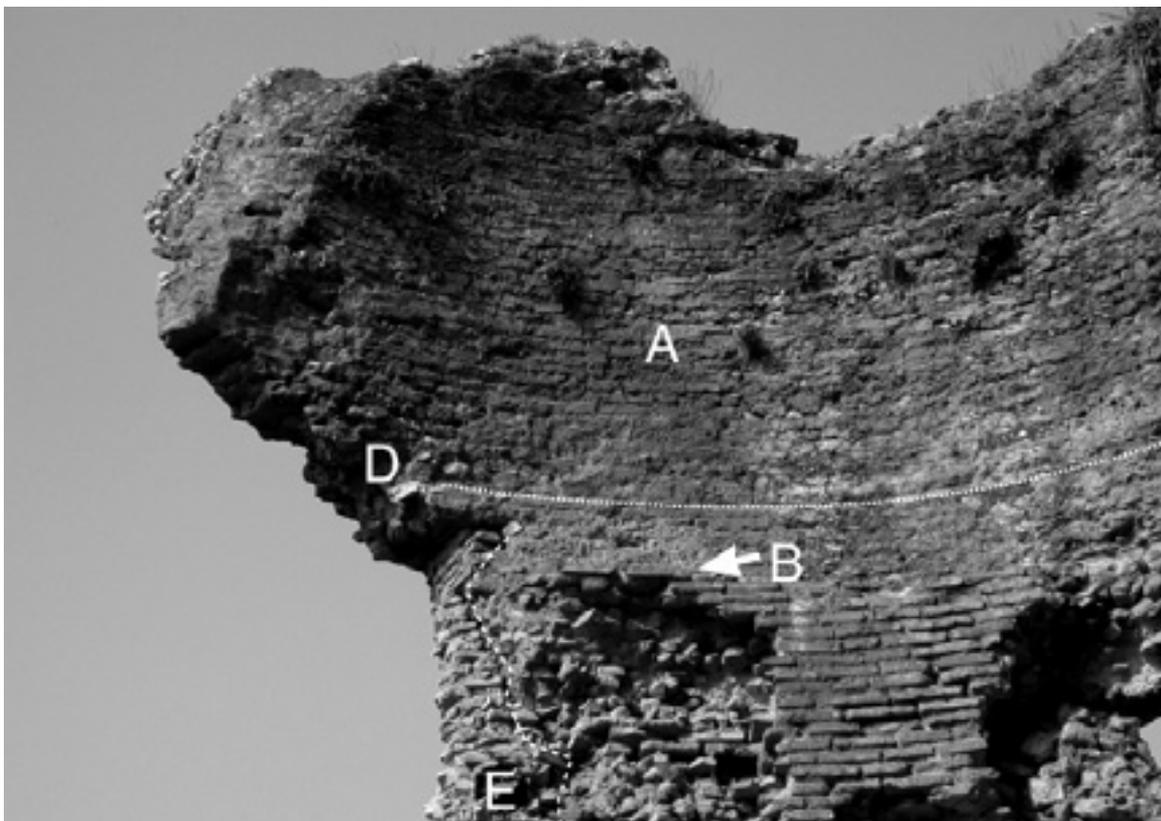


Fig. 16 - Particolare dell'abside: A) Conglomerato cementizio con impronte della volta laterizia in *pedales*. B) Sommità del paramento laterizio su cui impostava la volta. D) Ricorso in laterizi. E) Muratura di restauro. (foto dell'autore).

nell'area laziale e flegrea, dove si documentano strutture di notevole impegno costruttivo²⁶.

L'attenzione dei costruttori romani alla qualità della malta è riportata negli scritti antichi. Vitruvio (VITRUVIO, *De Architectura*, II,6.1) menzionava l'uso della pozzolana, un materiale di origine vulcanica che consente alla malta di far presa anche nell'acqua. Le malte pozzolaniche sono definite modernamente "idrauliche", perché la reazione chimica che le trasforma in un corpo solido può avvenire nell'acqua, senza l'anidride carbonica presente nell'aria²⁷. Viceversa nelle malte prive di inerti vulcanici la presenza dell'anidride carbonica dell'aria è essenziale per il processo della carbonatazione²⁸. Pertanto l'impiego di malte normali in murature molto spesse può penalizzare fortemente i tempi necessari per l'indurimento del nucleo interno e può condizionare il successo stesso della costruzione, qualora rimangano zone interne in cui la presa non sia correttamente avvenuta²⁹. Ad Argo, non disponendo di campionature di laboratorio utili a conoscere le caratteristiche della malta, l'unica osservazione possibile ad occhio nudo è che gli inerti utilizzati negli impasti erano prevalentemente sabbia e ghiaietto di fiume, materiali che non conferiscono idraulicità all'impasto. Non si deve quindi escludere che il costruttore antico, per garantire una buona carbonatazione della malta nei nuclei e per ridurre i tempi necessari al completo indurimento del getto, abbia ridotto lo spessore dei muri e le masse del cementizio. Ciò spiegherebbe la presenza di spessori murari al limite della resistenza³⁰ e il vuoto/intercapedine tra la volta e le falde del tetto.

L'evidente resistenza della malta utilizzata ad Argo doveva essere garantita dal controllo del processo produttivo del grassello³¹ (scelta del calcare, cottura, spegnimento della calce viva), ma anche dalle procedure legate alla confezione e posa in opera del conglomerato (selezione degli inerti, aggregazione, co-

²⁶ Nei Campi Flegrei gli esempi più noti sono quelli delle aule di Baia e del Lago Averno (aule termali, comunemente denominate: Tempio di Mercurio, Tempio di Venere, Tempio di Diana, Tempio di Apollo al lago Averno); nell'area laziale gli esempi sono molto più numerosi. Cf. LANCASTER 2005 *passim*.

²⁷ Sperimentazioni moderne hanno anche dimostrato che la resistenza a compressione della malta pozzolanica aumenta fino a otto volte rispetto ad una malta di sola calce. V. SAMUELLI FERRETTI 1997, 70.

²⁸ La carbonatazione è il processo chimico in cui il grassello di calce (idrossido di calcio) reagisce con l'anidride

carbonica presente nell'aria formando carbonato di calcio che salda gli inerti presenti nella malta così da trasformare l'impasto in un materiale molto resistente. Il grassello di calce si otteneva dall'aggiunta di acqua al calcare (calce viva) cotto nelle fornaci (calcare). V. GIULIANI 1991, 165-168.

²⁹ GIULIANI 1991, 167.

³⁰ L'analisi della curva delle pressioni evidenzia come la spinta proveniente dalla volta necessitava di almeno cm 30 in più di spessore della muratura, per garantire condizioni di esercizio sicure. V. Fig. 32.

³¹ V. n. 28.



Fig. 17 - Arcata dell'acquedotto romano presso il Monastero di Loukou (Astros, Arcadia).
(foto dell'autore).

stipazione del conglomerato). Un fattore determinante doveva essere rappresentato dall'acqua, da raggiungere nelle giuste proporzioni. L'acqua utilizzata, inoltre, avrebbe potuto avere un contenuto di calcare non trascurabile, fattore che può produrre una maggiore forza coesiva all'impasto. Presso il monastero di Loukou, in Arcadia, a km 30 circa da Argo, si conserva un'arcata dell'acquedotto che forniva la limetrofa villa romana: le incrostazioni calcaree, che hanno coperto pressoché del tutto la struttura laterizia, presentano concrezioni stalattitiche in cui le proprietà cementificanti dell'acqua locale appaiono indubie (Fig. 17). Simili concrezioni calcaree sono presenti nei corridoi ipogei di servizio ai *praeefurnia* delle terme, su pareti in cui l'acqua percolava.

OSSERVAZIONI SULLE VOLTE

Le volte della grande aula sono tutte crollate; possono tuttavia essere ricostruite graficamente sulla base delle tracce residue e grazie alle impronte lasciate sulle murature (Fig. 10). La volta del catino absidale era eseguita con mattoni disposti radialmente rispetto al centro della semicupola. L'aula e l'ambiente ipogeo erano invece coperti da volte a mattoni affiancati³². Queste volte differiscono da quelle adottate diffusamente

³² Occorre una precisazione terminologica. Nella lingua inglese queste volte sono chiamate *pitched brick vaults*, richiamando con il termine *pitched* il fatto che il maestro dispone i laterizi secondo i piani leggermente obliqui, così da fare affidamento non solo sulla capacità adesiva delle malte ma anche sull'appoggio offerto dalla posizione inclinata. Di recente L. Lancaster ha distinto le *pitched brick vaults* da *laying bricks on edge vaults*, in cui i mattoni sono disposti verticalmente così da fare affidamento solo sulla capacità adesiva della malta (LANCASTER 2009). Nella lingua francese queste volte sono denominate *voûte a tranche*, evocando il sistema costruttivo che vede crescere la volta non dalle imposte al cervello, come sulle volte a botte tradizionali, ma per trince poggianti una sull'altra a partire da uno dei fronti dell'ambiente da coprire. In italiano è stata impiegata la dizione "volta costruita con i mattoni disposti perpendicolarmente alla generatrice della superficie cilindrica" che M. Livadiotti riprende da G. Gullini

(LIVADIOTTI 2000, 811 e n. 21). Tale definizione richiama la disposizione geometrica dell'apparecchio murario ed è pertanto molto efficace nel definire univocamente la disposizione dei laterizi, laddove nel termine inglese e francese questa risultava del tutto vaga. La locuzione risulta tuttavia poco pratica laddove utilizzata in maniera diffusa. Pertanto qui si propone il termine più contratto di "volte con mattoni affiancati". Un'altra definizione utilizzata nella lingua italiana è "a strati affiancati", ma il termine "strato" può risultare equivoco quando si tratta di volte mesopotamiche in cui "volte a mattoni affiancati" sono sovrapposte su più strati, uno sull'altro per creare volte di maggiore spessore. Nel *Dictionnaire méthodique* il termine proposto è di "volta a spicchi" (GINOUVÈS 1992, 164), evidentemente poco adatto, così come è equivoco il termine "volta ad archi paralleli" utilizzato nel "Trattato del restauro", che richiama archi autoportanti affiancati l'un l'altro (DE CESARIS 1996, 96).

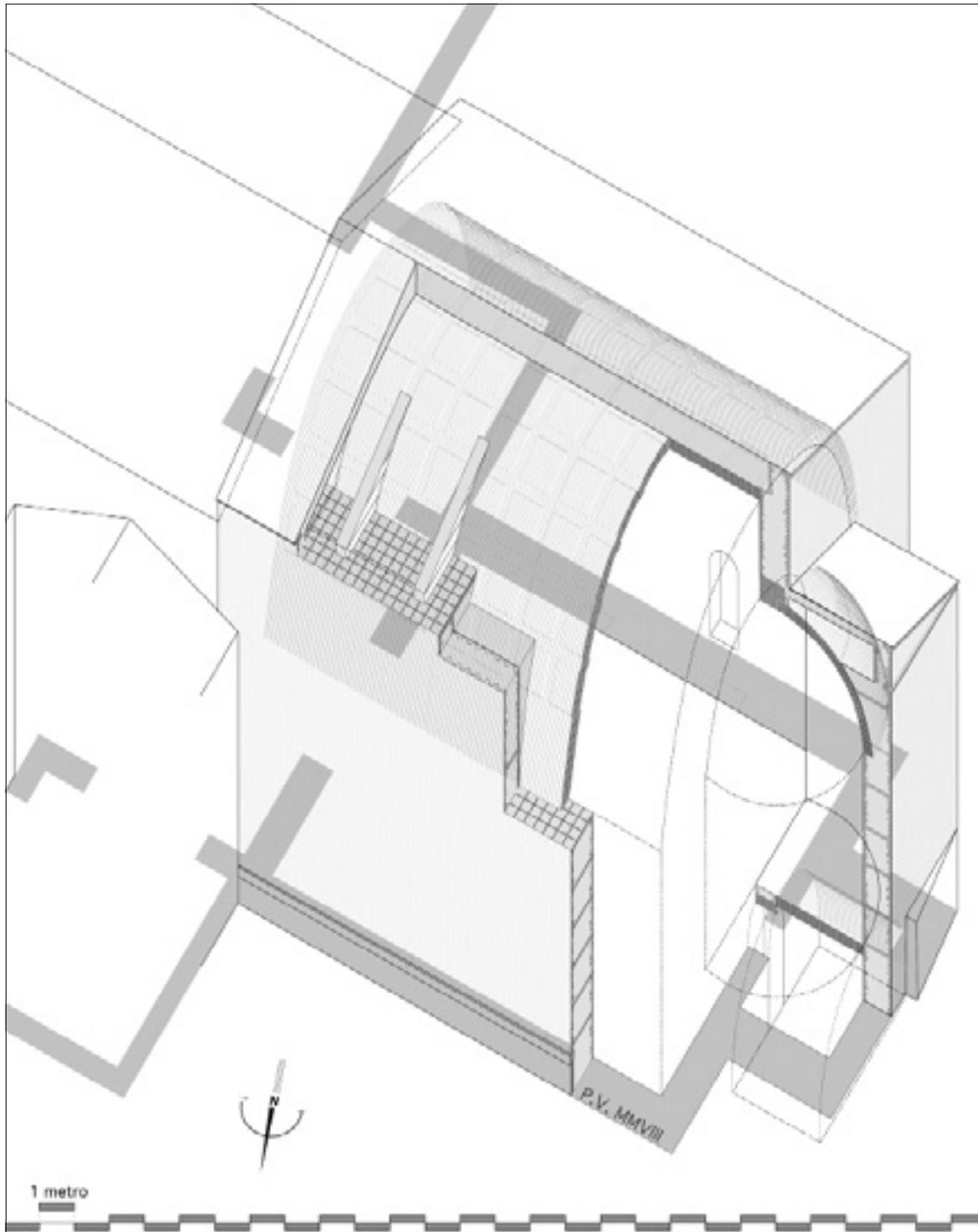


Fig. 18 - Spaccato assonometrico della grande aula. (disegno dell'autore).

in Grecia: i laterizi anziché essere apparecchiati con la faccia parallela alle imposte sono disposti con la faccia ortogonamente alla linea di imposta, così da formare tanti archi sottili quanto lo spessore del laterizio. La dizione a mattoni affiancati vuole pertanto porre in evidenza il processo costruttivo adottato dal muratore che, anziché poggiare il mattone su quello che lo precede, faccia contro faccia, lo dispone “a fianco”, accostando una costa del laterizio all'altra. Volte a mattoni affiancati non sono presenti a Roma, dove le volte cementizie di età imperiale sono formate da *caementa* allettati per filari rigorosamente orizzontali (Fig. 24A).

