

## LA BASILICA DI VITRUVIO DI FANO. UN APPROCCIO DI ARCHEOLOGIA SPERIMENTALE PER LA VALIDAZIONE DI UN MODELLO 3D

*Paolo Clini\*\*\*, Stefano Lenci \*, Daniela Amadei\*\*\*, Laura Bertuccioli\*\*, Elena Camerini, Cecilia Del Gaiso*

\*Dicea Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Architettura, UNIVPM – Ancona, Italia.

\*\*Centro Studi Vitruviani– Fano, Italia.

### Abstract

La vicenda della Basilica di Vitruvio di Fano ha da sempre destato un grande interesse tra studiosi e archeologi e da diversi anni è oggetto di studio di un gruppo di ricerca del DICEA della Facoltà d'Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche di Ancona, in collaborazione con il Centro Studi Vitruviani. Seppur già lungamente nei secoli si è discusso sull'interpretazione del testo, limitandosi però a descrizioni formali della fabbrica, il nostro interesse si è invece concentrato, grazie anche allo sviluppo tecnologico di questi ultimi decenni, sugli aspetti statici e strutturali dell'unico edificio di cui Vitruvio curò la progettazione e la realizzazione. E' stato quindi possibile realizzare un modello virtuale su cui effettuare una serie di simulazioni strutturali e illuminotecniche, secondo i canoni dell'archeologia sperimentale. Con un approccio volto sempre più all'interdisciplinarietà, ripercorrendo criticamente la storiografia della basilica, il lavoro apre nuove riflessioni su un'ipotesi in cui la forma, la struttura e le tecniche costruttive possono finalmente concordare permettendoci così, interagendo reciprocamente, di aprire nuovi ambiti di ipotesi rispetto al mancato ritrovamento di resti e ai possibili motivi della eventuale scomparsa della fabbrica.

### Keywords

Vitruvio, Basilica di Fano, Modello 3D, Disegno di Architettura, Archeologia, Verifica strutturale, Illuminazione

#### 1. La basilica di Vitruvio

Nel primo capitolo del V° libro del "De Architectura Libri Decem" Vitruvio descrive le aree pubbliche e le strutture fondanti e necessarie del vivere comune di una città. Dopo una veloce descrizione del foro e dei portici, luoghi centrali della vita pubblica, il trattatista illustra l'architettura della basilica intesa come foro coperto e ne descrive due tipologie distinte: la basilica normale e la basilica della Colonia Julia Fanestris.

La nostra attenzione si è concentrata su quest'ultima tipologia che l'autore introduce così:

*"Non minus summam dignitatem et venustatem possunt habere comparationes basilicarum quo genere coloniae Juliae Fanestri conlocavi curavique faciendam..." (De Architectura Libro V, 1,6)*

Numerosi studiosi e artisti, soprattutto nell'epoca rinascimentale, hanno cercato di dar forma a questa basilica di cui purtroppo non è

mai stata trovata traccia, ma che, per i caratteri originali e le sue dimensioni, ha da sempre destato un grande interesse. Siccome le indicazioni forniteci dall'architetto sono parziali e non ci permettono di avere un'idea esatta della forma dell'edificio ad oggi si contano almeno quaranta ricostruzioni del tutto originali, con riferimento agli apparati illustrativi del De Architectura.

#### 1.1 La descrizione di Vitruvio

Non ci soffermeremo in questa sede sulle motivazioni che portarono Vitruvio a descrivere così dettagliatamente l'edificio<sup>1</sup>, ma la descrizione

<sup>1</sup> L'edizione a cui si fa riferimento è Gros P. (1997)

*"Dignità e bellezza non meno ottimali possono avere allestimenti di basiliche del tipo che stabili e curai che fosse realizzato nella colonia Giulia di Fano, di cui le proporzioni e i rapporti modulari sono stati costituiti in tal modo. La carpenteria di copertura mediana tra le colonne è lunga 120 piedi, larga 60 piedi. Il suo portico attorno alla copertura tra i muri e le colonne è largo 20 piedi. Le colonne dalle altezze ininterrotte con i capitelli sono alte 50 piedi, ciascuna col*

stessa è fondamentale per la lettura delle restituzioni grafiche che i vari trattatisti, nel tentativo di rendere “visibile” la basilica, hanno prodotto nei secoli successivi, e per arrivare alla costruzione di quel modello strutturale che costituisce l’elemento di novità in questo approccio alla comprensione dell’unico edificio vitruviano.

## 1.2 Interpretazioni grafiche del testo

Se grande fortuna critica incontrò il trattato vitruviano tra Quattrocento e Ottocento, lo stesso non può dirsi che avvenne nel suo primo millennio di vita, che fu invece caratterizzato da una generale indifferenza verso il testo;

*diametro di cinque piedi, poiché hanno dietro di loro pilastri alti 20 piedi, larghi 2 piedi e  $\frac{1}{2}$ , profondi 1 piede e  $\frac{1}{2}$ , che sostengono travi su cui insistono i tavolati dei portici. E sopra tali membrature vi sono altri pilastri di 18 piedi, larghi due piedi, profondi un piede, che a loro volta reggono travi sostenenti la travatura obliqua e i tetti dei portici, che sono stati posti a una quota inferiore rispetto alla carpenteria di copertura. Gli altri spazi tra le travi dei pilastri e delle colonne sono lasciati alle luci che si diffondono tramite gli intercolumni. Le colonne poste nel senso della larghezza della carpenteria con le angolari a destra e a sinistra sono quattro per parte, nel senso della lunghezza dalla parte che è più vicina al foro sempre con le angolari son otto, dall'altra parte con le angolari sei, per il fatto che le due mediane in tal parte non sono state poste per non impedire la vista del pronao del Tempio di Augusto, che è stato situato sul centro del lato del muro della basilica, rivolto verso il centro del Foro e il Tempio di Giove. Il tribunale poi che si trova in tale tempio, è stato configurato ad arco di uno schema semicircolare ridotto. E sulla fronte di tale emiciclo vi è uno spazio di 46 piedi, l'arco in profondità è di 15 piedi, affinché coloro che si trovano presso i magistrati non siano di impedimento ai negozianti nella basilica. Sopra le colonne sono state collocate all'intorno travi composte di tre travicelli lignei di due piedi congiunti, ed esse dalle terze colonne che si trovano nella parte più all'interno, sono rivolte verso le ante che si protendono dal pronao e a destra e a sinistra toccano l'emiciclo. Sopra le travi in corrispondenza dei capitelli sono state collocate dei pilastri disposti su supporti, alti tre piedi, larghi quattro per ogni lato. Sopra di essi all'intorno sono state collocate travi inclinate composte di due travicelli lignei di due piedi. E sopra queste, travi traverse con puntoni collocate in corrispondenza dei fusti delle colonne, delle ante e dei muri del pronao sostengono la sola linea di colmo dell'intera basilica, e la seconda che dal centro arriva sopra il pronao del tempio. Così la disposizione a due doppi spioventi delle sommità mostra un'apparenza elegante all'esterno del tetto e all'interno della parte superiore della carpenteria di copertura. Inoltre l'eliminazione degli ornamenti degli architrave e della distribuzione dei plutei e delle colonne superiori toglie un incomodo e diminuisce la somma della spesa per gran parte. Le stesse colonne poi portate in altezza ininterrotta fin sotto le travi della copertura sembrano aumentare all'impianto sia la magnificenza del materiale sia l'autorevolezza.” (De Architectura V,1,6)*

ciononostante e qualsiasi fossero le ragioni di tale indifferenza, i secoli oscuri non distrussero la conoscenza del testo, di cui esistono citazioni, riferimenti e perfino un compendio di un certo Faventino<sup>2</sup>, vissuto probabilmente nel IV secolo.

Il De Architectura venne trascritto nel corso dei secoli negli scriptoria monastici, ma non ci sono pervenuti gli apparati grafici che corredevano il testo originale.<sup>3</sup>

I problemi interpretativi generati dalla scomparsa dei disegni originali hanno concentrato l’attenzione di molti studiosi e artisti in merito alle interpretazioni grafiche. La prima immagine pubblicata della Basilica di Fano la si deve a Fra’ Giocondo (Verona 1433 – Roma 1515), quarta edizione del De Architectura in ordine temporale (dopo la sulpiciano del 1486, la fiorentina del 1496 e la veneziana del 1497), ma la prima ad essere corredata da un importante apparato illustrativo. (Fig. 1)

La Basilica viene rappresentata come un rettangolo di rapporto 2:1 tra lunghezza e larghezza, con il tribunale sul lato corto, contrariamente alle indicazioni che Vitruvio dà per la basilica di Fano ma in accordo con la disposizione più tradizionale codificata nello stesso trattato. Anche il numero delle colonne è incongruo: entrambi i lati lunghi ne presentano otto.

