

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA*

*CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA*

**TESI DI LAUREA**

In

Fotogrammetria per l'architettura

**LA PROPOSTA PROGETTUALE DI ANDREA PALLADIO PER  
IL COMPLETAMENTO DELLA BASILICA DI SAN PETRONIO:  
RICOSTRUZIONE DELLA FACCIATA ESISTENTE  
ATTRAVERSO IL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO E SUA  
ULTIMAZIONE TRAMITE METODI DIGITALI**

CANDIDATO  
Luca Ballestri

RELATORE:  
Chiar.mo Prof. Ing. Marco Gaiani

CORRELATORI  
Chiar.mo Prof. Ing. Simone Garagnani  
Dott. Arch. Guido Beltramini

Anno Accademico 2023/2024

Sessione I



# INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ANDREA PALLADIO</b> .....	<b>5</b>
1.1 PREMESSA .....	5
1.2 CENNI STORICI E ASPETTI LINGUISTICI .....	5
1.2.1 <i>Palladio e il contesto storico-culturale dell'epoca</i> .....	5
1.2.2 <i>La cifra stilistica e l'evoluzione dell'architettura di Palladio</i> .....	8
1.3 IL TRATTATO PALLADIANO: I QUATTRO LIBRI DELL'ARCHITETTURA .....	11
1.4 I DISEGNI DI ANDREA PALLADIO .....	12
1.4.1 <i>Strumenti e tecniche del disegno</i> .....	13
<b>2. LA BASILICA DI SAN PETRONIO E LA SUA FACCIATA</b> .....	<b>15</b>
2.1 LA BASILICA .....	15
2.1.1 <i>Cenni storici</i> .....	15
2.1.2 <i>I progetti per il completamento della facciata</i> .....	18
2.2 I DISEGNI DI ANDREA PALLADIO PER SAN PETRONIO .....	21
<b>3. STRUMENTI E METODOLOGIE: IL PROGETTO PER IL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO DELLA FACCIATA DI SAN PETRONIO</b> .....	<b>27</b>
3.1 PREMESSA SULLE TECNICHE DI RILIEVO: LA FOTOGRAMMETRIA PER L'ARCHITETTURA .....	27
3.2 LA PROGETTAZIONE DEL PROCESSO FOTOGRAMMETRICO PER LA FACCIATA DELLA BASILICA E LA CREAZIONE DEL SUO MODELLO TRIDIMENSIONALE .....	27
<b>4. LA RESTITUZIONE BIDIMENSIONALE DEL CORPUS DI DISEGNI PALLADIANI PER LA FACCIATA DI SAN PETRONIO</b> .....	<b>39</b>
4.1 IL METODO DI RICOSTRUZIONE SEGUITO E L'UTILIZZO DEL TRATTATO PALLADIANO .....	39
4.2 DISEGNO SEZIONE D-D, INDICIZZATO 64: IL PROCESSO DI RICOSTRUZIONE 2D .....	41
4.2.1 <i>Presentazione del disegno e delineatura dello schema generale della facciata</i> ..	41
4.2.2 <i>Riferimenti selezionati e relative costruzioni geometriche</i> .....	43
4.2.3 <i>Risultati finali e confronto con la facciata esistente</i> .....	49
4.3 DISEGNO SEZIONE E-E, INDICIZZATO 62: IL PROCESSO DI RICOSTRUZIONE 2D .....	51
4.3.1 <i>Presentazione del disegno e delineatura dello schema generale della facciata</i> ..	51
4.3.2 <i>Riferimenti selezionati e risultati finali</i> .....	54
<b>5. DALLA RESTITUZIONE VETTORIALE TRADIZIONALE ALLA MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DI UN PROGETTO DISEGNATO E MAI REALIZZATO</b> .....	<b>58</b>
5.1 CENNI STORICI SULLA RICOSTRUZIONE 3D E SUOI BENEFICI .....	58
5.2 UN RIFERIMENTO METODOLOGICO: LA RICOSTRUZIONE TRIDIMENSIONALE DEL DISEGNO CONSERVATO ALLA WORCESTER COLLEGE LIBRARY DA PARTE DI JAMES S. ACKERMAN E SCOTT SCHIAMBERG .....	59
5.3 IL PROCESSO DI RICOSTRUZIONE 3D DEL DISEGNO SEZIONE D-D, INDICIZZATO 64 .....	61
5.3.1 <i>Prima fase: ricostruzione tridimensionale degli elementi architettonici a partire dalla loro rappresentazione bidimensionale</i> .....	61
5.3.2 <i>Seconda fase: selezione di riferimenti spaziali e prima ipotesi di ricostruzione</i> ..	63
5.3.3 <i>Terza fase: analisi dei risultati ottenuti e sviluppo di una seconda versione</i> .....	70
5.3.4 <i>Risultati finali del processo di ricostruzione 3D</i> .....	73
5.3.5 <i>Analisi a posteriori del processo di ricostruzione 3D</i> .....	76
5.4 IL RENDERING COME STRUMENTO PER CALARE IL PROGETTO NELLA REALTÀ ODIERNA: SOVRAPPOSIZIONE DEL MODELLO RICOSTRUITO IN 3D CON IL CONTESTO DELLA PIAZZA .....	80
<b>6. CONCLUSIONI</b> .....	<b>84</b>
<b>FONTI ICONOGRAFICHE</b> .....	<b>87</b>
<b>INDICE DELLE TAVOLE</b> .....	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>91</b>