La volta del catino absidale

La volta era contenuta dal volume rettangolare che ingloba l'abside ed era realizzata con una semicalotta in *pedales* e un getto cementizio (Fig. 18). Il crollo della semicalotta laterizia ha lasciato a vista le

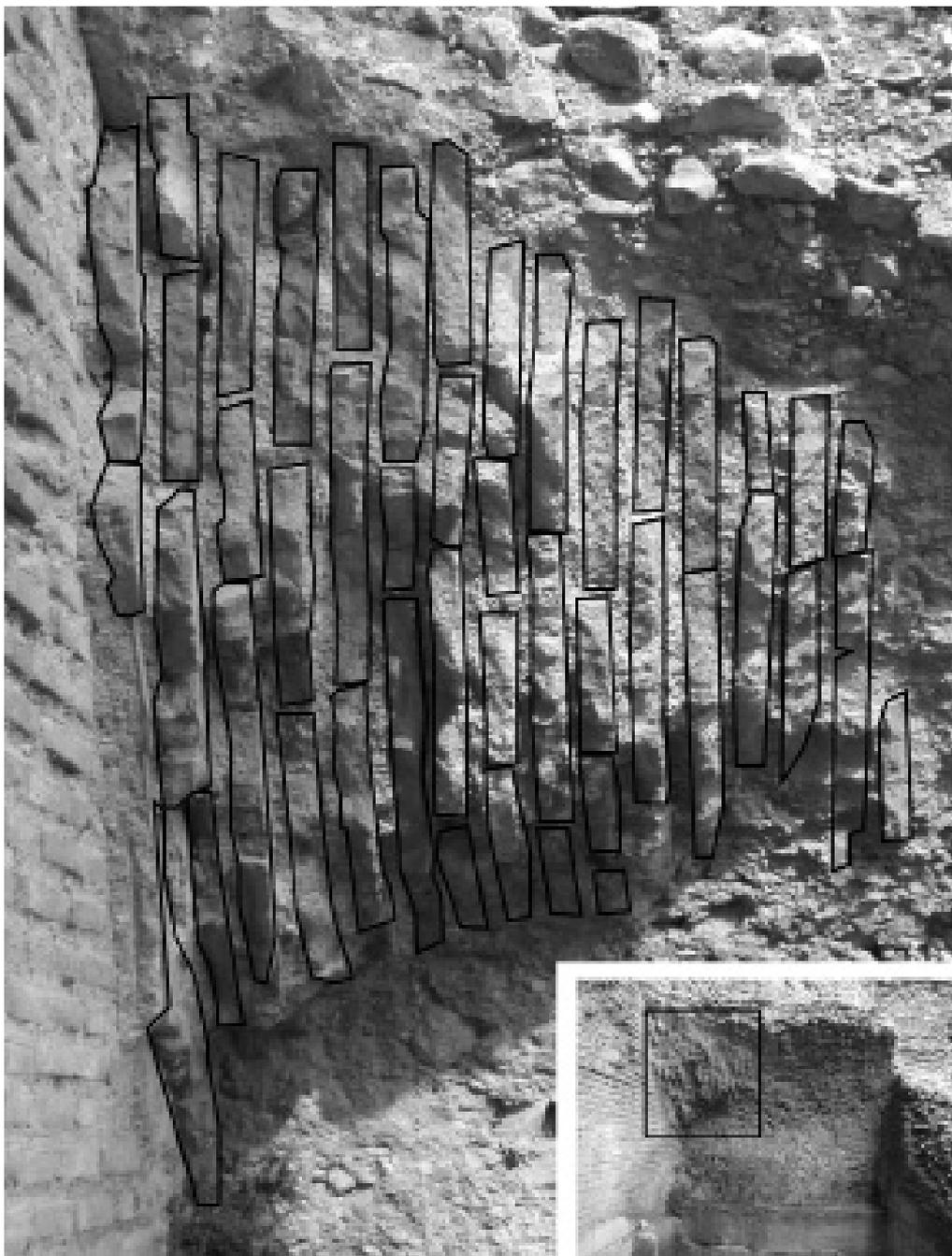


Fig. 19 - La volta a mattoni affiancati dell'ambiente ipogeo: i laterizi fra un arco sottile e l'altro sono sfalsati così da non far coincidere i giunti di malta e garantire una corretta resistenza alla muratura. (foto dell'autore).

impronte sull'opera cementizia (Fig. 16A). Nella parte sommitale, sopra al cementizio della semicalotta, si scorge il paramento laterizio interno del timpano che colma il prospetto occidentale esterno dell'abside (Fig. 7E). Il paramento interno del timpano non era visibile, perché era nascosto dalle due falde in cementizio del tetto, che, similmente a quelle della copertura dell'aula, erano eseguite con due lastre che lasciavano un'intercapedine (Fig. 3, sezione longitudinale). Il vuoto riduceva la massa di cementizio alleviando la volta laterizia dal peso del cementizio e favorendo una migliore e più rapida carbonatazione della calce.

La testata dell'abside era realizzata con un arco a doppia ghiera, la cui funzione era quella di trasmettere il peso del muro sovrastante ai piedritti (Fig. 7A). L'arco era formato da una ghiera interna in *pedales* ed una esterna in *sesquipedales*.

La volta dell'ambiente ipogeo dell'abside

La volta a mattoni affiancati dell'ambiente ipogeo è stata in larga parte spoliata, rimangono tuttavia alcuni laterizi in opera (Fig. 12B). I laterizi, prodotti appositamente per la volta, erano di forma trape-

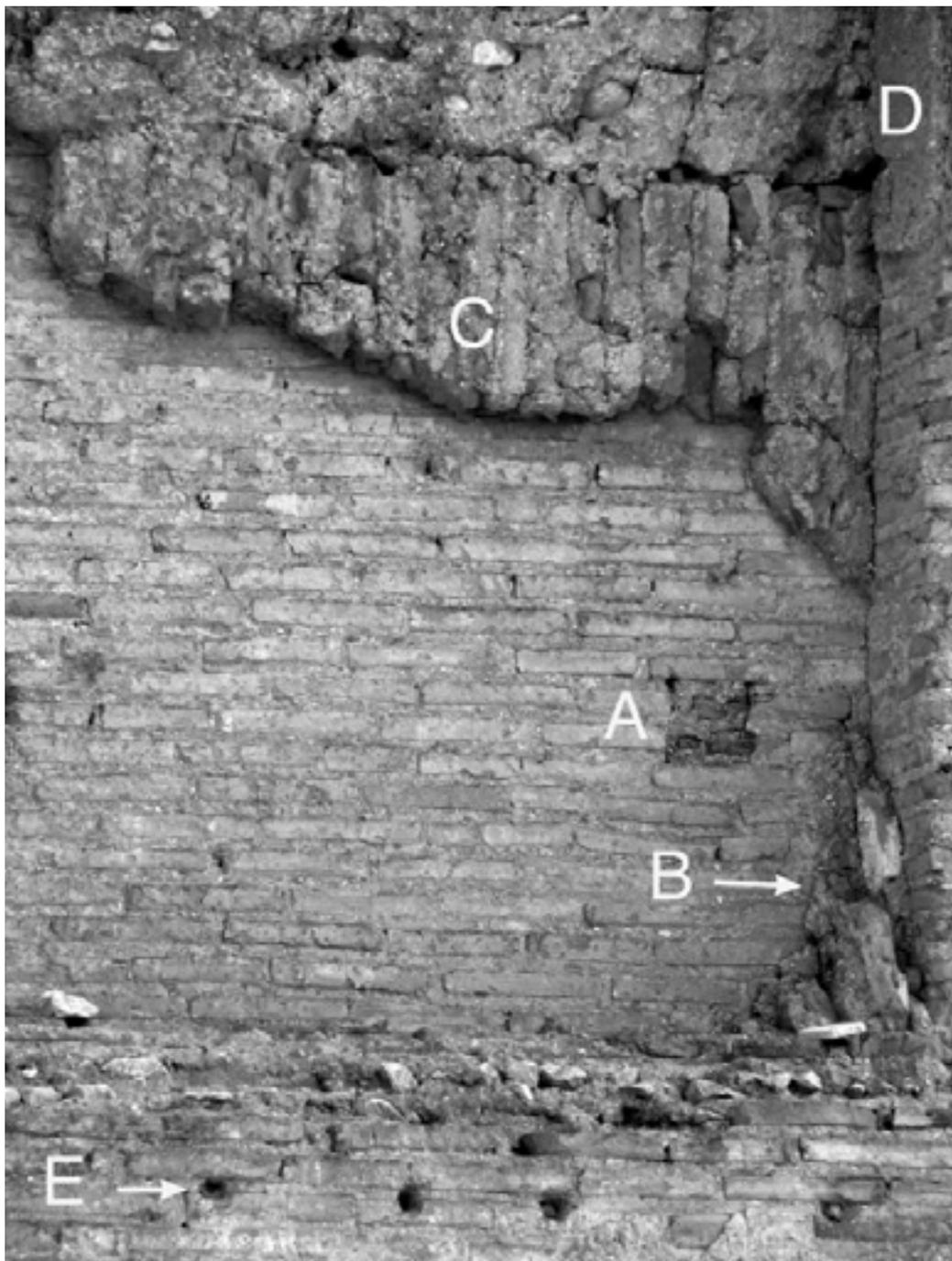


Fig. 20 - Particolare della parete interna dell'aula, sopra alla risega necessaria all'appoggio della volta: A) Foro da ponte tamponato prima della costruzione della volta. B) Frammenti di laterizi appartenenti alla volta in mattoni affiancati. C) Porzione del rinfiacco eseguita con frammenti laterizi. D) Malta con impronte dei laterizi trapezi, collocata per realizzare il primo arco sottile della volta a mattoni affiancati. E) Fori per il fissaggio delle grappe di sostegno alla decorazione in *crustae* di marmo (II fase?). (foto dell'autore).

zia³³: base minore cm 24,5-25,5, base maggiore cm 28, alt. cm 41 e spess. cm 5. La forma trapezia consentiva la diminuzione del giunto di malta tra un laterizio e l'altro, dato che il lato più corto era collocato verso l'intradosso della volta, rendendo la struttura più rigida e resistente (Fig.9, particolare). I laterizi erano collocati in maniera tale che il giunto di malta risultasse sfalsato fra un arco sottile e l'altro (Fig.

³³ Laterizi di forma trapezia sono impiegati a Gortina, Creta, nelle volte delle terme presso il Pretorio. I laterizi di Gortina misurano largh. cm 26 e cm 30; alt. cm 30. I laterizi trapezi erano impiegati anche nelle murature. V. LIVADIOTTI 2000, 811. Laterizi trapezi di minore dimensione sono attestati ad Argo anche nell'odeon e nel setto su

cui poggia la volta rampante della rampa di accesso dall'agorà alle terme. Laterizi di forma trapezia cm 36-41 x alt. cm 49 e spess. cm 6 sono comunque presenti anche nella costruzione in terra cruda della Mesopotamia, v. SAVAGE 1998, 65-66.