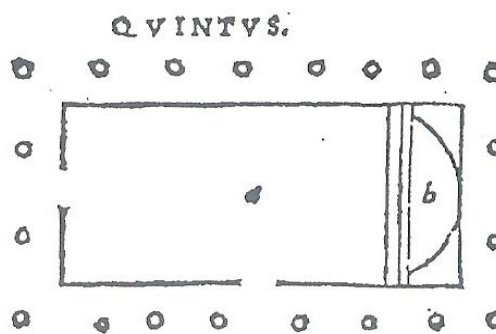


Fig. 1: Ricostruzione della basilica secondo Fra’ Giocondo

Molti altri trattatisti posizionarono il tribunale nel lato corto; ad esempio Jean Martin (c1507-

<sup>2</sup> Cfr. nota 7 p.18 “2000 anni di Vitruvio” in Studi e documenti di architettura n.8 settembre 1978 Edizione della Cattedra di composizione architettonica IA di Firenze (a cura di Marcucci L.)

<sup>3</sup> Clini P., *Vitruvio e la basilica di Fano, una storia nelle parole, nei disegni, nelle pietre in Vitruvio e il disegno di architettura*, a cura di Clini P., Marsilio editore / Centro Studi Vitruviani, Venezia, 2012

1553) riprende la pianta di Fra' Giocondo ma elimina le due colonne centrali del lato lungo, Giovan Battista da Sangallo (1496-1548) nel 1536, illustrando una edizione sulpiciana conservata presso la Biblioteca dell'accademia dei Lincei, si basa sulla ricostruzione giocondina portando il Pronao all'interno del perimetro murario e aggiungendo alle colonne le paraste descritte da Vitruvio. La pianta da lui rappresentata, con il pronao sul lato corto, è molto simile alla tipologia tradizionale delle basiliche romane che Sangallo aveva sicuramente visitato durante i suoi studi. E' lo stesso Sangallo a disegnare per la prima volta anche l'alzato dell'edificio ipotizzando una copertura con capriata lignea a tre monaci.

La descrizione di Vitruvio non definisce in modo preciso la conformazione del complesso tempio di Augusto-Tribunale; quando Andrea Palladio (1508-1580) nel 1556 illustra l'edizione

Palladio verrà sostanzialmente condivisa e ripresa da Charles Perrault (1628-1703), che sceglie però di posizionare nelle colonne d'angolo due paraste distinte, in luogo dell'unica utilizzata da Palladio. La distinzione più evidente sta nella scelta della copertura a volta, interpretazione piuttosto diffusa della parola *testudo*, usata da Vitruvio. Perrault ritiene che i problemi strutturali che una tale copertura poteva comportare, sarebbero stati superati dall'utilizzo del legno piuttosto che della pietra. Nella sezione si notano infatti le capriate che sostengono delle falde molto spioventi. Degne di nota in questa ricostruzione sono le ampie vetrate che Perrault inserisce nella volta, di lunghezza pari a quella del lato corto della peristasi, in aggiunta alle aperture prescritte da Vitruvio tra l'imposta della copertura della sala principale e quella dei loggiati. (Fig.2)

Berardo Galiani (1724-1774) inserisce per

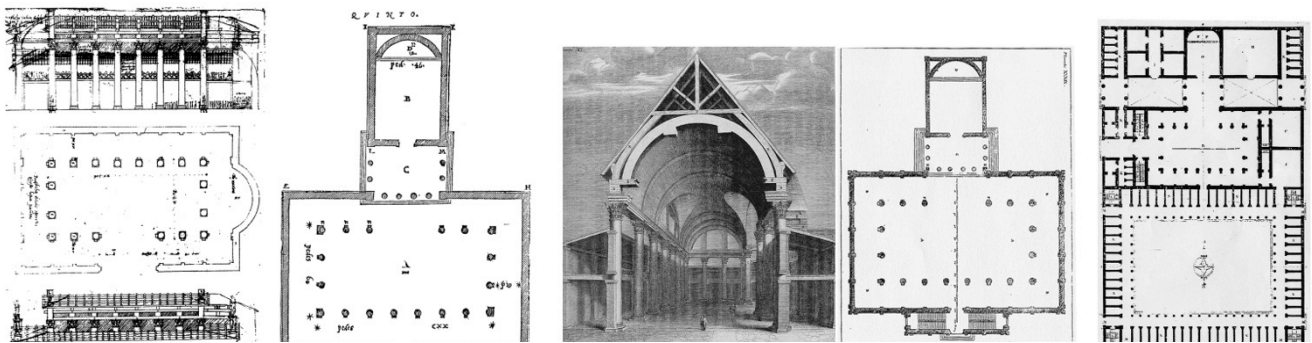


Fig. 2: Varie ricostruzioni della Basilica: a) Sangallo b) Palladio c) Perrault d) Galiani

del Barbaro, posiziona correttamente il Pronao sul lato lungo, insieme al Tempio di Augusto e al Tribunale, ma la sequenza che adotta è incerta. Secondo le prescrizioni di Vitruvio posiziona l'ingresso sul lato lungo e lo fa precedere da due corpi scala da cui si raggiunge il piano superiore.

Nel semiprospetto Palladio rappresenta il lato dell'ingresso principale come una parete in muratura priva di aperture, rivestita in intonaco. Si notano anche gli spazi liberi in corrispondenza dei capitelli, destinati all'illuminazione della basilica.

Secondo la ricostruzione del Palladio, supportata dal commento che Daniele Barbaro fa al testo, la navata centrale è caratterizzata da una copertura a spioventi, sostenuta da un'impalcatura lignea. L'interpretazione di

primo la basilica nel Foro, secondo l'indicazione vitruviana:

*"...Tempio di Augusto, che è stato situato sul centro del lato del muro della basilica, rivolto verso il centro del Foro e il Tempio di Giove".*

Tra gli autori ottocenteschi citiamo Baldassarre Orsini (1732 - 1820), Carlo Amati (1776-1852) e Quirico Viviani (1780-1835) (Fig. 3). La loro interpretazione non si discosta granché da quella del Palladio. Il primo ripropone le paraste addossate alle colonne, ma ipotizza due ulteriori ingressi sui lati corti, oltre a quello descritto da Vitruvio. Anche Carlo Amati, come aveva già fatto Galiani, contestualizza la basilica all'interno del foro. Diverse analogie sono

riscontrabili con quest'ultimo, ma anche alcune significative differenze: Amati ipotizza due ingressi sui lati brevi ed un portico relativo alla basilica affacciato sul foro, laddove Galiani ipotizzava un solo ingresso nel lato corto sinistro e l'affaccio diretto sul foro. Inoltre Amati è il primo a cimentarsi con il disegno di particolari costruttivi relativi alla copertura con capriata lignea, il dettaglio della trabeazione ed il sistema colonna-parasta.

Ultimo tra i sopracitati autori dell'Ottocento è Quirico Viviani: nella sua restituzione grafica, piuttosto affine alle precedenti, si nota l'assenza delle paraste addossate alle colonne: le travi del portico vengono quindi fatte poggiare direttamente su mensole sporgenti dai capitelli delle colonne eliminando in questo modo l'ordine gigante. Questa interpretazione si discosta sensibilmente dal testo, dove il sistema di paraste viene spiegato dettagliatamente. Viviani non prevede ingressi sui lati brevi e colloca una doppia scala sul lato lungo.

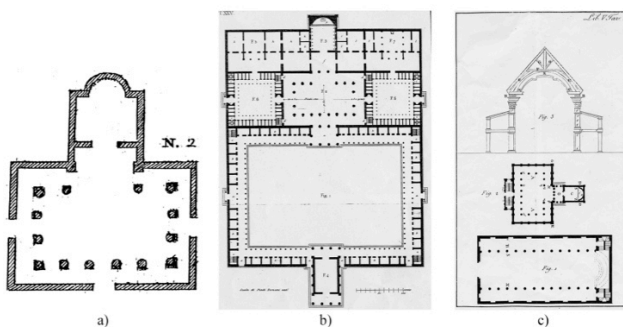


Fig. 3: Alcune ricostruzioni Ottocentesche: a)Orsini b)Amati c)Viviani

È solo all'inizio del '900 che l'ormai canonizzato disegno riguardante la relazione Pronao-Tribunal-Aedes, viene messo in discussione. Nel 1901 Jacob Prestel<sup>4</sup> propone una ipotesi alternativa secondo la quale l'area del Tribunale precederebbe quella del Tempio di Augusto e affaccerebbe quindi direttamente sullo spazio centrale; al Tempio si accederebbe direttamente dal retro dell'edificio. Prestel disegna due rampe di scale all'interno del peristilio, negli angoli del lato opposto all'ingresso; descrive ambienti dotati di coperture a cassettoni diversi, un doppio ordine di finestre e l'impiego dell'ordine dorico per le colonne del

pronaos, in luogo di quelle corinzie destinate allo spazio principale.