## Premessa

Obiettivo di questo elaborato di tesi è l'analisi e la ricostruzione con metodi digitali di uno dei progetti che Andrea Palladio realizza attorno al 1572 per il completamento della facciata della Basilica di San Petronio, i cui disegni sono conservati presso il Museo di San Petronio, a partire da un rilievo fotogrammetrico e da una restituzione dell'intero corpus dei disegni conservati al museo. Il lavoro si iscrive nella ormai lunga serie dei tentativi fatti per trasformare i piatti schemi del disegno in una forma tridimensionale costruibile, al pari di molti altri tra cui quelli, riferimento, di James Ackermann e Scott Schiamborg per il disegno conservato alla Worcester College Library ad Oxford.

Il metodo con cui è stato portato avanti lo studio segue due strade principali. Da una parte quella del rilievo fotogrammetrico relativo al manufatto esistente, al fine di ricostruire esattamente misure, proporzioni e il rapporto col corpo di fabbrica e la porzione di facciata già costruite.

Dall'altra quella della restituzione dei disegni autografi dell'architetto veneto, inizialmente in due dimensioni per comprendere quanto più possibile lo schema rappresentato, e poi sviluppata in tre dimensioni per ricostruire il carattere volumetrico del manufatto architettonico.

In una prima fase, la pianificazione e realizzazione del rilievo fotogrammetrico hanno permesso di prendere conoscenza e consapevolezza della facciata odierna, permettendo di contestualizzare il progetto di Palladio.

La fase successiva è stata invece riservata alla restituzione bidimensionale dei disegni ottenuta ricalcando l'originale, completandolo nelle linee mancanti, regolarizzando le parti più approssimate e completando quelle mancanti. Attraverso questo metodo tradizionale, affiancato dall'analisi e confronto con la produzione scritta palladiana, è stato possibile risolvere una prima serie di ambiguità ottenendo un risultato conforme alla semantica dell'architetto veneto. In questo modo sono stati ricavati i disegni più probabili (anche per la progressiva scoloritura dell'inchiostro che impedisce di vedere chiaramente varie parti del disegno, oltre che per l'incompletezza insita in un disegno in scala).

Infine, è stato selezionato un progetto su cui approfondire l'analisi attraverso l'applicazione di tecniche di modellazione 3D. Il disegno, inventariato con il numero 64 (sezione D-D), è caratterizzato dal mantenimento quasi integrale della fascia inferiore della facciata, già realizzata al tempo del progetto. Il processo di digitalizzazione ha permesso di dare interpretazione in tre dimensioni al pensiero palladiano, analizzando e risolvendo le criticità scaturite con l'aggiunta della terza grandezza. In questa fase è stato rilevante il confronto con le architetture realizzate da Palladio e con il modello ottenuto dal rilievo fotogrammetrico. Nella fase finale sono state sfruttate le potenzialità del rendering per meglio cogliere le caratteristiche del progetto studiato e per calarlo più concretamente nella realtà odierna.