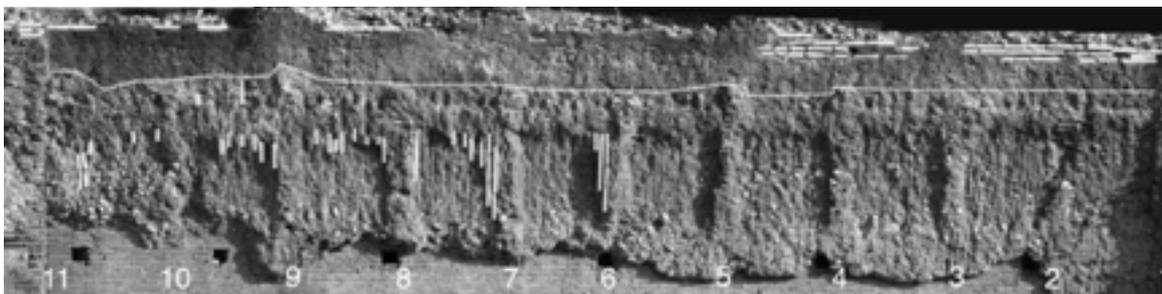


Fig. 21 - Particolare delle impronte del cassettonato della volta laterizia sul rinfianco in cementizio. Nell'immagine sono evidenziati i frammenti laterizi della volta rimasti adesi al rinfianco. La linea tratteggiata individua la parte gettata a ridosso della volta laterizia e quella gettata su uno strato di malta. In alto sono evidenziati i tre filari di laterizi che sigillano il rinfianco. (foto dell'autore).

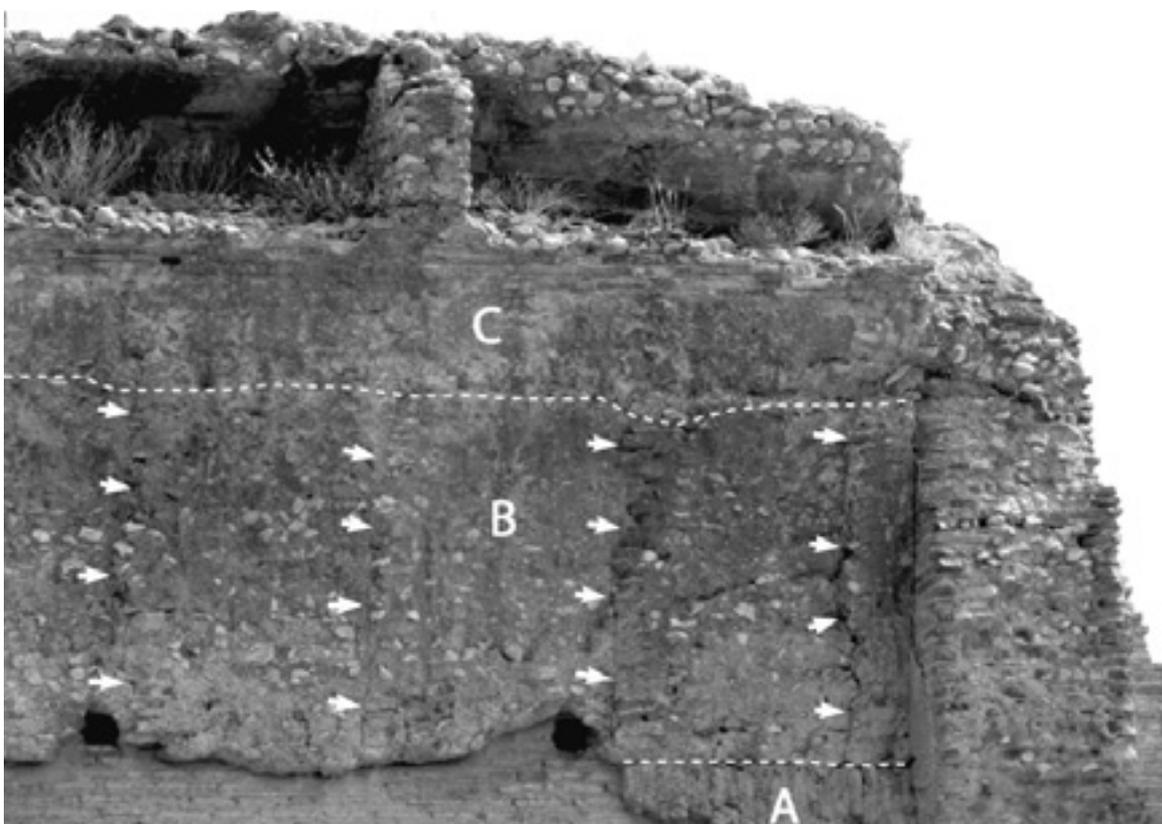


Fig. 22 - Particolare del rinfianco della volta: A) rinfianco eseguito prevalentemente con laterizi. B) rinfianco eseguito con bozze calcaree contro la volta laterizia. Nell'immagine sono evidenziate con frecce le soluzioni di continuità nel cementizio; ogni discontinuità corrisponde ad una ripresa nella realizzazione del rinfianco e corrisponde alla larghezza di un lacunare. C) rinfianco eseguito con bozze calcaree gettato su uno strato di malta e sigillato da tre filari di laterizio (foto dell'autore).

19). La volta copriva un ambiente largo m 4,90 e lungo m 3,09 (Fig. 3)³⁴; la costruzione della volta venne eseguita da W verso E, come dimostrano le zeppe laterizie inserite a colmare l'interstizio risultante tra l'ultimo strato di laterizi e la parete che delimita l'ambiente. Al di sopra della volta era un'opera cementizia di malta e pietre calcaree disposte per piani orizzontali a colmare i fianchi della volta a strati affiancati fino a formare un piano che correva tangente al cervello della volta (Fig. 12C). Il getto massivo serviva da raccordo tra la forma rettangolare dell'ambiente ipogeo e quella semicircolare dell'abside (Fig. 3).

³⁴ Le pareti laterizie su cui imposta la volta sono alte circa cm 88. L'altezza è riferita all'attuale piano di calpestio,

dal momento che la quota del pavimento antico non è visibile.



Fig. 23 - Particolare delle lastre di copertura in cementizio. Si notano le impronte del tavolato utilizzato come cassaforma. La freccia indica l'appoggio delle tavole sui frenelli. (foto dell'autore).

La volta della grande aula

La volta laterizia che copriva la grande aula è crollata integralmente, ma le impronte lasciate sul rinfiango cementizio della parete settentrionale ne consentono la ricostruzione (Fig. 10). La volta, a profilo leggermente rialzato, era ampia m 10,70 e spiccava ad una quota di m 8,30 circa dal piano di calpestio interno; il cervello doveva essere a m 13,65 dal pavimento.

Alcuni frammenti laterizi sopra alla risega d'imposta (Fig. 20B), le impronte sul rinfiango cementizio (Fig. 21) e i residui della malta sulla parete di fondo (Fig. 20D) attestano l'esecuzione della volta con la tecnica a mattoni affiancati. Similmente alla volta dello spazio ipogeo, i laterizi dovevano essere di forma trapezia. L'impronta della volta in mattoni affiancati sul rinfiango è ben distinguibile nelle prime ore del mattino, quando la luce è radente: le ombre evidenziano delle rientranze di forma rettangolare, senz'altro da interpretare come lacunari (Fig. 21). I lacunari non assolvevano una funzione di alleggerimento del getto cementizio o della volta stessa ed erano impostati su una prima fascia priva di rientranze, come nel tempio di Adriano a Roma (Fig. 8A).

Il rinfiango cementizio era ottenuto con malta e bozze calcaree ed era parte integrante della costruzione della volta. Nella parte più bassa, quindi meno spessa, era eseguito con frammenti di laterizi (Figg. 20C, 22A). Le soluzioni di continuità verticali (Fig. 22) consentono di individuare le diverse riprese del rinfiango, che venne gettato per fasce corrispondenti all'ampiezza dei lacunari del cassettonato. La prima discontinuità verticale, ad E, segue la prima nervatura. È probabile che da qui si avviò la costruzione della volta a mattoni affiancati, dal momento che sul lato opposto, il rinfiango sembra disposto in maniera più caotica, perché non eseguito più frontalmente, ma dall'alto (Fig. 21). Le tracce di queste discontinuità verticali si interrompono poco sopra al primo filare di cassettoni. Al di sopra non si distinguono più le bozze calcaree, ma un'opera cementizia che culmina con i tre filari di laterizio sommitali (Fig. 22C e n.24). La differenza fra le murature di rinfiango deriva da due distinti momenti di esecuzione. In un primo momento, corrispondente alla costruzione della volta laterizia, si realizzò il rinfiango fino ad una quota di poco superiore al primo lacunare: la volta era così contenuta fino all'altezza delle reni, risultando inibite eventuali deformazioni durante la costruzione (Fig. 9, sesto 0-33°). In un secondo momento, successivo all'esecuzione della volta, fu steso uno strato di malta, forse cocchiopesto, sull'estradosso, motivo per cui non si leggono più le impronte dei laterizi nel rinfiango (Fig. 22C). Lo strato di malta aveva esso stesso una funzione di irrigidimento e, forse, di impermeabilizzazione. La seconda colmata di rinfiango era coronata dai tre filari di laterizio necessari per sigillare la discontinuità fra rinfiango e parete laterizia e ripartire uniformemente il peso proveniente dai setti sovrastanti (Figg. 9C, 23).

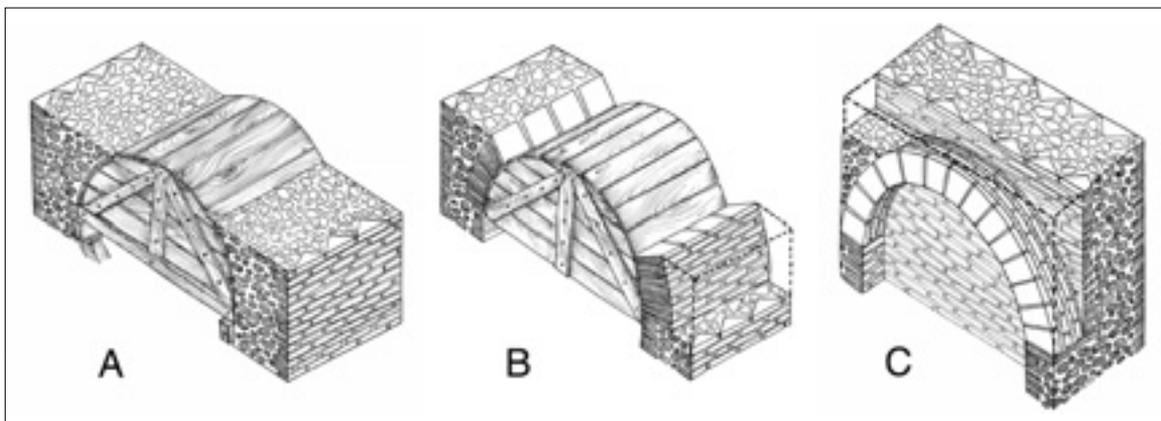


Fig. 24 - Costruzione di volte di luce modesta: A) Volta in cementizio costruita su centina lignea disponendo le bozzette lapidee per filari orizzontali. B) Volta a mattoni radiali con sovrastante getto cementizio costruita su centina lignea. C) Volta a mattoni affiancati, con sovrastante getto cementizio, costruita senza centina appoggiando i mattoni contro una parete di fondo. (disegno dell'autore).