Con il '900 il tentativo di interpretare la basilica si sposta verso la logica della costruzione e dello spazio. Gli studiosi Morgan (Fig.4) e Rowland (Fig.5) adottano un approccio costruttivo e propongono viste prospettiche che danno risalto allo spazio. Si comincia ad indagare in maniera più approfondita la struttura della copertura.

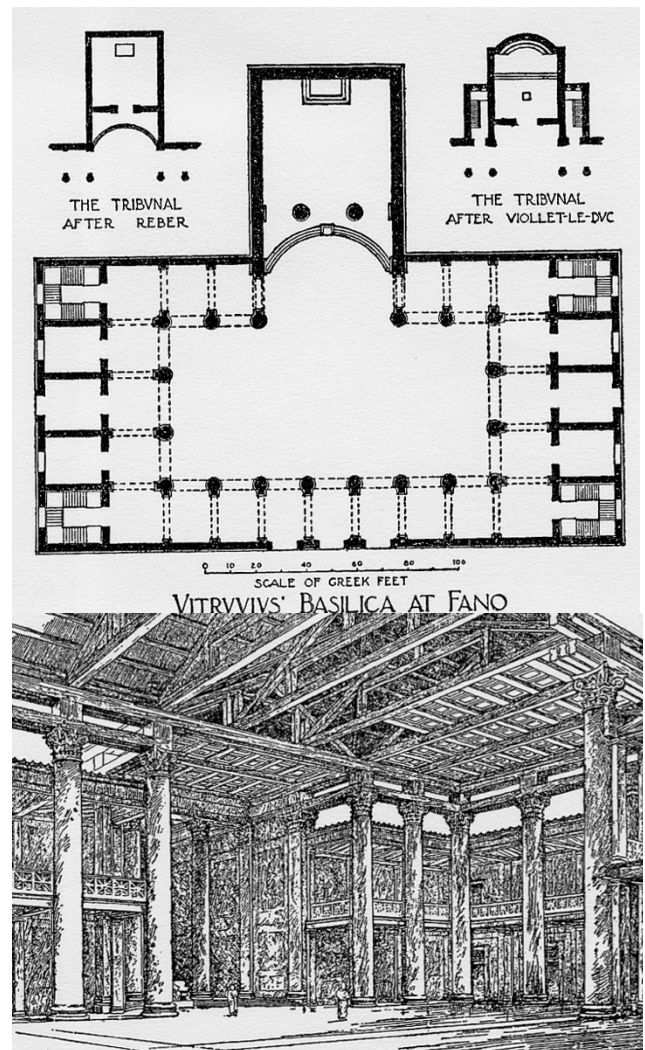


Fig. 4: Ricostruzione della Basilica secondo Morgan (1914)

Pierre Gros nella sua edizione del *De Architectura* (Einaudi, 1997), in perfetta aderenza al testo vitruviano, propone una basilica cui si accede unicamente dal lato lungo, direttamente opposto al Tribunale compreso in un rettangolo il cui lato maggiore misura 46 piedi romani. I muri perimetrali sono ciechi, le colonne hanno le paraste addossate e le coperture sono piane. Gros

<sup>4</sup> Prestel J., *Des Marcus Vitruvius Pollio Basilika zu Fanum Fortunae*, Strassburg, 1901, Heitz & Mundel.

non dà indicazioni sul posizionamento delle scale.(Fig. 6)

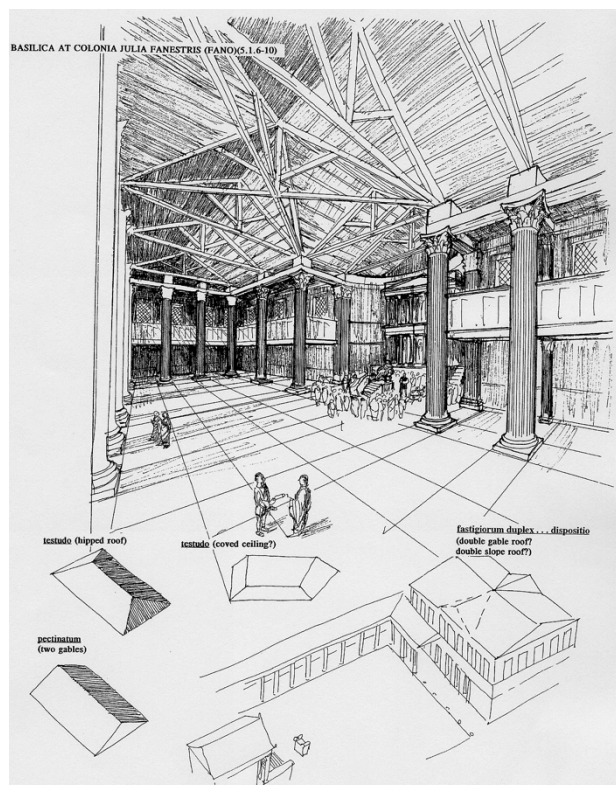


Fig. 5: Ricostruzione della Basilica secondo Rowland (1999)

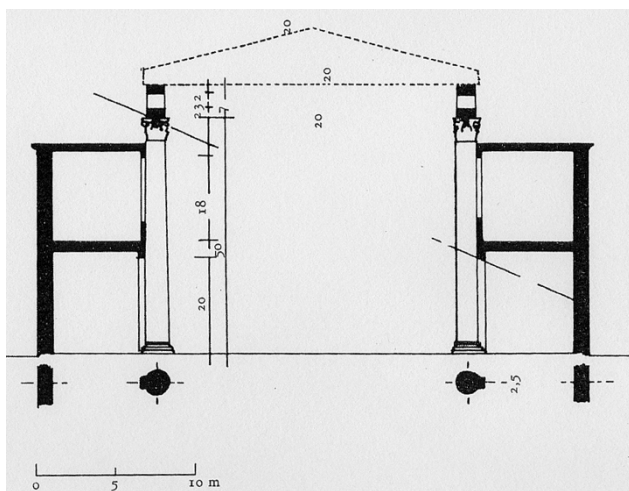


Fig. 6: Ricostruzione della Basilica secondo Gros (1997)

## 2. La basilica nella colonia Juliae Fanestri

La città cui fa riferimento Vitruvio è l'attuale città di Fano. L'architetto nel trattato menziona la città di Fano con il nome Fanestri per ben due volte: nel secondo libro durante la descrizione del

larice come materiale da costruzione<sup>5</sup> e nel quinto libro quando appunto descrive la basilica. È molto probabile che Vitruvio conoscesse la costa marchigiana già quand'era al seguito di Cesare per poi ritornarci, dopo la deduzione della Colonia Iulia Fanestris da parte di Augusto nel 27 a.C., in qualità di architetto con l'obiettivo di ristrutturare l'assetto urbanistico della città e di monumentalizzare gli edifici preposti alle funzioni pubbliche. È lo stesso Vitruvio che afferma di aver stabilito e curato la realizzazione della basilica del tutto originale rispetto a quelle conosciute e di dignità e bellezza non meno ottimali.

Purtroppo le informazioni che si possono ricavare sulla basilica si deducono solo dalle indicazioni del trattato dal momento che gli studi dei resti archeologici della città di Fano non ci forniscono ancora indicazioni precise sulla collocazione della basilica e del foro. A partire dal 1486, data in cui venne pubblicato a Roma l'Editio Princeps del De Architectura a cura di Sulpicio da Veroli, l'interesse per il trattato e la basilica aumentò sempre più e parallelamente numerosi scavi furono avviati a Fano con la speranza di individuare resti riconducibili all'edificio in questione.

Solo nel 1840, sotto l'attuale Chiesa di Sant'Agostino, furono rinvenuti resti di un imponente edificio romano databile approssimativamente alla fine del I° secolo a.C. con una parete in *opus caementicium* larga 5 piedi con paramento in *vittatum*, una struttura radiale ad arcate ad essa collegata e resti di colonne, basi e capitelli. Nelle relazioni di scavo degli archeologi si legge il trasporto e l'entusiasmo nel trovare coincidenze tra la descrizione vitruviana e i ritrovamenti.

Studi e rilievi svolti nel 1997<sup>6</sup>, da un lato hanno confermato e ulteriormente arricchito tali ipotesi, dall'altro le hanno subito smentire in relazione ai rinvenimenti successivi di edifici coevi che si andavano a sovrapporre con i resti di

<sup>5</sup> "Tunc ei demonstraverunt eas arbores, quarum in his locis maximae sunt copiae, et ideo id castellum Larignum item materies larigna est appellata. Haec autem per Padum Ravennam deportatur. In colonia Fanestri Pisauri Anconae reliquisque quae sunt in ea regione municipiis praebetur." (De Architectura librum decem II, 9,16)

<sup>6</sup> Clini P., La basilica di Fano di Vitruvio, dalla critica storiografica a nuovi rilievi e ipotesi di ricostruzione, tesi di dottorato in disegno e rilievo del patrimonio edilizio VIII° ciclo, Università degli studi di Ancona - Parma - Bologna - Roma (Tor Vergata), 1997

Sant'Agostino. Infatti scavi effettuati pochi anni dopo vicino al complesso del teatro hanno rilevato un'altra sequenza di setti disposti secondo un arco di circonferenza simmetrico al primo ritrovamento. Si è quindi concluso che ci si trovava di fronte ad un imponente edificio, forse un tempio, e questo anomalo sistema voltato poteva essere una struttura di rinforzo alla muratura gravata dal peso.