# 1. ANDREA PALLADIO

## 1.1 Premessa

Andrea Palladio è noto a livello internazionale per la sua vasta attività e per la sua idea rivoluzionaria di un sistema architettonico inteso come linguistico-proporzionale, in cui la composizione degli elementi segue regole accurate, per garantire una perfetta armonia tra forma-funzione e ornamento-struttura. (1)

La maniera architettonica ed il *modus operandi* dell'architetto veneto sono spiegati in una modalità innovativa per l'epoca nelle sue opere e nel suo trattato "I Quattro Libri dell'Architettura". Questo corpus risulta particolarmente adatto all'uso degli strumenti tecnologici e delle manipolazioni grafiche.



**Figura 1** Ritratto di Andrea Palladio, 1790 circa, olio su tela, Vicenza, villa Valmarana ai Nani, collezione privata

## 1.2 Cenni storici e aspetti linguistici

### 1.2.1 Palladio e il contesto storico-culturale dell'epoca<sup>1</sup>

Sono state estratte e tradotte dall'inglese alcune parti del secondo capitolo del libro "Palladio Privato" di G. Beltramini per descrivere al meglio la figura dell'architetto veneto e il contesto storico-culturale:

*"Quando Andrea lo scalpellino, figlio di Pietro da Padova, divenne Andrea Palladio? A giudicare dai documenti esistenti, fino al 2008 si pensava che l'appellativo destinato a diventare mito comparisse per la prima volta il 25 febbraio e il 10 marzo 1540, quando "Andrea Palladio, figlio di Pietro" è registrato tra i testimoni di due contratti redatti dal notaio Bortolo Carpo. [...]"*

*Palladio chiaramente non voleva essere identificato come un artigiano, ma il suo tentativo di usare il nuovo pseudonimo Palladio fu frainteso dal notaio. Bisognerà aspettare l'anno successivo perché il nome Palladio venga registrato senza alcuna difficoltà. Ma non ha preso piede subito; due anni dopo, nel contratto tra i fratelli Thiene e i muratori per la*

<sup>1</sup> **Beltramini, G.** Palladio Privato. Lars Müller Publishers. (2012), secondo capitolo, pp. 21-39 (2)

costruzione del loro splendido palazzo a Santo Stefano, "mastro Andrea q. Tagliapietre di Petri" era presente. Ciononostante, dal 1545 in poi, il nuovo nome fu attuale; in seguito, sarebbe sempre stato Palladio o Paladio (secondo l'uso veneziano). Ma cosa è successo? Come si è arrivati alla trasformazione di un geniale capomastro in un architetto dal nome al tempo stesso musicale e che profuma di classicismo in una città di provincia lontana dalle capitali culturali della penisola come Roma, Firenze o Venezia? Era un giovane che non proveniva da una famiglia di artisti, e nemmeno da una famiglia di costruttori, come Sanmicheli e Andrea Moroni. Né ebbe una formazione artistica come pittore, come Bramante o Raffaello, né come scultore, come Michelangelo e Sansovino. Soprattutto c'era il suo talento, che Palladio invocava nel leggendario prologo del suo tesoro *I Quattro libri dell'architettura*, pubblicato a Venezia nel 1570: "Guidato da una naturale propensione mi diedi nei miei primi anni allo studio dell'architettura". Si trattava di un'inclinazione precoce, confermata dall'opportunità di entrare in società, come espresso da Cavazza nel contratto del 1523. [...].

È dal Sansovino, dal Sanmicheli o da Giulio, più che dall'anziano Giovanni da Porlezza, che Andrea potrebbe aver appreso cosa fosse un architetto, l'importanza fondamentale del design, della formazione intellettuale, dell'uso delle fonti antiche, nonché la capacità di muoversi senza imbarazzo nel mondo dei committenti e degli aristocratici, sia negli ambienti pubblici che in quelli privati. [...]

Anche a Vicenza, inoltre, vissero uomini come Antenore Pagello, Vale rio Barbarano, Antonio Francesco Olivieri, ai quali Palladio rese omaggio nei *Quattro libri* per la loro abilità architettonica con tale entusiasmo che oggi è deplorabile non poter avere un chiaro senso delle loro realizzazioni. [...]