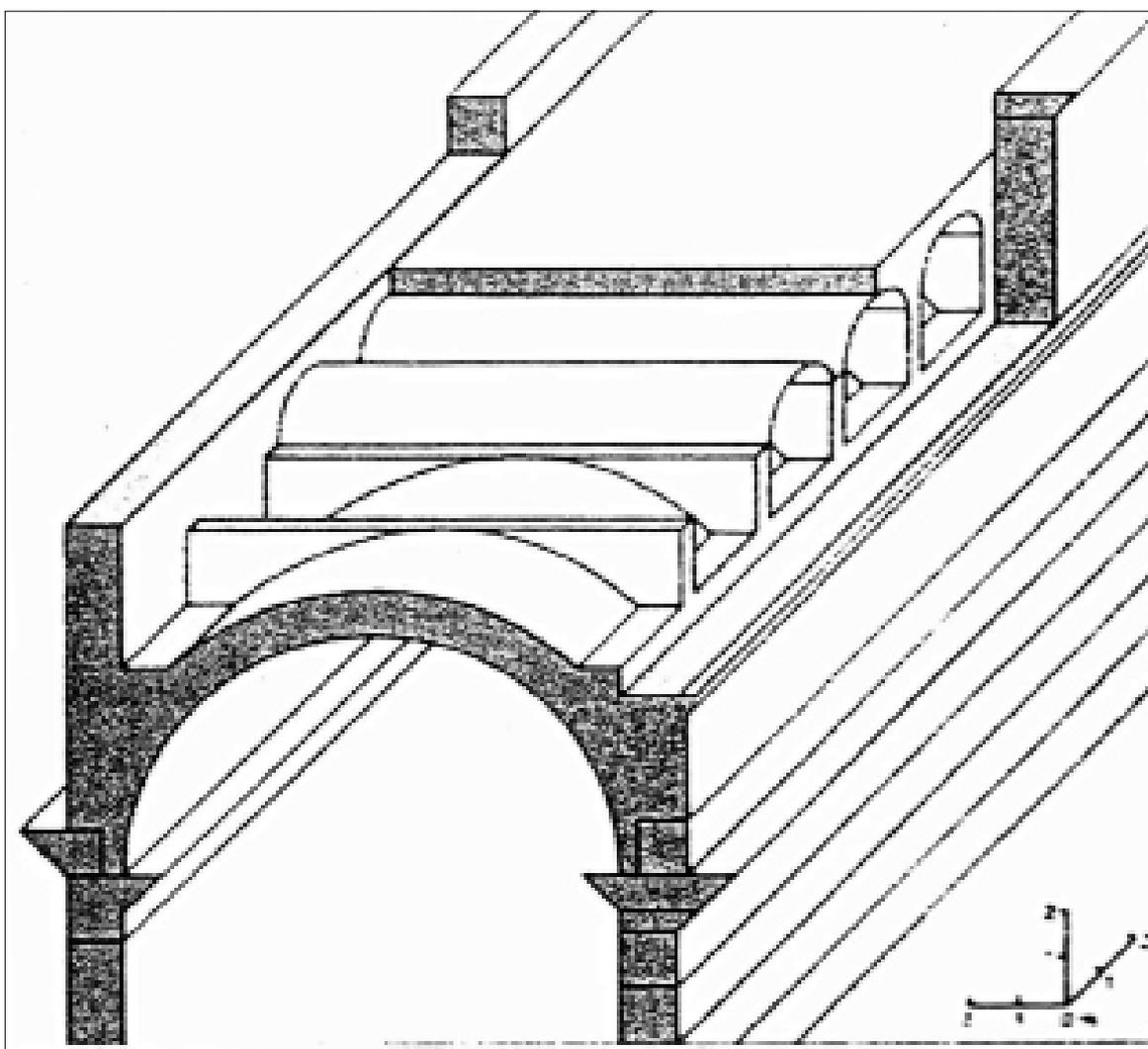


Fig. 25 - *Crypta Balbi* a Roma: “Particolare costruttivo del sistema a frenelli e voltine, usato per alleggerire i rinfianchi della volta a botte (11/2003)” (didascalia e disegno da CANTE 2004, fig. 8).

OSSERVAZIONI SUL CANTIERE

I fori da ponte visibili sulla parete N dell'aula descrivono una maglia regolare utile a comprendere l'organizzazione delle opere provvisorie impiegate per la realizzazione dell'edificio (Figg. 6, 10). Gli elementi lignei necessari a sorreggere il ponteggio attraversavano l'intero spessore della parete così da

sostenere contemporaneamente i due piani di servizio su cui lavoravano le maestranze (fig. 9A). La collocazione dei fori da ponte evidenzia una relazione diretta con la volta sovrastante, come si evince dalla loro diretta corrispondenza con il passo dei cassettoni; a partire dal filare sovrastante le nicchie, si osserva che delle undici costolature dei cassettoni, la prima, la quarta, la sesta, l'ottava e l'undicesima cadevano in asse con i fori da ponte.

La presenza di fori da ponte sotto e sopra alla risega su cui poggia la volta assieme alla loro corrispondenza con la suddivisione dei cassettoni, induce ad ipotizzare che il ponteggio necessario alla costruzione della parete fu impiegato anche per il cantiere della volta. Tale ipotesi è sostanziata dal fatto che il rinfiacco non copre i fori da ponte, per cui le travi inserite nei fori da ponte furono tagliate solo dopo la costruzione del rinfiacco. Solo i fori da ponte prossimi alle pareti di testata dell'aula, furono tamponati con laterizi, perché le travi in essi inserite non erano indispensabili per le centine della volta (Fig. 20A).

La costruzione della volta a mattoni affiancati fu con ogni probabilità avviata dalla testata orientale dell'aula (v. *supra*) impiegando una centina, con la quale verificare la geometria della volta, onde evitare le probabili deformazioni che sarebbero incorse qualora non fosse impiegata e per poggiare il tavolato necessario all'esecuzione dei cassettoni³⁵. I sottili archi di sessantatre mattoni di forma trapezia furono apparecchiati di piatto, vale a dire con il maestro muratore disposto frontalmente all'arco, così da poter collocare i laterizi uno a fianco all'altro a formare archi completi, separati da uno strato di malta verticale e continuo. La volta risultava pertanto formata da tanti archi sottili accostati uno sull'altro; ognuno di essi, a misura che veniva chiuso in chiave, risultava autoportante³⁶.

Recenti studi hanno evidenziato la complessità delle armature che sostenevano le centine, dovuta al fatto che nelle volte in cementizio e in quelle in pietra o mattoni tutto il peso deve essere sorretto da castelli lignei di adeguata resistenza³⁷. Non così nelle volte a mattoni affiancati dove il peso si riduceva a quello dell'arco sottile in costruzione. Ad Argo, quindi, la centina poteva essere leggera: una larghezza di cm 60, pari a circa 8 archi sottili, sarebbe stata sufficiente a garantire la presa della malta dei primi archi prima di procedere all'avanzamento della centina sul settore attiguo. Tuttavia, osservando le riprese di getto nel rinfiacco, segnate dalla discontinuità verticale (v. *supra* e Fig. 22), si desume che il rinfiacco poteva essere gettato ogni cm 115, larghezza pari ad un lacunare.

VOLTE A MATTONI AFFIANCATI E VOLTE SOTTILI

Un unicum nell'architettura romana: l'intercapedine mette in crisi il modello strutturale della volta in concrezione

La copertura con volta a mattoni affiancati, intercapedine e lastre cementizie piane è un *unicum* nell'architettura romana. Un sistema ad intercapedine è documentato nel portico di età augustea della *crypta* del teatro di Balbo a Roma, dove però lo spazio fra un frenello e l'altro era coperto con piccole volte a botte (Fig. 25)³⁸. Nel cd. Ninfeo degli *Horti Sallustiani*, sempre a Roma, nel conglomerato cementizio della volta, era un sistema di cavità radiali coperte a cappuccina, assimilabile ad ordini di frenelli concentrici necessari a realizzare il sovrastante piano orizzontale. Qui però le intercapedini erano ricavate all'interno della massa della volta, piuttosto che essere un sistema poggiato su di essa (Fig. 26)³⁹.

³⁵ La tecnica delle volte a mattoni affiancati consente di realizzare coperture e solai rinunciando a centine di supporto. Così Choisy: "La vouûte se prolonge par tranches au lieu de s'élever par assises; et l'adhérence qui fixe chacune des tranches à celle qui la précède, rende tout support auxiliaire entièrement superflu", CHOISY 1883, 32. Di tale avviso pure AUPERT – GINOUVES 1989, 151, per la volta di Argo. Una centina è invece necessaria per controllare una volta di questa luce, almeno nel tempo necessario affinché la malta faccia presa e consenta alla volta di non deformarsi sotto il proprio peso. Cf. il sistema illustrato nella costruzione di una volta catalana (Fig. 30).

³⁶ Un arco è una struttura spingente che diviene portante nel momento stesso in cui viene collocato l'ultimo concio, quello di chiave; fino a quel momento l'arco deve poggiare su una centina che ne sostenga il peso. Quando si colloca il concio di chiave, il peso viene trasferito alle imposte e non

grava più sulla centina.

³⁷ GIULIANI 1991, 98-104; LANCASTER 2004, 22-50.

³⁸ Nella parte superiore del portico vi era una "volta a botte in conglomerato cementizio a blocchetti di tufo con piani di posa orizzontali" i cui rinfianchi "appaiono alleggeriti, oltre che dall'inserzione nel calcestruzzo di inerti più grossi, anche da (...) un sistema di muretti, o frenelli in laterizio, ortogonali alla struttura principale, coperti e collegati tra loro da una serie di piccole volte a botte" che "costituiva il supporto per il tetto a terrazza che copriva il portico". "I muretti (...) hanno uno spessore di m 0,22-0,23 e distano tra loro m 0,90 e sono realizzati da una doppia cortina in laterizi (modulo cm 20-22) con riempimento in calcestruzzo"; CANTE 2004, 7-8.

³⁹ Per la descrizione del cd. Ninfeo: INNOCENTI – LEOTTA 2004, 161-168. Per la descrizione del sistema di cavità della volta, TEDONE 1990, in particolare fig. 8.

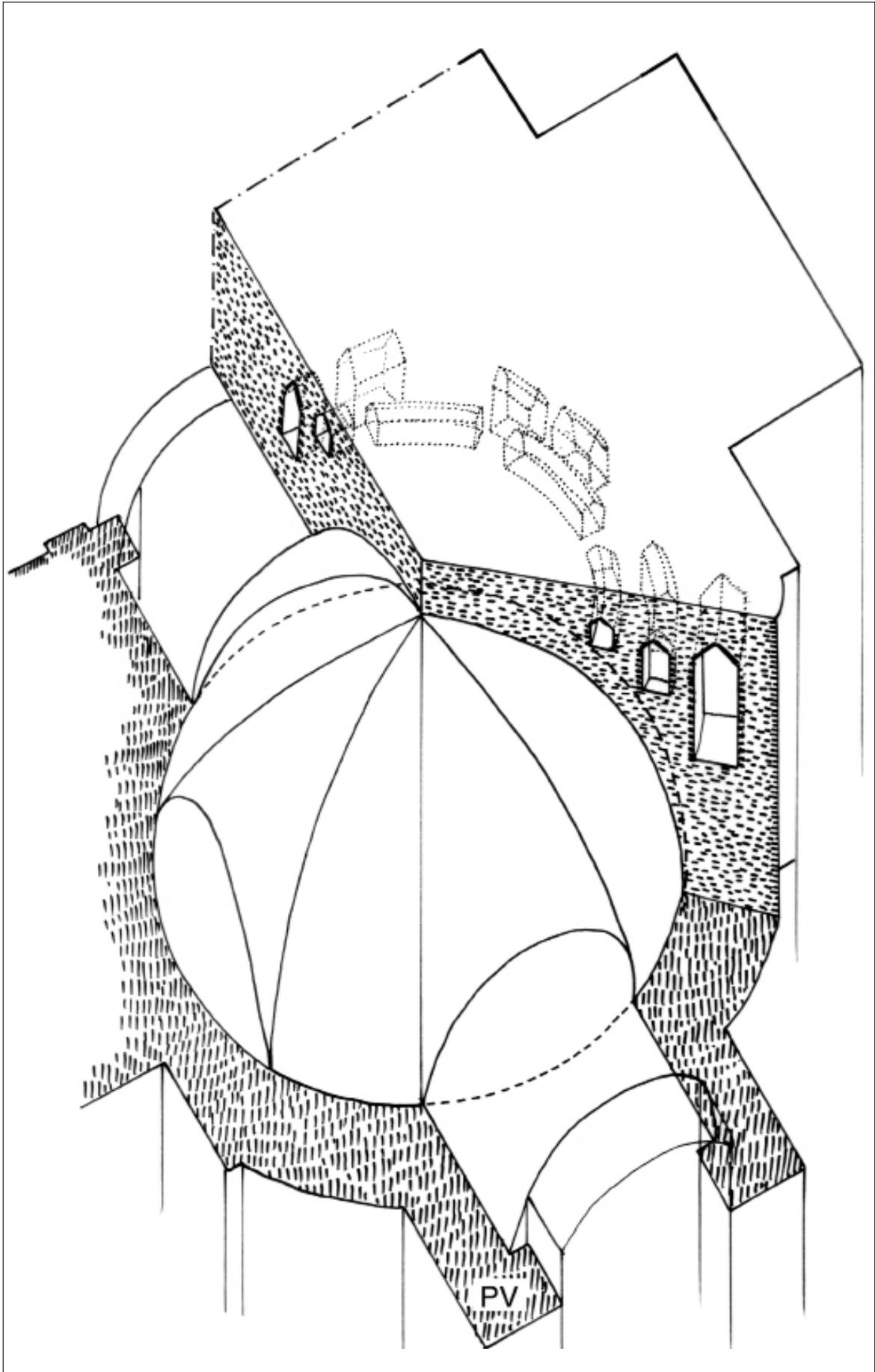


Fig. 26 - *Horti Sallustiani*: schema assometrico delle cavità ricavate nel getto della volta.
(disegno dell'autore).