Ulteriori indagini sono finalmente in corso con un progetto denominato "ArcheoFano Vitruvio" attraverso il quale, con strumenti di rilievo tecnologico ad alta precisione quali laser scanner e georadar, si indaga il sottosuolo per chiarire la posizione del Foro e della basilica. In particolare il progetto si concentra su due aree che potevano esser il centro pubblico della città. (Fig. 7-8)

Individuarne correttamente la posizione ci permetterebbe una serie di analisi più precise sull'edificio soprattutto dal punto di vista sismico (note le caratteristiche geologiche del terreno) e illuminotecnico (potendo orientare correttamente l'edificio). Al momento si son fatte delle ipotesi verosimili posizionando la basilica nel caso in cui il Foro fosse tra via Vitruvio e via Nolfi. (Ipotesi A)

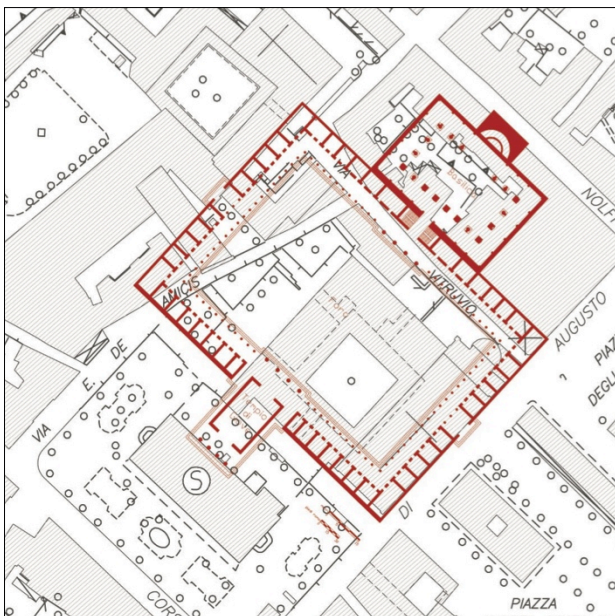


Fig. 7: Ipotesi A con la Basilica tra via Vitruvio e via Nolfi

Per convalidare il lavoro è stato necessario analizzare le metodologie costruttive romane in rapporto al testo stesso.

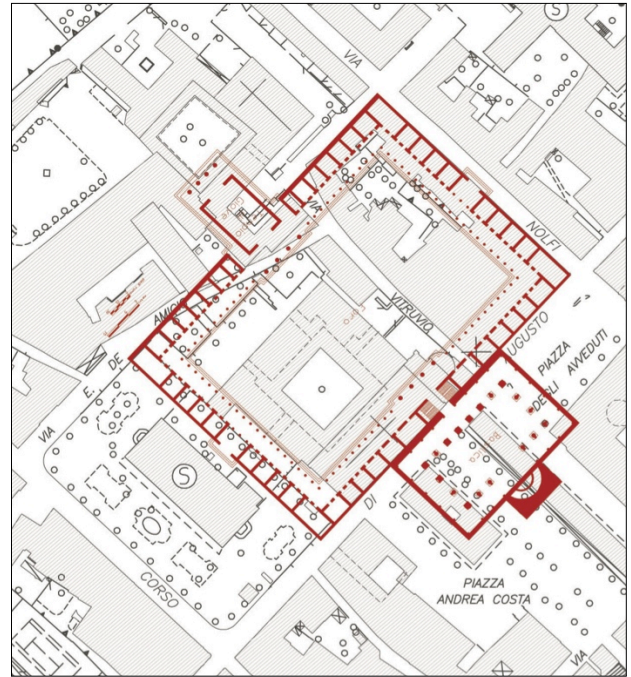


Fig. 8: Ipotesi B con la Basilica tra Piazza degli Avveduti e Piazza Andrea Costa

## 2.1 La forma

L'ipotesi costruttiva della basilica recupera le informazioni raccolte dalle diverse traduzioni e ricostruzioni grafiche. Si è analizzato il materiale raccolto suddividendolo per ambiti costruttivi e tipologici, arrivando ad ipotizzare la scelta più accreditata sulla base della frequenza con cui i vari studiosi ricorrevano ad una certa interpretazione e sull'effettiva possibilità di realizzazione. I nodi essenziali che sono stati individuati sono quattro:

- definizione della pianta
- posizionamento delle scale
- analisi degli elementi strutturali
- carpenteria della copertura

### 2.1.2 Definizione della pianta e della sezione

La prima scelta obbligata per dimensionare l'edificio è stata quella di definire in maniera univoca la misura del piede romano. In questo caso non è una scelta trascurabile visto che per le varie analisi strutturali è fondamentale riportare il modello in una scala metrica riconosciuta. In questa occasione si è scelto di considerare il piede pari a 29.67 cm come dato comunemente accettato. Per quanto riguarda invece l'Aedes

Augusti e il Tribunale le interpretazioni a riguardo sono numerosissime e discordanti come già visto nel precedente paragrafo. Nella nostra ricostruzione ci siamo quindi allineati (Fig. 9) alla scelta fatta da Rodolfo Di Lüttichau<sup>7</sup>, studioso fanese, che dispone il Tribunale con la forma di emiciclo ma con una curvatura minore rispetto a quella del Tempio di Augusto creando due spazi semicircolari concentrici.

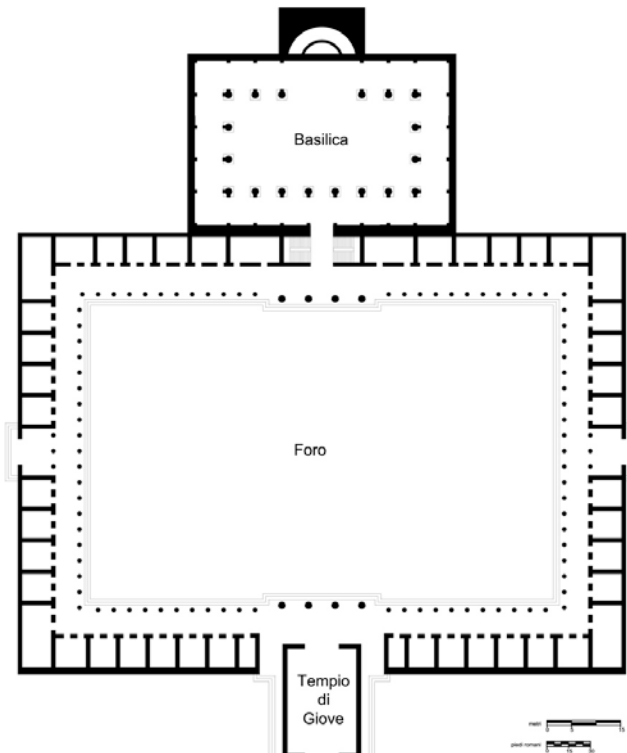


Fig. 9: Ipotesi pianta Basilica-Foro alla base delle verifiche strutturali e sismiche

Se pochi sono i dati in pianta, ancor meno si può dire degli elementi in alzato. Alle possenti colonne di circa 15 metri, Vitruvio affianca due livelli sovrapposti di pilastri che sorreggono rispettivamente l'impalcato e la travatura inclinata su cui poggia la copertura dei portici ad una falda. Quest'ultima, con la copertura della sala centrale, definisce uno spazio vuoto dal quale filtra la luce naturale. (Fig.10)

La trabeazione corre intorno a tutta la sala centrale ad eccezione del punto in corrispondenza dell'Aedes Augusti per non impedirne la vista. Si ritiene valido lo studio di Maggiori (Fig. 11) il quale sostiene che le travi, essendo poste sopra le colonne, non devono

sporgere da esse e ne ipotizza un assemblaggio composto da due travi sullo stesso livello senza incastri (trave di fondo 2x2 piedi) sulla quale posizionare un travetto (4x4x3 piedi) che nasconde una trave falsa di riempimento (2x2 piedi) sormontato il tutto da due travi superiori.

Questo sistema permetteva un'apertura di un piede tra i travetti e la trave di riempimento da cui poteva entrare la luce.