Nel XVI secolo, Vicenza era una delle regioni più dinamiche al mondo per la lavorazione e il commercio della seta. La migliore seta d'Europa veniva prodotta a Vicenza: i bachi da seta venivano allevati in tenute di campagna, e la seta veniva tessuta in mulini alti diversi piani, ben visibili sulle mappe cinquecentesche. I membri delle famiglie nobili - Porto, Piovene, Poiana, Sara cenò, Godi, Thiene e Chiericati - erano direttamente coinvolti sia nel suo commercio che nella sua produzione. Erano gli stessi aristocratici che commissionarono a Palladio la creazione di una nuova architettura, non un'architettura provinciale, ma commisurata ai loro rapporti di cosmopolitana e ai visitatori stranieri che arrivavano in città. Ma forse tutto questo non sarebbe bastato senza un incontro che ha accelerato decisamente la crescita di Andrea, quello dell'incontro con Giangiorgio Trissino. [...]

*La dinamica di questo incontro rimarrebbe sconosciuta se non fosse per la prima biografia non autorizzata di Palladio, scritta nel 1616 dal canonico vicenziano Paolo Gualdo, che probabilmente lo aveva conosciuto e che era vicino a chi lo aveva conosciuto. Scrive il Gualdo: Questo Trissino, veggendo che Palladio era un giovane molto intelligente e molto dotato nelle scienze matematiche, deliberò, per coltivare la sua innata intelligenza, di spiegargli Vitruvio e lo condusse anche con sé a Roma per tre volte. [...]*

*Trissino deve aver avuto il piacere di favorire lo sviluppo di un uomo di trent'anni più giovane di lui (e che avrebbe potuto essere letteralmente suo figlio), proprio come quegli altri due giovani amici e protetti di Giangiorgio che avevano la stessa età di Palladio: il poeta Marco Thiene e il pittore Giovanni Battista Maganza. Gian Giorgio non era molto contento dei suoi figli naturali. Giulio, il maggiore, nato da un primo matrimonio quattro anni prima di Palladio, era perennemente in cattivi rapporti con il padre perché temeva di perdere i suoi diritti a favore del fratellastro Ciro, figlio della seconda moglie di Giangiorgio. Ma nemmeno Ciro condivideva la passione del padre per il nuovo linguaggio basato sull'architettura dell'antichità; nel suo testamento fece molte osservazioni critiche circa l'eliminazione dei costosi ornamenti gotici in pietra che il padre intraprese nella ristrutturazione della villa Cricoli e dei palazzi di famiglia in città. I debiti di Palladio nei confronti di Trissino erano innumerevoli. Da Trissino e dal suo dinamico classicismo, Palladio colse l'importanza di una visione complessiva del mondo antico, dall'architettura all'idraulica, dall'agricoltura al teatro. [...]*

*Quali connotazioni evocava il nome Palladio nel Veneto del Cinquecento? Soprattutto, Pallas Athena, la dea della saggezza: "l'attuale dimora di Pallade" è la Padova dei letterati e degli artisti nella Pastorale di Ruzante (1521). [...]*

*"L'angelo Palladio" è l'angelo custode del generale Belisario, il capo delle forze per il bene. Dal secondo libro in poi, consiglia, guida e salva la vita di Belisario e dei suoi generali da assassini e avversari, dimostrando al contempo un'elevata competenza negli accampamenti militari, nei progetti di costruzione e nelle configurazioni urbane. Nel libro XIII spiega a Callidio, "l'onore degli architetti umani", come costruire mulini sul Tevere presso l'Aventino. Palladio fu un nome adottato da vari letterati dell'epoca – noti a Trissino – tra i quali Blosio Palladio (al secolo Biagio Pallai), poeta di lingua latina e cortigiano papale proprio negli anni in cui Trissino lo era lui stesso, e tale amante dell'architettura da commissionare a Baldassarre Peruzzi negli anni '30 del Cinquecento il progetto di una villa in stile antico alle pendici di Monte Mario a Roma. È molto probabile che Andrea fosse in debito con Trissino per*

il suo soprannome. Tanto più che ne *L'Italia liberata* è possibile scorgere, tra le righe, più di un dettaglio personale della vita di Giangiorgio. Il peccato Agrilupo, uomo "senza religione e senza fede", costretto a perseguire il fratello e a disprezzare il padre, ha tratti simili, come si vedrà, a Giulio Trissino."