Fig. 27 - Le volte del *Ramesseum* di Tebe (fotografia Patric Godeau).

Questi esempi sono utili per tracciare il ricorso a sperimentazioni simili nei sistemi costruttivi romani, ma certamente non ardite come quella di Argo.

Nel cantiere edile di Roma è invece preponderante l'uso del getto cementizio pieno formato su centine lignee (Fig. 24A). Nel resto dell'Impero, dove il cementizio formato direttamente sulle centine è sporadico, si può affermare che la soluzione più diffusa è quella con volte laterizie o in pietra, lasciate eventualmente estradossate o completate da un'opera cementizia sovrastante (Fig. 24B-C).

Come si è già detto, la resistenza delle volte di età romana era legata alla tenacia della malta, che, nel caso delle volte cementizie, assumeva un ruolo strutturale di primaria importanza, in quanto trasformava l'amalgama di *caementa* e malta in un unico corpo. Fattori rilevanti nella progettazione delle volte di considerevole ampiezza erano, conseguentemente, il peso e la spinta generati dalle pesanti masse cementizie sulle murature portanti. Non deve pertanto stupire se furono elaborate diverse soluzioni per ridurre la spinta attraverso l'alleggerimento della massa della volta⁴⁰. Nell'aula argiva, la cui volta è tra le più ampie fra quelle conservate in Grecia, l'intercapedine svolgeva la medesima funzione di alleggerimento. L'eliminazione della massa cementizia sull'estradosso, infatti, comportava una minore spinta; tuttavia l'assenza del getto sovrastante generava una condizione di instabilità, per il fatto che la volta laterizia a botte a tutto sesto risultava di spessore troppo ridotto in rapporto alla luce dell'ambiente, condizione che avrebbe condotto all'immediato collasso. Per ovviare a questo pericolo l'adozione dell'intercapedine era stata accompagnata da un ponderato sistema di rinfianchi e dal sistema di lastre cementizie che, assieme ai muretti che le sostenevano, costituivano un sistema integrato con la volta laterizia. Quali potevano essere quindi stati i criteri di progettazione adottati dall'artefice per un così articolato ingranaggio costruttivo? Si tenterà di dare una risposta a questa domanda ricorrendo ad alcuni esempi che testimoniano criteri empirici di progettazione, spesso confluiti in trattati sulla costruzione.

Volte a mattoni affiancati: geometria e resistenza

La tecnica delle volte a mattoni affiancati, che in Occidente è documentata per la prima volta nell'edificio argivo, era ampiamente diffusa in Mesopotamia ed Egitto sin dal IV millennio a.C.⁴¹. Nelle volte a mattoni affiancati più ampie la resistenza alle deformazioni era ottenuta attraverso una forma leggermente parabolica⁴² o attraverso la sovrapposizione di più strati uno sull'altro. Ne sono un ottimo esempio le volte in mattoni crudi del *Ramesseum* di Tebe (Fig. 27)⁴³ (XIX dinastia, 1279-1212 a.C.) e quelle in mattoni cotti del palazzo di Cosroe I (*Tāq Kisrā*) a Ctesifonte presso Baghdad (Fig. 28)⁴⁴ (prima metà del VI secolo d.C.).

⁴⁰ LANCASTER 2005, 59-64; 81-84; LANCASTER 2009; SPANU 2007, 187-192.

⁴¹ OATES 1973, 184.

⁴² La struttura parabolica inoltre è prossima alla catenaria, forma che naturalmente riduce le sollecitazioni ad azioni di sola compressione. V. CHOISY 1904, 43; RADELET-DE GRAVE 2003, 136.

⁴³ I magazzini del *Ramesseum* sono un insieme di ambienti rettangolari affiancati, costruiti tra il tempio e la cin-

ta muraria, durante i primi trent'anni del Regno di Ramesse II. V. DONADONI 1999, 176. Secondo Dodge è forse il primo esempio di volte impiegato in un'architettura domestica. V. DODGE 1984, 200-205; CHOISY 1904, fig. 35.

⁴⁴ Nella volta di Ctesifonte la luce risulta di circa m 25; la volta è composta da cinque strati di archi a mattoni affiancati. Nell'intradosso si conservano anche i fori del ponteggio/centina, v. DIEULAFUY 1885, V, tav VI: "*Palais de Ctesiphon. Detail du grand arc*".



Fig. 28 - La volta del palazzo di Cosroe I a Ctesifonte (da DIEULAFOY 1885, V, tav VI).



Fig. 29 - Un muratore mentre realizza una volta a mattoni affiancati di profilo parabolico. La costruzione procede frontalmente pressando i laterizi crudi contro l'argilla. Nella fase rappresentata i giunti fra un mattone e l'altro vengono riempiti, dopo la formazione dell'arco. Da notare l'assenza di centina. (da FATHY 1976, fig. 17).

Nelle volte a mattoni affiancati realizzate con mattoni crudi uniti da argilla la struttura diviene un corpo omogeneo, isotropico, tendente ad essere un'unica massa, così come il getto cementizio delle volte romane in conglomerato (Fig. 29). Quando invece la volta è realizzata con mattoni cotti la volta a strati affiancati ha caratteristiche diverse: uno strato di malta è alternato ad uno strato con mattoni (Fig. 24C). La presenza di giunti verticali di malta costituisce una discontinuità che può inficiare il comportamento strutturale sotto carico, in quanto le forze che gravano sulla volta non si trasmettono in maniera omogenea, perché incontrano piani di rigidità differente⁴⁵. Qualora intervenga un minimo cedimento di una delle testate che contengono la volta o una qualsiasi altra deformazione rispetto alla geometria primitiva, si forma una lesione proprio lungo il giunto di malta; la separazione di uno strato dall'altro potrebbe preludere ad un crollo. La presenza di un getto cementizio al di sopra delle volte a strati affiancati può contrastare un tale cinematismo, dal momento che opera come una massa che contiene la volta sottostante, assorbendo anche parte delle tensioni e distribuendole sui piedritti.

Sulle volte con mattoni in foglio, dette anche "alla catalana" o "tabicadas"

La tradizione delle volte a mattoni affiancati si è mantenuta viva nei secoli solo in Oriente dove è tuttora impiegata (Fig. 29)⁴⁶. In Catalogna, a partire dal Medioevo, appare la tecnica della volta in foglio, che è simile a quella con mattoni affiancati per il fatto che viene formata per archi accostati senza l'ausilio di armature, ma solo con dime di legno che aiutano il muratore a seguire il profilo dell'intradosso (Fig. 30). Le volte catalane⁴⁷ sono tuttora in uso, anche nell'edilizia moderna, per realizzare scale e pic-

⁴⁵ È una condizione, questa, opposta a quella che si verifica in volte con mattoni disposti radialmente, dove le sollecitazioni insistono perpendicolarmente ai piani di laterizi e della malta.

⁴⁶ BENSEVAL 1984, 48. Un testo dove è attestato l'impiego moderno delle volte è FATHY 1976. Sotto Bisanzio la tecnica costruttiva delle volte a mattoni affiancati è impiegata solo inizialmente, per poi essere abbandonata del tutto. V. WARD-PERKINS 1994, 357-366.

⁴⁷ La terminologia "volta catalana" deriva dall'esteso uso che se ne è fatto in Catalogna sin dal XV secolo (cappella reale di Martino l'Umano nella Cattedrale di Barcellona). In catalano è anche chiamata *volta de maó de plà* mentre in castigliano si usa il termine di *bóveda tabicada* (TRUÑO 2004).

La bibliografia è principalmente spagnola, anche se in Italia la conoscenza di queste volte è stata diffusa da Riccardo Gulli e Giovanni Mochi (GULLI – MOCHI 1995, GULLI 2001). La volta si costruisce accostando una serie di archi formati da mattoni collocati uno di fianco all'altro. Per la costruzione si usano pianelle il cui ridotto spessore (minimo cm 1,5) e peso (kg 1,2) è il presupposto principale per la messa in opera. Il mattone è apparecchiato di piatto con malta a pronta presa o gesso. Il maestro regge il mattone con la mano per il tempo necessario alla presa della malta; uno affiancato all'altro i mattoni formano un primo arco, da imposta a imposta. Quando il primo arco della volta è formato il maestro procede alla posa di quello successivo e, subito dopo, di un secondo strato murato con malta di calce, sovrapposto al primo.

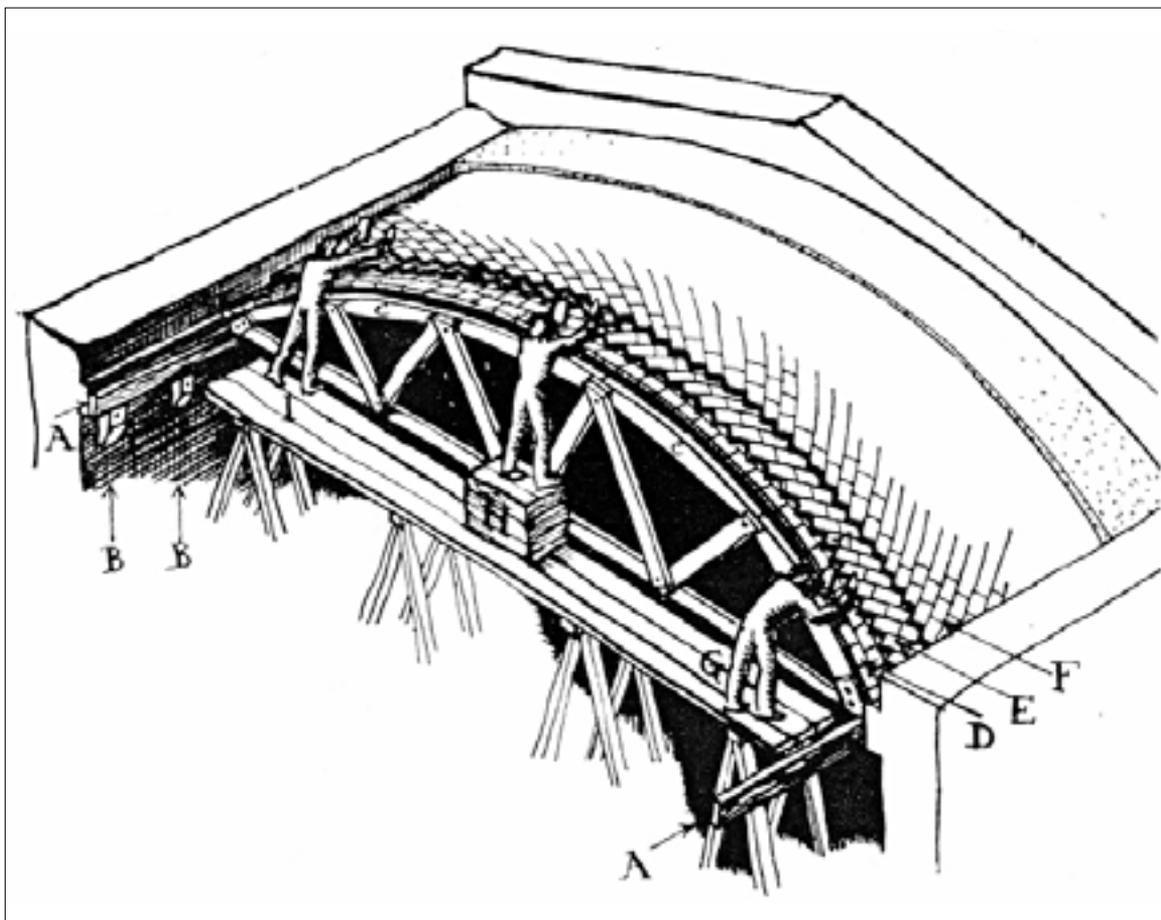


Fig. 30 - Costruzione di una volta catalana impiegando una centina scorrevole (da MOYA BLANCO 2000, fig. 2): A) Tavole che servono da rotaie. B) Mensole per l'appoggio delle rotaie. C) Centina leggera. D) Primo strato (volta murata a gesso). E) Secondo strato (volta murata a cemento). F) Terzo strato (volta murata a cemento). G) Maestro che realizza il primo strato. I) Maestro che realizza il secondo strato. H) Maestro che realizza il terzo strato.

coli solai. Sono formate dalla sovrapposizione di più strati di mattoni uno sull'altro; la costruzione della volta, dal primo strato a quelli successivi⁴⁸ procede frontalmente, come nelle volte a mattoni affiancati (Fig. 30). Gli strati sovrapposti sono fondamentali per aumentare la resistenza della volta, la cui rigidità cresce in proporzione agli strati. Un altro fattore sostanziale per la stabilità delle volte catalane è il profilo ribassato, vale a dire con una freccia ridotta in rapporto alla luce. La capacità resistente decresce in proporzione alla crescita della freccia dell'arco, perché, nel tratto fra l'imposta e le reni, la curva delle pressioni tende ad uscire dalla sezione della volta.