Fig. 10: Viste interne del modello 3D

### 2.1.3 Posizionamento delle scale

Seppur Vitruvio non chiarisca la posizione delle scale per raggiungere la galleria è possibile avanzare una considerazione plausibile: la galleria era l'unico spazio dove le donne potevano accedere e difficilmente è pensabile che per permetterle di raggiungerla potessero attraversare tutta la sala centrale della Basilica. È quindi verosimile che le scale fossero previste all'esterno, sul lato che si affaccia sul foro esattamente come intuì Palladio.

Questa soluzione lega ancor di più il rapporto tra Foro e Basilica: le scale esterne rappresentano infatti un *continuum* tra le funzioni del Foro e le funzioni della piazza coperta.

Il dimensionamento delle scale viene fatto secondo le prescrizioni delle scale dei templi,

<sup>7</sup> Di Lüttichau R., *La basilica di Vitruvio in Fano e i suoi ruderi*, Fano, 1934, tip. Sonciniana.

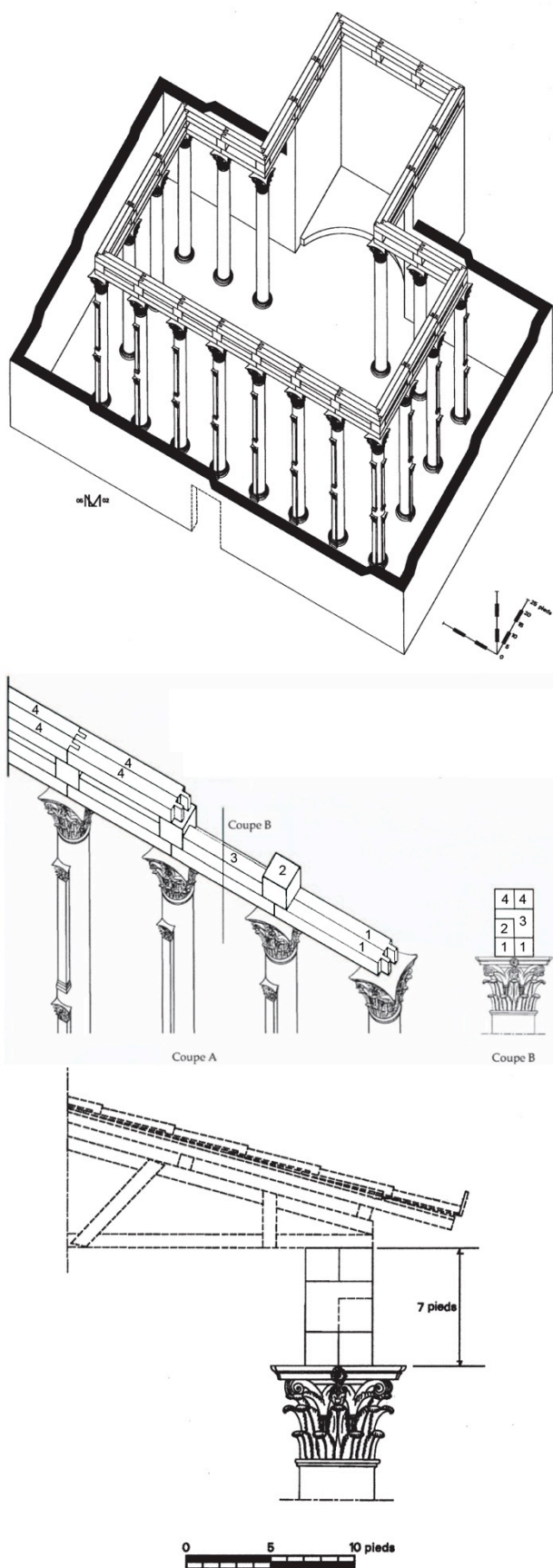


Fig. 11: Spaccato assometrico della Basilica e dettaglio della trabeazione secondo Maggiori (2002)

secondo le quali i gradini dovevano avere un'altezza compresa tra  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{5}{6}$  di piede e la profondità compresa tra 1 piede e mezzo e 2 piedi. Si è immaginato che la galleria potesse essere collocata ad un'altezza di 6,5 metri e si è scelto di predisporre la scala con due rampe e gradini alti 0,23 m, profondi 0,36 m.

#### 2.1.4 Analisi degli elementi strutturali

Abbiamo tenuto conto della muratura, del solaio, delle colonne e della copertura. Lo spessore della muratura è stato ipotizzato esattamente quanto il diametro delle colonne: 5 piedi ossia 1,48 m. Uno spessore accettabile dal momento che dovrebbe sostenere anche il peso della copertura. Similmente a quanto rinvenuto sotto gli scavi del Sant'Agostino, abbiamo considerato una muratura a sacco con paramento in conci lapidei in arenaria a vista, tecnica in uso all'epoca di Vitruvio. La stessa analisi della cinta urbana ha aggiunto informazioni utili legate alla scelta e alla provenienza del materiale, in particolare si è osservato che il paramento esterno contiene e riveste il "getto in conglomerato" assolvendo ad una funzione protettiva e di resistenza. Il materiale di cui è composto il paramento è la biocalcarene (proveniente dalla Cava di Candelara) e l'arenaria carbonatica (cavea di Carignano), la malta di calce aerea mista a sabbia di fiume carbonatico-silicatica e vari inerti (calcari, selce, quarzo e feldspati) con rapporto di carica legante di 3/1.

Per quanto riguarda il solaio riprendiamo la descrizione che Vitruvio espone nel settimo libro riguardo le pavimentazioni interne distinguendole tra quelle del piano terreno e quelle dei piani superiori. Dal momento che per la basilica di Fano non si fa esplicito riferimento a finiture di pregio, si è ipotizzato un solaio composto da un tavolato superiore spesso circa 5 cm protetto da uno strato di felci e paglia sul quale viene steso lo *statuminatio* (malta mista a pietrame). Come ultimo strato si è ipotizzato uno strato spesso di 10 cm di cocciopesto su cui far poggiare una semplice pavimentazione in terracotta. Concludendo lo spessore complessivo del solaio è di due piedi, circa 60 cm.

L'ordine utilizzato era l'ordine gigante (Fig. 12), elemento fondamentale nella basilica di Fano. La colonna è un corpo alto 50 piedi ossia circa 15 metri ed è un'assoluta novità nell'architettura romana. Un punto su cui non ci sono molti dubbi è la presenza di paraste con funzione



prevalentemente strutturale visto che hanno il compito di sostenere le travi del piano superiore. Di queste paraste Vitruvio ci fornisce le misure precise. La snellezza della colonna può quindi essere giustificata dalla presenza di questi pilastri retrostanti. Per quanto riguarda le colonne d'angolo si è scelta la soluzione con due paraste distinte.

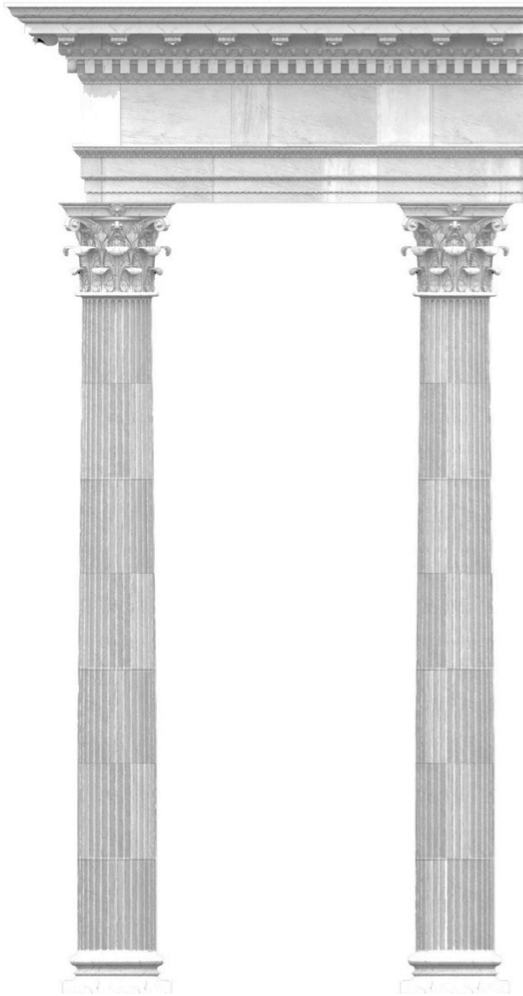


Fig. 12: Ricostruzione dell'ordine gigante. Clini (1997)

### 2.1.5 La copertura

Il tema della copertura è senz'altro il più controverso. La mancanza di indicazioni da parte di Vitruvio e la difficoltà di interpretare il testo, associate al fatto che non esistano resti di coperture lignee di epoca romana hanno comportato non pochi problemi. Secondo il testo è presumibile che la basilica fosse coperta da un tetto a doppio spiovente: il primo sopra il "medium spatium" e il secondo sui portici. La scelta

di due tetti distinti era già un esempio<sup>8</sup> ricorrente in età tardoaugustea e tardorepubblicana. Tecnicamente uno spazio così ampio determinava dei problemi costruttivi che gli stessi romani non erano ancora in grado di affrontare, in secondo luogo la distinzione della copertura rendeva gli spazi sottostanti gerarchicamente differenti. Dallo studio<sup>9</sup> fatto è stato ottenuto un sistema di coperture che servirà per la successiva analisi strutturale.