## 1.2.2 La cifra stilistica e l'evoluzione dell'architettura di Palladio



**Figura 2** Ritratto di Giangiorgio Trissino, Vincenzo Catena, 1525

La nascita della maniera architettonica palladiana e l'evoluzione del suo linguaggio sono certamente legate all'influenza di Trissino ed al primo viaggio a Roma avvenuto all'inizio degli anni Quaranta del 1500. Facendo riferimento a questo primo viaggio, G. Beltramini scrive:

*"Trissino cambiò la vita di Palladio portandolo a Roma. Dopo averle a lungo immaginate, ascoltate descriverle, copiate dai quaderni di chi le aveva viste con i propri occhi, nell'estate del 1541 Palladio partì con*

*Trissino per un viaggio a Roma per un appassionato incontro a tu per tu con i grandi monumenti architettonici dell'antichità. Il loro viaggio seguì la costa adriatica fino a Rimini, poi proseguì sulla via Flaminia fino a Roma. A distanza di quasi trent'anni, l'emozione prodotta da quel primo incontro con l'antichità riecheggia ancora nelle pagine dei Quattro libri: "trovandola molto più degna di studio di quanto avessi creduto in un primo momento". E Palladio sarebbe tornato a Roma almeno altre tre volte: nel 1545, nel 1547 (forse nel 1549) e ancora nel 1554. Ci sono ulteriori informazioni sul secondo viaggio di Palladio e Trissino a Roma nell'autunno del 1545, con tappe a Ravenna, Rimini, Ancona e Recanati prima di dirigersi a Roma [...] La sua vita romana fu occupata soprattutto da meticolose osservazioni e misurazioni delle antichità classiche, di cui rimangono tracce visibili in numerosi disegni palladiani e nei Quattro libri."<sup>2</sup> (2)*

Mentre H. Burns afferma:

*"E fu ancora con Trissino che Palladio fece quei viaggi a Roma che, negli anni Quaranta del Cinquecento, gli rivelarono quel carattere dell'architettura antica e moderna nella città che egli aveva conosciuto fino ad allora solo attraverso il Quarto*

<sup>2</sup> **Beltramini, G.** Palladio Privato. Lars Müller Publishers. (2012), secondo capitolo, pp. 32-35 (2)

*Libro (1537) e il Terzo Libro (1540) di Sebastiano Serlio. Trent'anni dopo Palladio ricorderà come avesse trovato le costruzioni antiche "di molto maggiore osservazione degne, ch'io non mi aveva prima pensato" (Quattro Libri, 1, p. 5). Queste opere, viste con occhi nuovi in età piuttosto matura, ebbero su di lui un impatto estremamente forte e gli fornirono un'ampia gamma di modelli che egli immediatamente adattò ai suoi lavori. Molto probabilmente Trissino guidò Palladio anche nelle sue prime letture di Vitruvio. Non si sa se Palladio fosse in grado di leggere il latino; ma anche se non lo fosse stato (e comunque non bisogna escludere che egli possedesse una sufficiente conoscenza della lingua) intorno al 1540 era già possibile accedere a molte opere fondamentali latine e greche in versione italiana (il trattato dell'Alberti, ad esempio, appare in una traduzione italiana già nel 1546). Il che doveva essere di grande aiuto agli sforzi compiuti da Palladio per acquisire una cultura di ampio raggio ed assimilare testi che presentavano difficoltà anche agli studiosi."<sup>3</sup> (1)*

Palladio inizia quindi a distinguersi dai suoi contemporanei usando una serie specifica di forme e proporzioni: l'ordine architettonico diventa in grado di generare schemi sia bidimensionali che tridimensionali.

Queste variazioni nelle impostazioni erano causate da una varietà di motivi pratici e sociali.

In primo luogo, l'architetto veneto doveva gestire un numero sempre crescente di commissioni che spesso avevano elementi comuni tra loro. Pertanto, per ridurre la quantità di lavoro, era necessario sviluppare un sistema di forme prestabilito mantenendo allo stesso tempo le proporzioni classiche. Viene così elaborata una serie di forme precostruite che venivano utilizzate nella maggioranza dei casi e adattate nelle circostanze più specifiche.

Inoltre, Trissino era uno tra i più noti specialisti dell'epoca in ortografia e teoria letteraria: è dunque probabile che l'architetto veneto percepisse una connessione tra la struttura linguistica e l'approccio metodico al disegno architettonico. Si può quindi supporre che Palladio abbia assimilato l'approccio razionale degli intellettuali umanisti, conferendo alla sua architettura il carattere logico degli studi linguistici del tempo.