Il richiamo alle volte catalane è utile per focalizzare il comportamento di una volta di spessore ridotto in rapporto alla luce. Nella trattatistica si possono trovare prescrizioni atte a garantire una opportuna resistenza a volte a botte a sesto ribassato, ma anche per quelle a tutto sesto, come era quella di Argo. Nell'«*Arte i Uso de Architectura*» (Madrid 1639) Fray Lorenzo de San Nicolas consiglia, per volte *tabicadas*⁴⁹, dal profilo a botte a tutto sesto, il riempimento dei rinfianchi fino ad un terzo dell'altezza e la costruzione di frenelli per un altro terzo, così da assorbirne la spinta⁵⁰. L'esperienza maturata da Fray Lorenzo poteva essere pari a quella dell'architetto di Argo, considerata la similitudine fra la volta argiva e le osservazioni del trattatista spagnolo.

Un altro architetto in grado di risolvere questioni di stabilità di volte molto sottili fu Rafel Guastavino⁵¹, che costruì volte ampie fino a m 20 con spessori pari ad 1/20 della luce. Queste volte desta-

⁴⁸ Ogni strato è spesso circa cm 5.

⁴⁹ Termine castigliano della volta catalana. V. n. 47.

⁵⁰ "...and as you continue constructing, you will layer and solidify the haunches until the first third, and in all of the vaults, placing the langüetas, which rise for another third, and in this manner they will receive the thrust or the

weight of the vault" FRAY LORENZO 1639, citato in HUERTA, 2003, 92-93.

⁵¹ Guastavino esportò il sistema costruttivo catalano negli Stati Uniti, realizzando con suo figlio per la Guastavino & Co più di 2000 volte nell'arco di quaranta anni (GULLI 2001, 61; GULLI 2006).

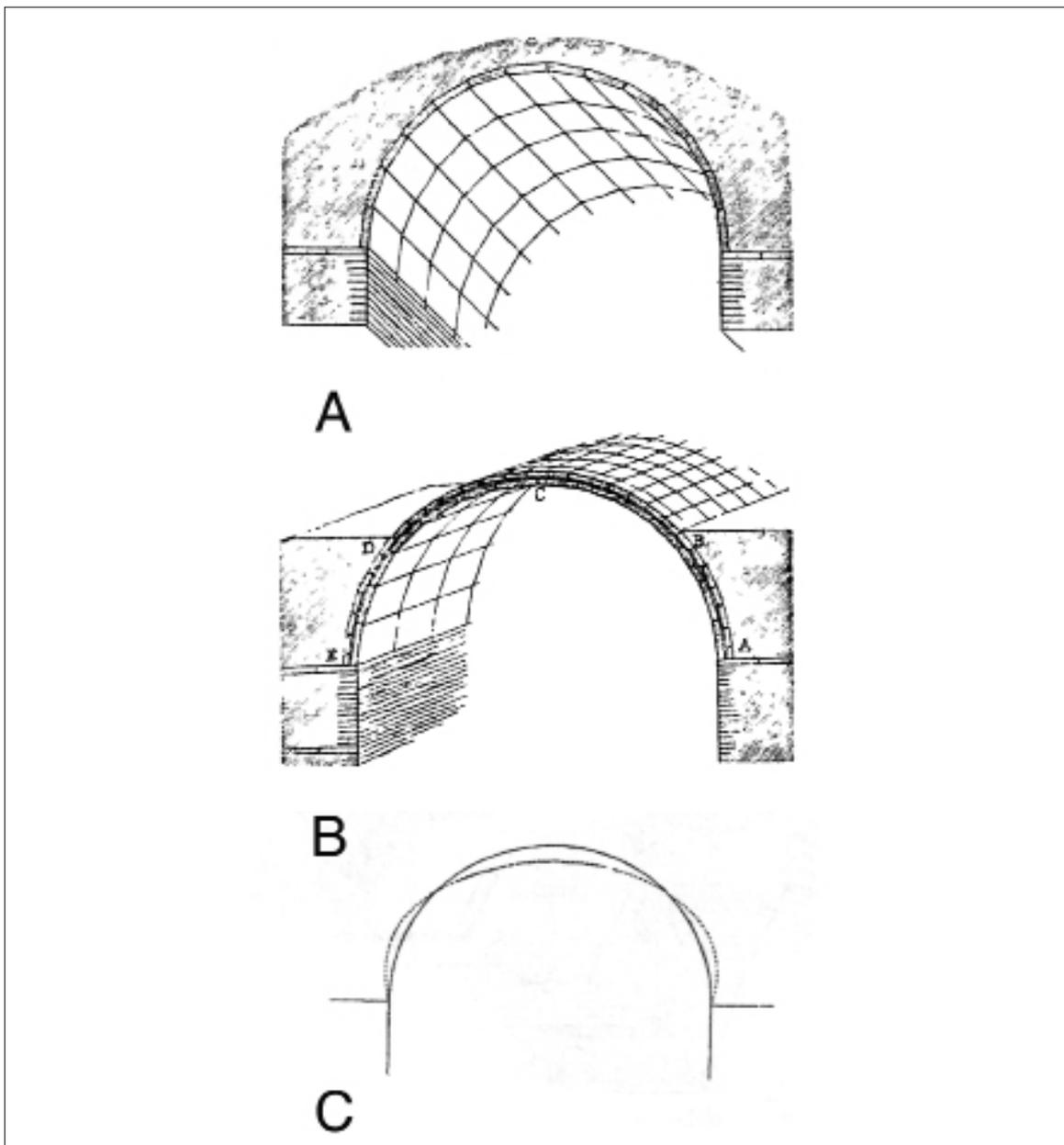


Fig. 31 - A) Volta a botte a tutto sesto con manto intradossale eseguito con mattoni in foglio (da CHOISY 1873, fig. 27). B) Esempificazione del sistema costruttivo, erroneamente assimilato da Choisy ad una volta catalana (CHOISY 1873, fig. 28). C) Schema della deformazione di una volta sottile sotto il proprio peso (abbassamento in chiave e innalzamento alle reni) (da CHOISY 1873, fig. 29).

no ancora meraviglia per l'elevata resistenza ai carichi e per la rapidità con cui potevano essere realizzate: venivano eseguite senza centine di sostegno, bensì con dime, funzionali al controllo della geometria⁵². Guastavino non usava alcun calcolo numerico per il loro dimensionamento, ma riusciva egualmente a risolvere impegnative committenze grazie alla grande familiarità con questa tecnica e ad un'innata capacità di "sentire" il comportamento strutturale⁵³.

Sui rivestimenti intradossali di età romana con mattoni in foglio

Anche A. Choisy dedicò alcune note alla stabilità delle volte sottili, a proposito dei laterizi apparecchiati in foglio nell'intradosso delle volte cementizie di età romana (Fig. 31A)⁵⁴. Choisy esemplificò le

⁵² "The 'cohesive' character is not relevant from the structural point of view, but it is important from the constructive point of view. It allows for the construction without centering, using only light auxiliary elements to control the form." HUERTA, 2003, 127.

⁵³ L'approccio teorico di R. Guastavino per il dimensiona-

mento delle volte era scorretto, ma le sue volte audaci e resistenti non hanno subito dissesti, dimostrando che l'aspetto più importante era la forma geometrica che intuitivamente veniva stabilita dall'architetto. HUERTA, 2003, 111-112.

⁵⁴ Cf. Choisy che nei suoi disegni rappresenta delle tavolette. CHOISY 1873, figg. 30-34.

sue osservazioni in uno schema grafico in cui i due strati della volta in foglio apparivano ultimati e il conglomerato cementizio era gettato fino alle reni (Fig. 31B)⁵⁵. Nel commento che accompagnava il disegno, Choisy annotò che, mentre la volta in foglio è autoportante, il riempimento ha una funzione eminentemente stabilizzante, fondamentale per le volte molto sottili e a tutto sesto che, per mancanza di rigidità, tendono a flettersi e deformarsi, con un abbassamento al cervello ed un innalzamento alle reni (Fig. 31C).

Il commento di Choisy certamente era viziato da una lettura erranea del sistema costruttivo utilizzato dai costruttori romani⁵⁶. Quello che tuttavia è importante sottolineare, ai fini del discorso qui sviluppato, è che Choisy notava, a ragione, che le volte sottili sono stabili solo se presentano un profilo molto ribassato e sono contenute da rigide pareti⁵⁷. Qualora invece le volte sottili presentino una sezione a tutto sesto, diviene indispensabile un rinfianco per contrastare l'innalzamento alle reni provocato dall'inflessione della volta sotto carico; esattamente come sosteneva Fray Lorenzo.

Choisy concludeva con una notazione di cantiere: nelle volte romane a tutto sesto la stesura del getto cementizio procedeva fino alle reni, così da stabilizzare la volta in foglio su cui poggiava, senza gravare la centina con il proprio peso; raggiunte le reni, la volta poteva essere disarmata, perché ormai presentava una luce ridotta ed era sufficientemente rigida. Anche in questo caso è opportuno rilevare che le osservazioni di Choisy sono molto vicine al processo costruttivo adottato nella volta argiva.

INNOVAZIONE NELLA TRADIZIONE

Il progetto di un prototipo

L'esperienza del cantiere edile, la conoscenza della tradizione tramandata oralmente o per scritto, l'osservazione delle opere edificate, hanno costituito per secoli una condizione indispensabile per realizzare opere di grande impegno costruttivo. La possibilità di controllare scientificamente il processo di progettazione delle strutture è una innovazione che ha le sue radici solo nel '600 ed è strettamente connessa allo studio dei materiali impiegati nella costruzione⁵⁸. Oggi si parla in termini di *resistenza* e la progettazione si basa su calcoli matematici che ci assicurano sulla capacità portante della struttura e, quindi, sulla sicurezza della costruzione.

Prima della rivoluzione galileiana la progettazione richiedeva preminentemente un controllo della geometria delle strutture e delle regole della costruzione; l'esperienza e la sensibilità del progettista non si traducevano in formule matematiche, ma in soluzioni e dettagli costruttivi che si adeguavano caso per caso al progetto⁵⁹.

Il progetto e il cantiere

Esperienza, sensibilità costruttiva e competenza professionale sono gli ingredienti fondamentali confluiti nella progettazione della copertura di Argo; grazie ad essi la tecnica costruttiva romana, approdò ad un traguardo originale ed inedito. Non ci sono, infatti, riferimenti diretti ad altri edifici coevi, ma piuttosto richiami a tradizioni e prassi costruttive attestate in contesti diversi dell'Impero. In particolare:

- il sistema costruttivo delle pareti con paramento laterizio e nucleo cementizio richiama l'adozione dell'opera laterizia come tecnica prevalente per la formazione di strutture portanti a Roma a partire dalla fine della Repubblica. In particolare la presenza ad Argo di ricorsi di laterizi ad intervalli regolari recepi-va una soluzione attestata in maniera sistematica a partire dai cantieri della *Domus Flavia* e della *Domus Augustana* al Palatino⁶⁰. Nell'esperienza maturata dai costruttori flavi, i ricorsi miglioravano la compattezza del muro, in quanto evitavano che i paramenti murari, più rigidi del nucleo, si staccassero da esso quando attraversati da sollecitazioni particolarmente elevate, come quelle generate dalle volte.

⁵⁵ CHOISY 1873, fig. 28.

⁵⁶ Choisy con ogni probabilità conosceva il sistema costruttivo delle volte *tabicadas* grazie al *Traité de l'art de bâtir* pubblicato da J. Rondelet nel 1805 e conseguentemente interpretò i manti intradossali romani come una struttura simile alle volte catalane, vale a dire autoportante ed autonoma rispetto al conglomerato cementizio della volta.

⁵⁷ CHOISY 1873, 61-62 figg. 28-29.

⁵⁸ DI PASQUALE 1996, *passim*.

⁵⁹ Come ha notato Huerta, Guastavino "possessed the intuition born of the knowledge that the crucial problem in the design of masonry structures is not the resistance of the material but the geometry of the structure. This is the ancient tradition in the calculation of structures. Besides, when he calculated he used the usual, and correct, equilibrium approach employing simple formulae or graphic analysis" (HUERTA 2003, 112).

⁶⁰ LUGLI 1957, I, 597-8.

- le lastre di copertura in *opus caementicium*, spesse circa un piede e poggianti su setti distanziati m 2,10 circa, derivano dall'esperienza acquisita dai costruttori romani a Roma e nei Campi Flegrei e documentata da volte realizzate con getti cementizi molto resistenti.

- l'uso della volta a mattoni affiancati attesta una tecnica ampiamente diffusa in Oriente che fu importata nella Provincia Acaia dai costruttori romani⁶¹ per sfruttarne i principali vantaggi: leggerezza, rapidità di esecuzione e ottima resistenza.