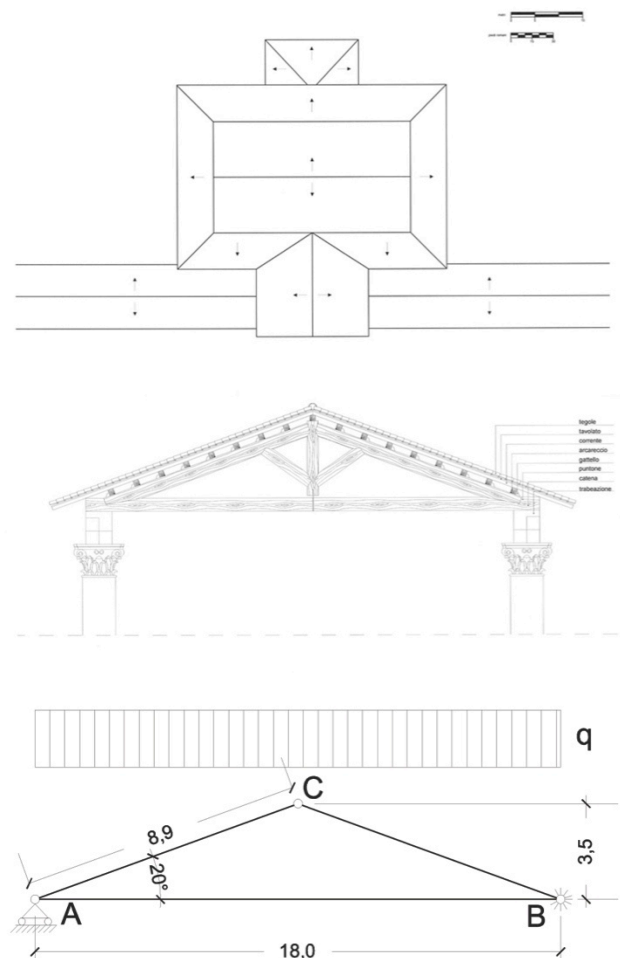


Fig. 13: Pianta della copertura e progetto della capriata della sala centrale

Già nel IV libro Vitruvio, parlando delle coperture, sosteneva che le travi si dovessero collocare sopra le colonne, sopra i pilastri e i muri. Se le campate erano molto grandi, si

<sup>8</sup> Basilica Giulia e Basilica Aemilia, nella Basilica di Pompei invece sembra che ci sia stato un tetto unico a due falde.

<sup>9</sup> Approfondito nella tesi di laurea di Elena Camerini (a.a. 2011-2012) e Cecilia del Gaiso. (a.a. 2011-2012)

sarebbero usate anche le traverse e i puntoni. Se invece fossero state di dimensioni modeste non si sarebbero dovute usare travi traverse ma solo elementi fondamentali della carpenteria di trabeazione: trave di colmo e travi oblique.

Le conoscenze che abbiamo sulle coperture lignee provengono solamente da fonti letterarie e iconografiche<sup>10</sup>.

Nella progettazione del tetto spiovente sono state prese in considerazione sia le prescrizioni vitruviane<sup>11</sup> con un aggetto pari a 1/3 dell'intera falda, sia i dati meteorologici. Sappiamo infatti che l'inclinazione delle falde era tanto maggiore quanto lo era la piovosità pertanto, dall'analisi effettuata dai timpani dei templi rimasti, dai fori delle travi rimasti nelle pareti e dagli elementi angolari delle cornici dei frontoni abbattuti si è dedotto che mediamente le falde oscillavano tra i 18 e 33 gradi sull'orizzontale. In questa occasione abbiamo scelto di prendere il valore di 20 gradi. La sala centrale ha una luce pari a 17,80 m (60 piedi) e le capriate hanno un interasse di 5,4 m dedotto dalla distanza delle colonne. (Fig.13-15)

Il tetto dell'Aedes Augusti è stato invece pensato come un catino absidale e il suo colmo è stato posto al di sotto della copertura dei deambulatori. Ad ultimo è stata ipotizzata una copertura unica per il pronao e per le scale.

Per dimensionare gli elementi della capriata si è proceduto considerando un carico uniformemente distribuito e su questo si è fatta un'analisi dei carichi che riportiamo in tabella (Tab.1):

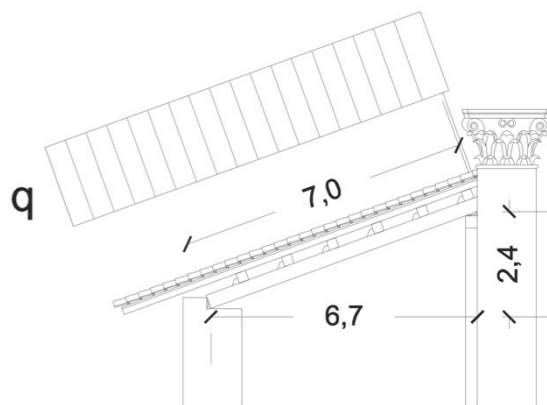
**Tab. 1:** Tabella analisi dei carichi capriata centrale

| Struttura                                    | Carico da N/m <sup>2</sup> |
|--|----------------------------|
| Manto di copertura coppi e tegole piane      | 60                         |
| Pianelle di laterizio (2.5 cm x 14cm x 28cm) | 45                         |
| Correnti (8 cm x 5 cm int=28 cm)             | 6                          |
| Arcarecci (25 cm x 25 cm int=100 cm)         | 12                         |
| Carico neve                                  | 90                         |
| <b>TOTALE</b>                                | <b>213</b>                 |

Il carico ottenuto ci ha permesso di calcolare le sollecitazioni della catena e del puntone e il

loro dimensionamento secondo le verifiche a pressoflessione.

Analogamente è stato fatto per la capriata laterale (Fig.14)



**Fig. 14:** Schema costruttivo della copertura della galleria

#### 4. Verifica strutturale

##### 4.1 Analisi del modello progettuale

L'analisi condotta per la verifica strutturale si è per ora limitata all'analisi della sola scatola muraria (Fig.16); si tratta di una verifica al ribaltamento della parete laterale, solo una parte, seppur importante, di una vera e propria analisi sismica, che è molto più complessa e onerosa.

Ciononostante ci permette di analizzare l'impianto da un punto di vista statico-critico. Risultati più attendibili si potranno dedurre da nuovi approfondimenti.

Il primo passo è stato quello di concentrare lo studio sul singolo pannello murario, successivamente sono stati determinati i carichi agenti su un elemento strutturale attraverso l'applicazione di regole geometriche.

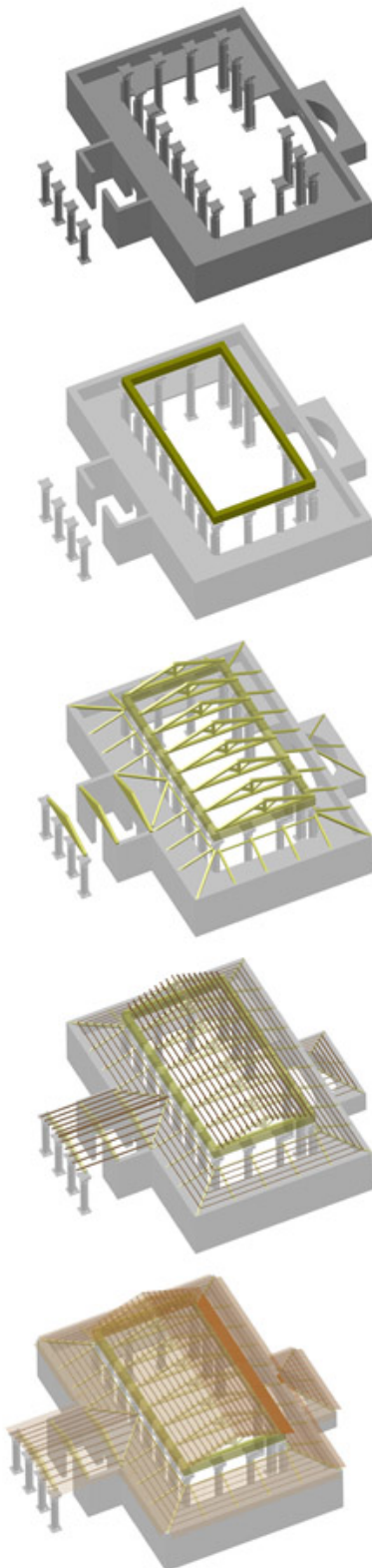
Sono state fatte considerazioni primarie sulla tipologia dell'edificio, per stabilire un percorso logico:

- Può essere definito come una "scatola muraria" fondata su un allargamento dei muri;
- È privo di piani rigidi, infatti la copertura, essendo sprovvista di cordoli, non collega rigidamente i paramenti.