Scrive a tal proposito G. Beltramini:

---

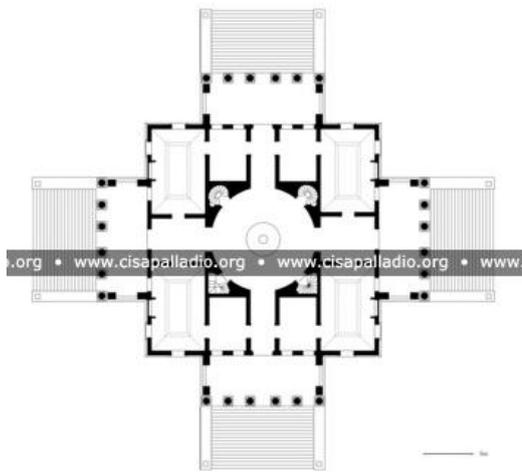
<sup>3</sup> **Burns, H.** Andrea Palladio (1508-1580): la creazione di una architettura sistematica e trasmissibile. Opere di Andrea Palladio nel Veneto, catalogo della mostra (1998) (1)

*“L'architettura di Palladio deve molto allo studio della lingua italiana da parte di Trissino. La sua architettura, infatti, è strutturata come un linguaggio, con una propria grammatica e sintassi, definita da regole comunicabili che organizzano elementi concettualmente standardizzati, che vanno dalla forma di porte e finestre alle proporzioni degli ambienti”<sup>4</sup> (2)*



**Figura 3** Villa Capra, detta la Rotonda. C. Mazzella, 2022

La Villa palladiana è sicuramente la tipologia di opera più distintiva di Palladio, e la sua progettazione dimostra chiaramente la modularità della sua architettura. Tralasciando le differenze di scala e di decorazione, la Villa presenta fin dal principio elementi linguistici comuni. Questa caratteristica permetteva di accedere alla realizzazione anche ai committenti meno ricchi, i quali si vedevano proporre soluzioni più economiche ottenendo comunque edifici di grande impatto.



**Figura 4** Planimetria Villa la Rotonda, Palladio Museum

La Villa palladiana ha come caratteristiche la presenza di un frontone di notevoli dimensioni, che ha lo scopo di risaltare nella pianura vicentina ed è dotata di logge per garantire ombra e riparo. Anche la distribuzione degli interni è regolata dal linguaggio dell'architettura palladiana, rispondendo ad una precisa distribuzione degli spazi: nel sottotetto erano posizionate aree adibite alla conservazione del grano, mentre al pian terreno si trovavano le cucine e le zone di servizio. Lo spazio centrale della costruzione era occupato da loggia e salone mentre, ai lati, erano posizionate simmetricamente grandi camere rettangolari e altre stanze di piccole e medie dimensioni.

<sup>4</sup> **Beltramini, G.** Palladio Privato. Lars Müller Publishers. (2012), secondo capitolo, pp. 32 (2)

La notorietà di Palladio aumentò molto celermente, al punto che già dal 1542 egli fu impegnato nella costruzione di importanti palazzi nella città di Vicenza. Secondo Burns (1) fu infatti per lui di centrale importanza la progettazione di palazzo Thiene (1542) che gli permise di affermarsi, aiutato anche dall'efficace comunicazione del suo stile che univa grammatica architettonica con quella linguistica.

Per queste ragioni fu in grado di lavorare alla realizzazione di opere di grande importanza, come il Teatro Olimpico e il Palazzo della Ragione, ma anche a diverse opere che lo porteranno lontano da Vicenza, come la partecipazione alle vicende della storia progettuale della facciata della Basilica di San Petronio a Bologna.