La confluenza di diverse tradizioni non è una prerogativa dell'edificio argivo. L'osmosi continua di sistemi costruttivi e forme architettoniche è un fenomeno diffuso nell'area mediterranea. Allo stato attuale delle conoscenze risulta però difficile argomentare su quali siano stati i presupposti che resero possibile la creazione dell'opera qui analizzata. Certamente la volta della grande aula è esito di sperimentate tecniche edili, ma nel contempo dimostra una forte carica innovativa. L'innovazione risiedeva principalmente nell'intuizione di sfruttare un sistema costruttivo orientale, pratico e veloce, per creare un edificio intimamente romano.

I criteri che furono alla base del progetto possono essere così restituiti.

1. Realizzare un edificio di grande dimensione in tempi ridotti.

La rapidità nell'esecuzione delle opere era una componente sostanziale nell'edilizia romana. L'organizzazione del cantiere e la scelta dei materiali costituiva in questo senso un fattore di primaria importanza per realizzare gli edifici in tempi brevi, come dimostrano i grandi cantieri della Roma imperiale, ma anche opere meno imponenti legate ad evergeti e committenti che ambivano all'immediata realizzazione delle opere da loro promosse⁶².

Occorreva ridurre le operazioni di cantiere che potevano rallentare l'esecuzione, quali i tempi legati alla maturazione della malta e quelli legati alle opere provvisorie destinate ad essere smantellate alla fine del processo costruttivo. La soluzione adottata ad Argo rispondeva perfettamente a questi requisiti: la volta a mattoni affiancati, che necessitava solo di una centina leggera e non una pesante e robusta armatura, consentiva di risparmiare sui materiali e sui tempi. L'assenza di un getto cementizio sull'estradosso, comportava tempi minori per la realizzazione, ma anche minore peso e quindi una minore spinta sulle pareti portanti. A sua volta la spinta minore consentiva una riduzione dello spessore delle murature, che furono così portate al limite della loro resistenza (Fig. 32)⁶³. Esemplificativa di questa ricercata logica costruttiva è la soluzione delle lastre di copertura, realizzate con un tavolato ligneo a perdere, soluzione che consentiva l'eliminazione del getto massiccio e l'adozione di sostegni provvisori inglobati nella costruzione, senza attendere la maturazione del getto⁶⁴.

⁶¹ Lancaster ha proposto di recente una possibile derivazione della tecnica a mattoni affiancati dall'architettura parica di I sec. d.C., "where builders of the royal palaces were experimenting with new uses of this old technique, undoubtedly inspired by examples from the Roman west. The palace at Assur (1st cent. A.D.) was built using fired brick with gypsum mortar, and the vaults were combined in a complex manner such that a series of arched openings supported a second series of barrel vaults above (3.5-5.0 m span)" LANCASTER 2009.

⁶² A proposito di tempi circoscritti: "OPUS•APSOULTUM•EX•TESTAMENTO•DIEBUS•CCCCXX/ARBITRATU/PONTI•P•CLA•MELAE•HEREDIS•ET•POTHI•L" (CIL VI, 1374b): la piramide di Caio Cestio fu realizzata per volontà testamentarie in 330 giorni.

⁶³ L'analisi della curva delle pressioni dimostra che uno spessore di almeno cm 30 in più, per le pareti longitudinali, sarebbe stato opportuno. L'analisi consente di visualizzare le condizioni di stabilità sulla base di determinati parametri e vincoli. Fino a quando la linea rimane all'interno della massa non ci sono zone sottoposte a trazione. I due disegni della curva delle pressioni qui presentati (fig. 32) sono una selezione fra i diversi schemi elaborati con l'ing. Cesare Scarfò per comprendere il possibile comportamento strutturale della volta. Nel primo si analizza la stabilità della

volta senza i frenelli e le lastre sommitali: la linea delle pressioni cade nella sezione del muro. Nel secondo la stabilità corrisponde all'edificio completato: la curva delle pressioni esce dalla sezione del muro, in prossimità della sua base. La stabilità fu pertanto garantita da una non trascurabile resistenza a trazione. Un fattore determinante per aumentare la resistenza della volta laterizia, l'elemento strutturalmente più debole della costruzione, perché poco resistente a trazione, deve essere stato lo strato di cocciopesto o malta steso sull'estradosso a partire dalle reni. Questo strato garantiva un comportamento più omogeneo alla volta sia inibendo eventuali deformazioni sia distribuendo le sollecitazioni provenienti dai frenelli. Nei calcoli della curva questo strato non è stato preso in considerazione. L'ing. Fabio Sabbadini ha proposto di leggere il sistema di lastre e frenelli come delle travi "a T" e di suddividere la struttura in tre settori resistenti: la sommità fino all'attacco dei frenelli alla volta, la porzione compresa tra l'imposta e 66°, il muro portante. Anche con questo schema, tuttavia, la curva esce dalla sezione del muro, alla sua base. Per l'analisi della curva delle pressioni v. LANCASTER 2006, 149-165.

⁶⁴ V. n. 19. È noto che mentre la presa avviene nei primi giorni dall'esecuzione dell'impasto, l'indurimento richiede tempi ben più lunghi.

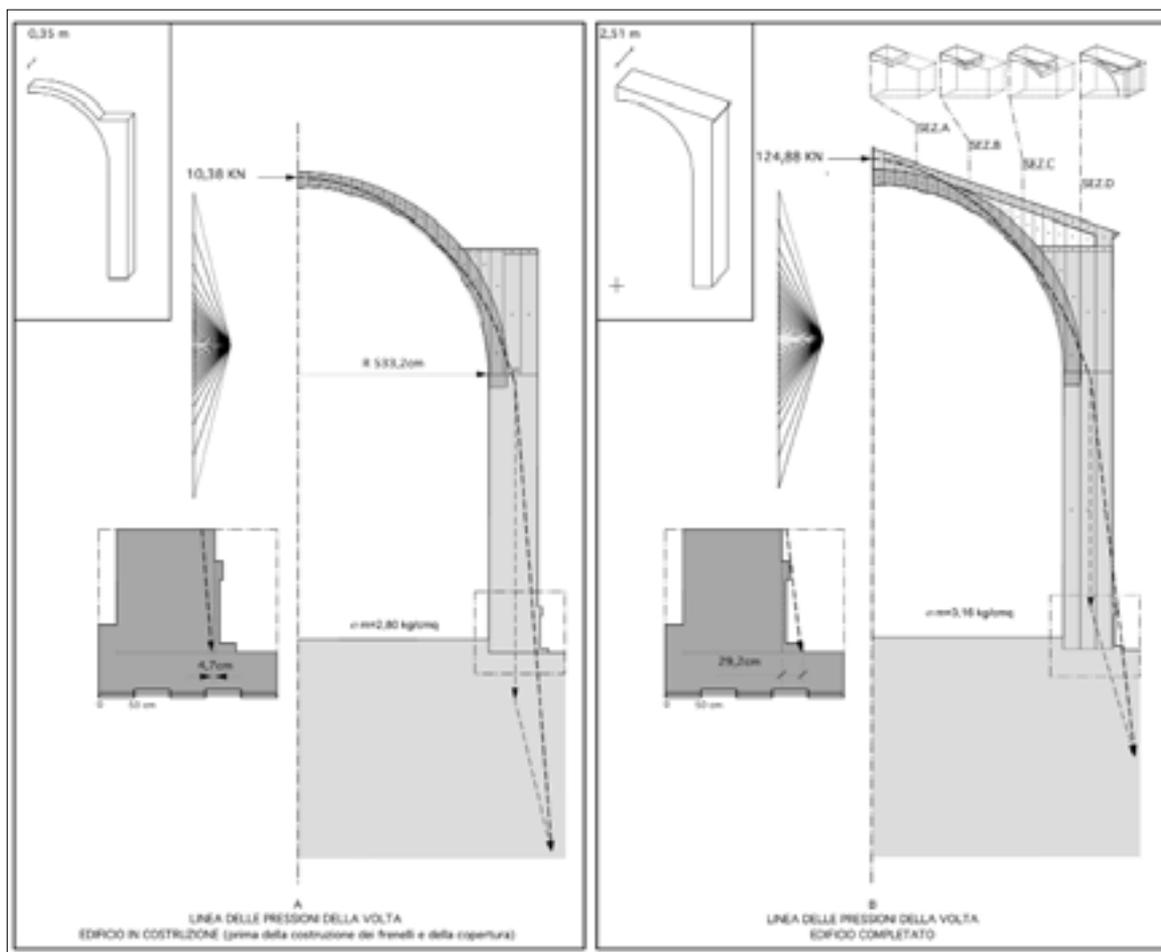


Fig. 32 - Analisi della curva delle pressioni della volta di Argo: A) Edificio in costruzione; B) Edificio completato. In alto sono indicate le sezioni della volta in cui appare evidente la sezione a "T" che irrigidisce la volta laterizia sottostante. (disegno dell'autore).

2. Controllare la qualità delle murature per conseguire un'elevata resistenza.

Tale condizione si ravvisa nella confezione dell'ottima malta, nell'impiego dei ricorsi nella muratura, nell'inserimento di archi di scarico in corrispondenza di punti deboli della struttura, nella verifica delle ammorsature delle diverse parti e nella regolarità degli apparecchi murari.

3. Garantire la stabilità della volta sia durante la costruzione che ad opera completata.

Per limitare le deformazioni che potevano incorrere durante il disarmo della volta laterizia -abbassamento in chiave ed un innalzamento alle reni (fig. 31C)- prima che la volta entrasse in esercizio venne realizzato un rinfianco fino all'altezza delle reni. Per stabilizzare ulteriormente la volta, l'architetto di Argo aggiunse il tetto a falda composto da setti murari (frenelli) e lastre cementizie. Queste strutture possono essere assimilate ad una serie di travi inclinate "a T" (Fig. 32B)⁶⁵ che irrigidivano la volta sottile. Inoltre lo strato di malta, che con ogni probabilità era stato steso sull'estradosso della volta e i setti, collaborava ulteriormente alla stabilità della volta laterizia, rendendola meno deformabile.

Progetto e committenza

Due elementi sorprendono in questo edificio: la sua monumentalità che riflette una committenza di rango e la repentina trasformazione in terme del santuario.

La committenza di alto rango è indiziata da numerosi fattori: la dimensione del complesso; la collocazione in un'area nevralgica della città, che certamente comportò una consistente alterazione dell'assetto urbano precedente; la relazione diretta con l'agorà, come per molti degli edifici più importanti delle

⁶⁵ V. n. 63.

⁶⁶ AUPERT 2001, 453.

città dell'impero; l'impatto architettonico dell'edificio ed in particolare dell'aula, che sorgeva isolata dai volumi circostanti ed era collocata nel punto più alto del clivo che degradava dal teatro all'agorà⁶⁶.

A sottolineare gli intenti della committenza erano le caratteristiche architettoniche e costruttive: il colonnato del quadriportico che, anziché essere trabeato, come nella tradizione dell'architettura ellenistica, portava un sistema di arcate, che esaltava l'uso dell'arco come elemento formale per eccellenza romano⁶⁷; la copertura a cassettoni dell'aula che recepiva un'innovazione dello spazio architettonico diffusa principalmente nei programmi edilizi di Roma; l'impiego di tecniche costruttive che consentivano una riduzione drastica dei tempi necessari per la realizzazione. Anche l'architetto chiamato a redigere l'opera doveva essere una figura d'eccezione, se è vero che dominava in maniera così singolare sia gli aspetti costruttivi che architettonici.

Alla luce di queste osservazioni appare ancora più singolare la drastica trasformazione avvenuta a breve distanza, tra fine I e metà II sec. d.C.⁶⁸ Venne anzitutto modificata la funzione dell'edificio. L'introduzione delle aule voltate delle terme cancellò la forte assialità del complesso. All'interno dell'aula la spazialità fu integralmente rinnovata attraverso l'apertura del nuovo colonnato verso il vestibolo e per mezzo della nuova decorazione architettonica. Stupisce come in un arco temporale così ristretto il programma edilizio originario possa essere stato sovvertito in maniera così radicale. Anche il secondo programma edilizio fu, quindi, di imponente impegno e dovrebbe, non meno del primo, essere ricondotto ad un evergete di alto rango.