Questa caratteristica costruttiva determina in modo preciso il meccanismo di rottura, che non sarà sicuramente a taglio nel piano del

<sup>10</sup> L'iconografia più antica è senz'altro l'incisione su una lapide di arenaria trovata nella necropoli di Porta San Vitale nei pressi di Bologna risalente al IX secolo a.C.

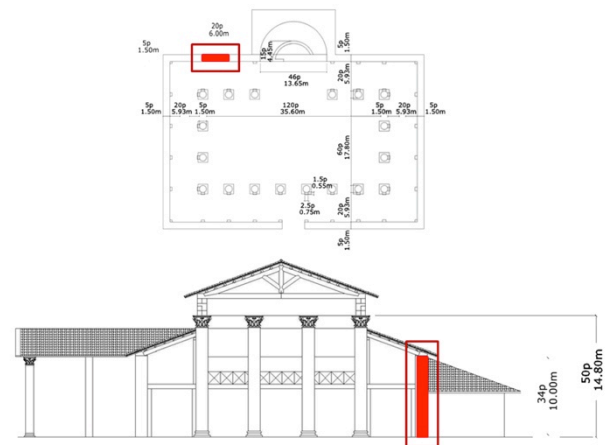
<sup>11</sup> De Architectura IV,7,4



**Fig. 15:** Ricostruzione della copertura della Basilica per elementi: trabeazione, capriate e arcarecci

paramento, bensì dovuta al ribaltamento del paramento stesso nel piano ortogonale.

All'interno della scatola muraria è stato considerato un singolo pannello di riferimento, rappresentativo del comportamento dell'intero organismo murario.



**Fig. 16:** pannello murario considerato per l'analisi dei carichi.

Il pannello murario si comporta come un qualsiasi muro di facciata privo di connessioni con i muri ortogonali e con i solai di piano; in queste condizioni il muro oppone poca resistenza al ribaltamento e può essere spinto oltre la configurazione limite dell'equilibrio.

Lo schema di riferimento è quello di un pannello rettangolare di altezza  $H = 10,00$  m, base  $B = 0,40$  m e spessore  $L = 6,00$  m.

È stata effettuata un'analisi di stabilità della Basilica individuando l'azione più gravosa durante l'evento sismico. Ci siamo dotati dello strumento Normativo moderno<sup>12</sup> il quale ha fornito il giusto metodo di analisi strutturale. Innanzitutto è stato identificato, lungo il perimetro della sala centrale, il maschio murario che rappresenta il più importante soggetto resistente alla sollecitazione sismica.

Esso subisce un meccanismo di collasso a ribaltamento (in quanto la Basilica è priva di piani rigidi orizzontali); sul singolo maschio abbiamo operato l'analisi dei carichi relativi (Fig. 17), per poi effettuare un equilibrio alla rotazione (che rappresenta sul singolo maschio il ribaltamento dell'intero pannello murario) fissando come incognita l'azione sismica da cui abbiamo ricavato la massima accelerazione sopportabile.

<sup>12</sup> Albano G., 2008

Per ottenere il carico da applicare sul maschio murario di riferimento occorre determinare le rispettive aree di influenza (Fig. 18).

Rispettivamente possiamo identificare per quanto riguarda il carico della copertura un'area di 107 mq ottenuta considerando metà della copertura stessa gravante su ogni lato della Basilica.

Per quanto riguarda la balconata possiamo identificare un'area di influenza pari a 36mq.

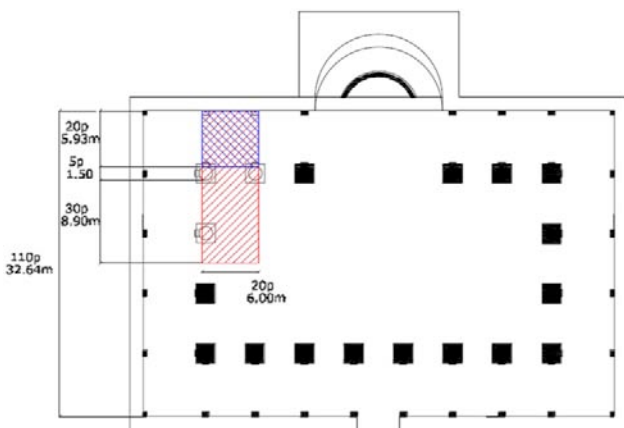


Fig. 18: Pianta del Modello di riferimento della Basilica di Vitruvio con definizione delle aree di influenza della balconata e della copertura.

#### 4.2 Ricerca massima accelerazione sismica

Per la ricerca della massima accelerazione sismica sopportabile dal fabbricato abbiamo preso in considerazione la configurazione seguente

- B = 0.40 m
- H = 10 m
- H/2 = 5 m
- N cop = 33705 daN
- N mur = 55200 daN
- E = azione sismica incognita generata da ag

Dai calcoli abbiamo ricavato il valore di  $a_g=0,038$  g notevolmente inferiore a quello di 0,062 relativo all'accelerazione sismica attesa nella zona di Fano. Fermo restando la parzialità dell'indagine condotta, possiamo presumere che la scatola muraria avrebbe ceduto molto prima del raggiungimento del valore di accelerazione sismica atteso.

#### 5. Illuminazione

Sul modello realizzato è possibile indagare anche aspetti riguardanti l'illuminazione che Vitruvio non approfondisce. Come primo approccio a questo problema è stato inserito il modello 3d all'interno di un software capace di

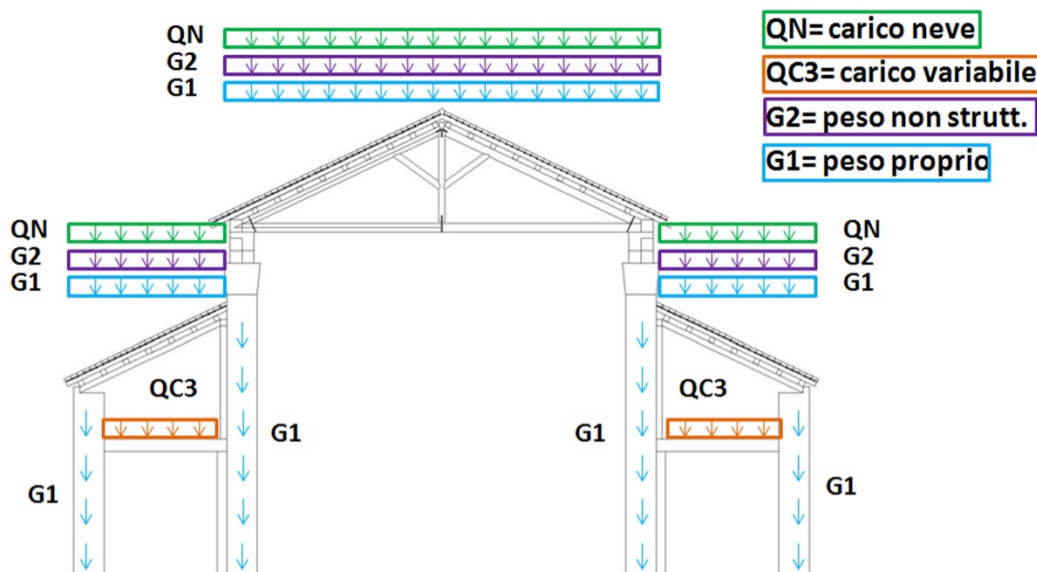
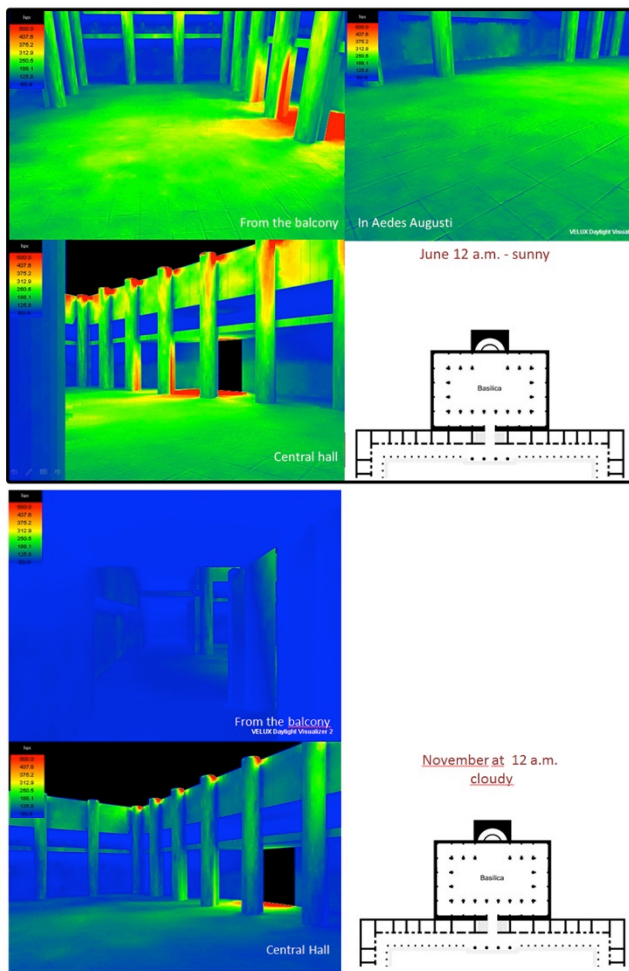


Fig. 17: Analisi dei carichi: G1 = carichi permanenti strutturali G2 = carichi permanenti non strutturali Qi = carichi variabili Per il peso specifico della muratura da utilizzare nel calcolo dei carichi permanenti è stato assunto il valore comunemente reperibile in letteratura relativo alla muratura in arenaria e pari a :  $\gamma_{aren} = 2300$  daN/mc

simulare la quantità di luce all'interno della Basilica in diverse condizioni.