### 1.3 Il trattato palladiano: I quattro libri dell'architettura



**Figura 5** I Quattro libri dell'architettura, A. Palladio, 1570

In controtendenza rispetto agli altri protagonisti della scena artistica veneziana, da Tiziano al Sansovino, Palladio non è riuscito ad accrescere gradualmente in modo significativo le proprie entrate con il suo lavoro. Per questo motivo, a partire dagli anni Cinquanta del Cinquecento, svolse un'attività parallela al suo lavoro di architetto, nell'ambito dell'editoria. Nel 1570 pubblicò il trattato I Quattro libri dell'architettura, concepito come un vero e proprio veicolo per comunicare la propria architettura, le proprie regole e i propri modelli. (2)

*"I Quattro Libri (Venezia, 1570) rappresentano l'autorevole testamento architettonico di Palladio, nel quale egli espone le sue formule per gli ordini, per le misure delle stanze, per la*

*progettazione delle scale e per il disegno dei dettagli. Nel Quarto Libro egli pubblicò le ricostruzioni dei templi romani che aveva studiato più attentamente, e nel Secondo e nel Terzo libro offrì (cosa che nessun architetto aveva fatto prima) una sorta di retrospettiva dei suoi disegni per palazzi, ville, edifici pubblici e ponti."*<sup>5</sup> (1)

<sup>5</sup> Burns, H. Andrea Palladio (1508-1580): la creazione di una architettura sistematica e trasmissibile. Opere di Andrea Palladio nel Veneto, catalogo della mostra (1998) (1)

Nel suo trattato Palladio inserisce gli edifici e i loro dettagli in uno stile chiaro ed omogeneo, segnalando tutte le dimensioni e utilizzando una scala metrica largamente diffusa all'epoca, ovvero il piede vicentino (0,357m). Oltre a schematizzare e trasmettere la metodologia di lavoro, Palladio varia anche la maniera di comunicare l'architettura, introducendo le misure non solo nel testo, ma pure nelle tavole, rendendo il disegno scientificamente interpretabile e accessibile a tutti. Ai fini di questo elaborato di tesi ci si concentra ora sul "Primo Libro" di questo trattato, che definisce le regole grammaticali e la sintassi del suo modo di fare architettura. Palladio stesso parla della sua opera come di "[...] un breve trattato de' cinque ordini, e di quelli avvertimenti che sono più necessari nel fabricare [...]"<sup>6</sup> (3) presentando già dalle prime pagine le

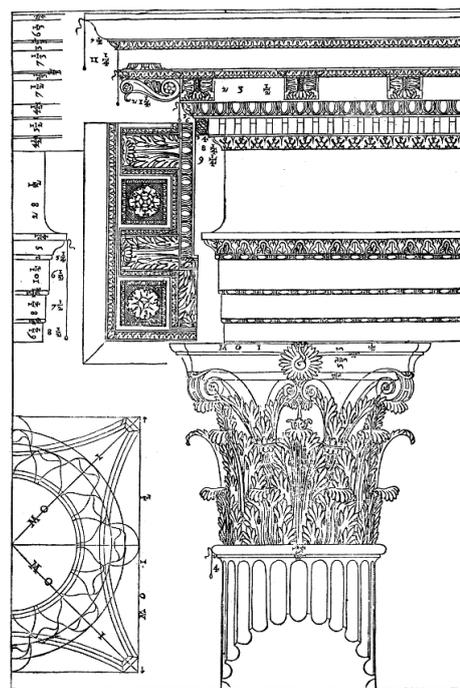


Figura 6 I Quattro Libri dell'Architettura, Libro Primo, dettaglio tavola ordine corinzio

indicazioni su come disegnare i cinque ordini architettonici (Toscano, Dorico, Ionico, Corinzio e Composito) con le proporzioni corrette. Per ogni elemento di ciascun ordine viene specificato come questo viene misurato a partire dal diametro della colonna e utilizzando quest'ultimo come modulo da inserire nelle diverse soluzioni, alla maniera di Vitruvio.

Palladio scrive a riguardo: "[...] è da sapersi, ch'io nel partire, e nel misurare detti ordini non ho voluto tor certa, e determinata misura, cioè particolare ad alcuna Città, come, braccio, ò piede, ò palmo; sapendo che le misure sono diverse, come sono diverse le Città, e le regioni: Ma imitando Vitruvio, il quale partisce, e divide l'ordine Dorico con una misura cavata dalla grossezza della colonna, la quale è comune a tutti, e da lui chiamata Modulo; mi servirò ancor io di tal misura in tutti gli ordini, e farà il Modulo il diametro della colonna da basso diviso in minuti sessanta [...]. Onde potrà ciascuno facendo il Modulo maggiore, e minore secondo la qualità della fabrica servirsi delle proporzioni, e delle sagome disegnate a ciascun ordine convenienti."<sup>7</sup> (3)

Obiettivo del Primo Libro è dunque quello di guidare il lettore nella decodificazione degli schemi classici e nella loro rappresentazione.