La rovina

Il terremoto del 552 danneggiò molti edifici ad Argo e diede inizio al declino della città⁶⁹. Forse fu proprio l'evento sismico a causare i primi crolli, sancendo la fine del processo che nel tempo aveva visto l'aula adattarsi a nuove funzioni, fino a divenire luogo di culto cristiano. La rovina fu con ogni probabilità innescata dal cedimento della volta laterizia, probabilmente troppo rigida o troppo sottile. Si può immaginare che a cedere per primo fu il cervello della volta, a partire dall'attacco con i setti che sostenevano le lastre di cementizio. Il cementizio direttamente gravante sulla volta a mattoni affiancati fu trascinato nel crollo esponendo le strutture agli agenti atmosferici e di lì a poco alla graduale rovina. Lo spoglio di materiale da costruzione, certamente attestato nella volta della cripta, collaborò, come in molti edifici dell'antichità, al processo di degrado. Nelle vedute, tra Settecento e Ottocento, l'immagine della rovina impressionava i viaggiatori, come testimoniano la minuziosa litografia di Théodore Du Moncel (1845)⁷⁰ (Fig. 15) o il più antico disegno di Michel Fourmont (metà '700)⁷¹. Allora l'edificio appariva ancora più imponente, perché era isolato nel paesaggio agreste e non era stretto, come oggi, nella morsa dell'edilizia.

EPILOGO: UN PROTOTIPO CHE NON ENTRÒ NELLA STORIA DELL'EDILIZIA.

“La storia dell'edilizia è determinata dalle applicazioni della soluzione tecnica e non dalla sua invenzione”⁷².

Le costruzioni di età romana si distinguono da quelle di epoca precedente per l'impiego di materiali di piccola dimensione per realizzare grandi strutture. In queste opere la capacità coesiva della malta era fondamentale e garantiva alle murature una, se pur minima, resistenza a trazione. I criteri per la progettazione nascevano da un'ampia esperienza, certamente non sempre costellata da successi, da cui trarre i criteri per dimensionare e realizzare gli edifici. Un progetto impegnativo ed innovativo come quello di Argo non poteva essere stato concepito senza una sufficiente sperimentazione da parte degli architetti e delle maestranze. Sfortunatamente nessun edificio, fra quelli oggi noti, presenta analogie costruttive che ci consentano di determinare l'iter che condusse alla sua realizzazione; tantomeno ci sono giunti possibili esperimenti successivi, se mai ci furono. L'assenza di riferimenti alla soluzione costruttiva adottata ad Argo in altri edifici di età romana potrebbe essere spiegata dal fatto che l'innovativa e singolare soluzione dell'intercapedine non era visibile e che tale rimase fino ai primi crolli, quando ormai nessuno era in

⁶⁷ AUPERT 2001, 449.

⁶⁸ AUPERT 1994, 193, 196.

⁶⁹ BANAKA DIMAKI – PANAYOTPOULOU 1998, 328.

⁷⁰ SEVE 1993, fig.17.

⁷¹ SEVE 1993, fig.2.

⁷² GIULIANI 1991, 71.

grado di comprenderne la peculiarità costruttiva. Fino ad allora l'aula di Argo doveva risultare simile a tutte le altre costruzioni voltate diffuse nel mondo romano e pertanto nessuno poteva immaginare la presenza dell'intercapedine. Il prototipo rimase senza possibilità di divenire modello, senza che la soluzione "ad intercapedine" della volta potesse entrare nella storia dell'edilizia romana.

Paolo Vitti

BIBLIOGRAFIA

- AUPERT P. 1985a, 'Un sérapieion argien?', CRAI, 151-175.
- AUPERT P. 1985b, 'Remarques sur le dessin d'architecture et le tracé d'implantation dans la Grèce d'époque impériale', in *Le dessin d'architecture dans les sociétés antiques*, Actes du Colloque de Strasbourg (Strasbourg 26-28 janvier 1984), Leiden, 255-268.
- AUPERT P. 1987, 'Pausanias et l'Asclépieion d'Argos', BCH 111, 511-517.
- AUPERT P. 1994, 'L'eau curative à Argos', in *L'eau, la santé et la maladie dans le monde grec*, Actes du colloque (CNRS et Fondation Singer-Polignac), (Paris 25-27 novembre 1992), BCH Suppl. 28, 193-200.
- AUPERT P. 2001, 'Architecture et urbanisme à Argos au I^{er} siècle ap. J.-C.' in J.-Y. Marc and J.-C. Moretti (a cura di), *Constructions publiques et programmes éditaires en Grèce entre II^{er} siècle av. J.-C. et I^{er} siècle ap. J.-C.*, Actes du colloque organisé par l'École Française d'Athènes et le CNRS. (Athènes 14-17 mai 1995), Athènes, 439-54.
- AUPERT P. – GINOUVES R. 1989, 'Une toiture révolutionnaire à Argos', in S. Walker – A. Cameron (a cura di), *The Greek Renaissance in the Roman Empire*, Papers from the Tenth British Museum Classical Colloquium, (London 1986), London, 151-155.
- BANAKA DIMAKI A. – PANAYOTOPOULOU A. 1998, 'To Αργος κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο' in A. Pariente – G. Touchais (a cura di), *Argos et l'Argolide. Topographie et urbanisme* (Actes de la Table Ronde internationales (Athènes -Argos 1990), Athènes, 327-336.
- BENSENVAL R. 1984, *Technologie de la voûte dans l'Orient ancien*, Paris.
- CANTE M. 2004, 'La cosiddetta "crypta" del teatro di Balbo. Tipologia e struttura architettonica', *Palladio* 33, 5-27.
- CHOISY A. 1873, *L'art de bâtir chez les Romains*, Paris.
- CHOISY A. 1883, *L'art de bâtir chez les Byzantines*, Paris.
- CHOISY A. 1904, *L'art de bâtir chez les Égyptiens*, Paris.
- COZZA L. 1982, *Tempio di Adriano*, Roma.
- DE CESARIS F. 1996, 'Le volte', in G. Carbonara (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, II, Torino, 83-120.
- DIEULAFOY M. 1885, *L'art antique de la Perse: Achéménides, Parthes, Sassanides*, V, Paris.
- DI PASQUALE S. 1996, *L'arte del costruire tra conoscenza e scienza*, Venezia.
- DODGE H. 1984, *Building Materials and Techniques in the Eastern Mediterranean from the Hellenistic Period to the Fourth Century AD*, Ph.D. Dissertation, University of Newcastle upon Tyne.
- DONADONI S. 1999, *Tebe*, Milano.
- FATHY H. 1976 (1973), *Architecture for the poor*, Chicago.
- FIORANI D. 1996, *Tecniche costruttive murarie medievali. Il Lazio meridionale*, Roma.
- GIULIANI C.F. 1991, *L'edilizia nell'antichità*, Roma.
- GINOUVÈS R. 1992, *Dictionnaire méthodique de l'Architecture grecque et romaine*, II, Roma.
- GULLI R. 2001, 'Arte y técnica de la construcción tabicada', in *Las bóvedas de Guastavino en América*, mostra 'Guastavino Co. 1885-1962, La Reinvenición de la Bóveda, (Madrid 2001), Madrid, 59-72.
- GULLI R. 2006, *La costruzione coesiva. L'opera dei Guastavino nell'America di fine Ottocento*, Venezia.
- GULLI R. – MOCHI G. 1995, *Bóvedas tabicadas. Architettura e Costruzione*, Roma.
- GULLINI G. 1964, *Architettura iranica dagli Achemenidi ai Sassanidi*, Torino.
- HUERTA S. 2003, 'Mechanics of Timbrel Vaults: a Historical Outline', in A. Becchi – M. Corradi – F. Foce – O. Pedemonte (a cura di), *Essays on the History of Mechanics. In memory of Clifford Ambrose Truesdell and Edoardo Benvenuto*, Basel-Boston, 89-134.
- INNOCENTI P. – LEOTTA M.C. 2004, 'Horti Sallustiani: le evidenze archeologiche e la topografia', *BullComm* 105, 149-196.
- LANCASTER L.C. 2005, *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome: Innovations in Context*, New York.
- LANCASTER L.C. 2006, 'Large freestanding Barrel Vaults in the Roman Empire: a Comparison of Structural Techniques', in *Proceedings Second International Congress on Construction History* (Cambridge 29th March- 2nd April 2006), Newcastle upon Tyne, 1829-1844.
- LANCASTER L.C. 2009, 'Early Examples of So-Called Pitched Brick Barrel Vaulting in Roman Greece and Asia Minor: A Question of Origin and Intention', in M. Bachmann (a cura di), *Bautechnik im antiken und vorantiken Kleinasien*, *Byzas* 9.

- LIVADIOTTI M. 2000, 'Le volte costruite con i mattoni perpendicolari alla generatrice: il caso del calidario 13 delle Terme del Pretorio di Gortina', in A. Di Vita (a cura di), *Gortina V.1, Lo scavo del Pretorio (1989-1995)*, Padova, 801-823.
- LUGLI G. 1957, *La tecnica edilizia romana*, I, Roma.
- MOYA BLANCO L. 2000, *Bóvedas tabicadas*, Madrid.
- OATES D. 1973, 'Early vaulting in Mesopotamia', in D. E. Strong (a cura di), *Archaeological theory and Practice, Essays presented to Professor William Francis Grimes*, London, 183-191.
- RADELET-DE GRAVE P. 2003, 'The Use of a Particular Form of the Parallelogram Law of Forces for the Building of Vaults (1650-1750)', in A. Becchi – M. Corradi – F. Foce – O. Pedemonte (a cura di), *Essays on the History of Mechanics. In memory of Clifford Ambrose Truesdell and Edoardo Benvenuto*, Basel, 135-164.
- RIETHMÜLLER J. W. 2005, *Asklepios: Heiligtümer und Kulte*, Heidelberg.
- SAMUELLI FERRETTI A. 1997, 'Proposte per lo studio teorico-sperimentale della statica dei monumenti in *opus caementicium*', in *Materiali e Strutture*, 2-3, 63-84.
- SAUVAGE M. 1998, *La brique et sa mise en œuvre en Mésopotamie. Des origines à l'époque achéménide*, Paris.
- SÈVE M. 1993, *Les voyageurs français à Argos*, Athènes.
- SPANU M. 2007, 'L'impiego di anfore nelle volte romane e tardo antiche: distribuzione e modalità', *Daidalos* 8, 185-223.
- TEDONE G. 1990, 'Quirinale. Horti Sallustiani. Struttura della cupola del c.d. Ninfeo', *BdArch* 5-6, 169-171.
- TRUÑO A. 2004, *Construcción de bóvedas tabicadas*, Madrid.
- WARD-PERKINS J.B. 1994, *Studies in Roman and Early Christian Architecture*, London.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΑΡΓΟΣ, Η ΣΤΕΓΑΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΙΑΚΕΝΑ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΘΟΛΟΥ

Καμιά κατασκευή της ρωμαϊκής εποχής δεν μπορεί να συγκριθεί με τη μεγάλη αίθουσα του μνημειακού συγκροτήματος που είναι γνωστό ως «θέρμες Α», ανάμεσα στο θέατρο και την αγορά του Άργους. Η ανάλυση του κατασκευαστικού συστήματος του θόλου παρουσιάζει καλή γνώση, από την πλευρά του κατασκευαστή και των τεχνητών, των ρωμαϊκών κατασκευαστικών συστημάτων και, συγχρόνως, τεχνικών προερχόμενων από την ανατολή, που δεν απαντούν στη Ρώμη. Συγκεκριμένα, ρωμαϊκής μήτρας είναι η χρήση των τοιχοδομιών με παρειές από οπτοπλίνθους διακοπτόμενους από κανονικές σειρές πλίνθων και η υιοθέτηση του σκυροδέματος, που φτάνει σε εξάισια αποτελέσματα στην πραγματοποίηση πραγματικών κεκλιμένων οροφών, για την κατασκευή των κλιτών της στέγης. Ανατολικής καταγωγής είναι το κατασκευαστικό σύστημα του θόλου από οπτοπλίνθους, που πραγματοποιήθηκε με στοιχεία σε σχήμα τραπέζιου και σύστημα πλευρικών τόξων. Είναι, πάντως, η υιοθέτηση ενός πραγματικού διάκενου ανάμεσα στο θόλο από οπτοπλίνθους και τις πλάκες της στέγης που αποτελεί τη μοναδικότητα στην κατασκευαστική σύλληψη του κτηρίου, όπου η σταθερότητα επιτυγχάνεται διαμέσου σοφών διαστάσεων και διάταξης των διαφόρων τμημάτων.

SUMMARY

THE CHAMBERED ROOF OF THE LARGE HALL AT ARGOS: OBSERVATIONS ON THE BUILDING SYSTEM OF THE VAULT

No building of the Roman age can be compared to the large hall in the monumental complex known as "A Thermae", which lies between the theater and the agora of Argos. An analysis of the building system of the vault shows the architect and the workers' mastery of Roman building systems, as well as techniques of Oriental origin never attested in Rome. More specifically, the use of walls of regular courses of brick is Roman, as is that of *opus caementicium*, employed here to create slanted ceilings supporting the pitched roof. The building system of the vault, instead, employing side-by-side arches of trapeze-shaped bricks, is of Oriental origin. The presence of a cavity between the brick vault and the covering slabs, however, is the real architectural singularity of the building, where stability is achieved through masterful sizing and arranging of the various parts.