I risultati ottenuti rendono compatibile la costruzione della Basilica nell'ipotesi in cui la luce filtra dallo spazio compreso tra la linea superiore della falda del portico e l'imposta della falda dell'aula centrale. Inserendo il volume della basilica nel programma VELUX Daylight Visualizer è stata impostata la latitudine e la longitudine di Fano, i materiali delle superfici con i rispettivi valori di riflettanza, specularità e rugosità ed è stato calcolato l'illuminamento prodotto su una superficie di un metro quadrato dal flusso luminoso di 1 lm incidente perpendicolarmente. I calcoli sono stati effettuati in diverse condizioni temporali e meteorologiche.



**Fig. 21:** Analisi illuminotecnica a Giugno 12 a.m. in una giornata di sole e a Novembre 12 a.m. con una giornata nuvolosa.

Dalle immagini (Fig. 21) qui presentate si può notare come anche in condizioni sfavorevoli i valori di illuminamento ottenuti nelle ore della

mattinata<sup>13</sup> sono più che accettabili. Infatti i valori più bassi ottenuti (50 lux) sono considerati, nella normativa attuale, adatti per le zone di conversazione e passaggio, aree di deposito, transito e scalinate.

## 6. Conclusioni

Com'è noto i Romani progettavano basandosi sull'esperienza e fondavano la loro capacità sull'osservazione degli eventi e le relative risposte degli edifici costruiti.

I dissesti che potevano essere causati da eventi naturali o semplicemente dal peso proprio della costruzione costituivano una esperienza da cui trarre insegnamenti per modificare e migliorare le successive costruzioni.

Lo sviluppo tecnologico ci permette di verificare, in fase progettuale, il comportamento della costruzione attraverso calcoli strutturali e simulazioni virtuali.

Col nostro studio è stato possibile definire una metodica applicabile all'analisi di un edificio non realizzato per correggere un modello nato solo sulle considerazioni del testo e rispondente esclusivamente ad istanze formali. Lo studio dimostra, anche se parzialmente, l'impossibilità che l'edificio abbia potuto resistere a forti sollecitazioni sismiche e chiarisce inoltre come un approccio di archeologia sperimentale che consideri nella sua globalità l'interazione tra forma, tecnica e struttura possa aprire nuove prospettive nella comprensione e ricostruzione di manufatti archeologici il cui studio tradizionale può essere oggi fortemente arricchito dallo sviluppo di nuove tecniche di simulazione e ricostruzione digitale.

Ulteriori ipotesi sulla fondazione, sull'opus utilizzato, sulla copertura, sugli edifici aderenti ci permetteranno di definire sempre più la vera forma-struttura dell'unico edificio realizzato da Vitruvio e valutare con sempre maggior precisione la possibilità che tale edificio possa effettivamente essere stato costruito. Sarebbe inoltre possibile comprendere (come già parzialmente fatto in questo lavoro) le vicende della sua sostenibilità e durabilità nel corso dei secoli.

<sup>13</sup> Considerando che secondo la fonte Marco Valerio Marziale nei mesi invernali le udienze della giornata duravano solo tre ore.

*Ringraziamenti*

Si ringrazia il Prof. Enrico Quagliarini (Univpm Ancona) per la consulenza scientifica sull'analisi degli aspetti costruttivi della copertura del modello.

## REFERENCES

- Albano G. (2008). *Le nuove norme tecniche per le costruzioni: cosa cambia D.M. 14 gennaio 2008*. Rimini: Maggioli Editori
- Annibaldi G. (1953). Scavi e restauri nella basilica di Vitruvio. *Fasti archeologici*, VII, 267.
- Bartolucci G. (1929). *Il rilievo dei ruderi della basilica di Vitruvio e il ripristino della porta romana in Fano*. Fano: Scuola Tipografica Fanese.
- Battistelli F., & Deli, A. (1983). *Immagine di Fano Romana*. Fano: Cassa di Risparmio di Fano.
- Battistelli F. (1977). La Basilica di Vitruvio. *Mondo Archeologico*, 14/15, 20-23.
- Battistelli F. (1986). Marco Vitruvio Pollione e i monumenti della Colonia Julia Fanestrus. In *Arte e cultura nella Provincia di Pesaro e Urbino dalle origini a oggi*. Venezia: Marsilio Editori.
- Berardi G. (1986). *Fano Romana, la basilica di Vitruvio*. Fano: Typis paulinis.
- Camerini E. (2012). *La Basilica di Vitruvio di Fano. Forma e costruzione*. Tesi di laurea Facoltà di ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche. Relatore: Clini P.; Correlatore: Quagliarini E.
- Del Gaiso C. (2012). *La Basilica di Vitruvio di Fano: ipotesi e analisi per un modello progettuale*. Tesi di laurea Facoltà di ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche. Relatore: Clini P.; Correlatore: Lenci S.
- De Sanctis L. (1998). *Quando Fano era romana*. Fano: Ed. Minardi.
- Di Luttichau R. (1934). *La Basilica di Fano e i suoi ruderi*. Fano: Tip. Sonciniana.
- Clini P. (1997). *La basilica di Fano di Vitruvio, dalla critica storiografica a nuovi rilievi e ipotesi di ricostruzione*. Tesi di dottorato in disegno e rilievo del patrimonio edilizio VIII ciclo, Università degli studi di Ancona – Parma – Bologna – Roma (Tor Vergata).
- Clini P. (2012). Vitruvio e la basilica di Fano, una storia nelle parole, nei disegni, nelle pietre. In P. Clini (Ed.), *Vitruvio e il disegno di architettura* (pp. 85-106). Venezia: Collana del Centro Studi Vitruviani, Volume 1. Marsilio editore.
- Deli A. (1992). La Basilica di Vitruvio. *Fano Romana*, 209- 221.
- Giovannoni G. (1994). *La tecnica della costruzione presso i Romani*. Roma: Bardi Editore.
- Giuffrè A. (1998). *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*. Roma: Edizioni Kappa.
- Gros P. (1997). *Vitruvio De Architectura*. Torino: Giulio Einaudi editore.
- Gros P. (2001). *L'architettura romana: dagli inizi del 3 secolo a.C. alla fine dell'alto impero – i monumenti pubblici*. Milano: Longanesi.
- Maggiori L. (2003). La basilique vitruvienne de Fano: rapports modulaires et restitution de l'entablement. *Revue archéologique*, 2, 36.
- Marcucci, L. (Settembre 1978). "2000 anni di Vitruvio". In *Studi e documenti di architettura Edizione della Cattedra di composizione architettonica IA di Firenze*, 8, 208.
- Morgan M.H. (1914). *Vitruvius: the Ten Books on Architecture*. Cambridge: Harvard University press.

Pizzigoni V. (2010). La Basilica di Fano: la sola architettura nota di Vitruvio, in H. Burns, F. P. Di Teodoro & G. Bracci (Eds.) *Saggi di letteratura architettonica da Vitruvio a Winckelmann*, vol. 3, Firenze: Leo S. Olschki Editore.

Prestel J. (1901). *Des Marcus Vitruvius Pollio Basilika zu Fanum Fortunae*. Strassburg: Heitz & Mundel.

Purcaro V. (2004). Vitruvio a Fano?. *Quaderni dell'Accademia Fanestre*, 3.

Rowland I.D., & Noble Howe, T. (1999). *Vitruvius. Ten Books on Architecture*. Cambridge: University press.

Vallucci S., Quagliarini, E., & Lenci, S. (2014), *Costruzioni storiche in muratura. Vulnerabilità sismica e progettazione degli interventi*. Milano: Wolters Kluwer Italia.