## 1.4 I disegni di Andrea Palladio

Andrea Palladio è uno tra gli architetti più rilevanti degli ultimi cinque secoli. L'articolato vocabolario che nasce dalla sua genialità artistica e dalla vastità della sua opera rende il suo linguaggio architettonico accessibile ed

<sup>6</sup> Palladio, A. I Quattro Libri dell'Architettura. Ristampa 2018 a cura del CISA Andrea Palladio. Venezia (1570), Libro Primo (3)

<sup>7</sup> Palladio, A. I Quattro Libri dell'Architettura. Ristampa 2018 a cura del CISA Andrea Palladio. Venezia (1570), Libro Primo (3)

immediato. I suoi disegni presentano la qualità intrinseca di tradurre il pensiero tridimensionale su un mezzo bidimensionale, rendendo i suoi progetti rilevanti nel campo della restituzione digitale 3D. Tramite l'ausilio di modelli digitali, è possibile infatti ricostruire le opere dell'architetto, anche quelle mai realizzate, offrendo così un prezioso strumento di conoscenza e interpretazione.

#### 1.4.1 Strumenti e tecniche del disegno

Un probabile suggerimento di quali siano state le modalità e i mezzi utilizzati da Palladio per disegnare e riprodurre le architetture deriva dalle parole di Vincenzo Scamozzi, che presenta una descrizione precisa nei dettagli degli strumenti e delle tecniche del disegno architettonico dell'epoca:

*“Nel Disegnare le piante degli edifici in buona forma noi osserviamo de tirare col stileto di Avorio, e dappoi con la penna [...] le righe siano di Pero, ò Pomo, ò Gigiolo, ò Sorbo dimestico, ò salvatico; come legni gentili, trattabili, e costanti alla mutatione de' tempi[...]e da un canto habbiano l'orlo à squadro per tirar le linee occulte o morte con la puntina dello stilo d'avorio, o con una punta d'un temperarino, ò d'ago non pungente [...] ; mà l'altro orlo sia poco levato gli angoli di quà, e di là per il terzo della grossezza: affine che nel tirar le linee d'inchiostro elle non imbrattino la carta [...] I compassi siano più tosto d'ottone, che d'altra materia che s'irruginisca; ben leggieri e sottili di gambe, purchè non tremino [...] e quanto al numero possono bastare per ordinario tre, cioè grande, mezano, e picciolo: poiche il molto numero de' compassi confonde, [...] e l'una puntina ad ogn'una d'essi habbia un taglio di bullino al lungo alla parte di dentro; acciò tinta nell'inchiostro a' bisogni faccia l'effetto della penna: quando si fanno porzioni di cerchi, archi, e simili altre cose [...] E Quanto alle squadre, le grandi siano di pero, ò d'altro legno gentile, e ben stagionato, e le picciole d'ottone [...] Le Penne siano d'Oca nostrana trattabili, chiare, e trasparenti, e di mezana grossezza ... Siano temperate con tagli alquanto lunghetti al modo del rostro dell'Aquila, & in punta ridotte sottili mezanamente [...] Ma le penne da intorniare, e disegnar capitelli, e simili cose siano alquanto più dolci, e trattabili: acciò con gratia raddoppino meglio i tratti bisognevoli dalle parti dell'ombre. Noi lodiamo questa sorte di penne; perche sono pieghevoli, e non si consumano per la loro nervosità, e non arsano ad un tratto l'inchiostro, ne rodono gli orli alle righe, come fanno quelle d'Ottone, o d'Argento, o d'altro metallo; ne anco tagliano la carta [...]”.*<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Scamozzi, V. Capitoli XIV e XV del Libro Primo dell'Idea dell'Architettura Universale, Venezia 1615.

Vi è un'elevata probabilità che Palladio abbia utilizzato le medesime tecniche e i medesimi strumenti in quanto essi sono rimasti invariati per molte generazioni di architetti, sintomo della precisione e del grado di perfezionamento di tali procedure. (1)

## 2. LA BASILICA DI SAN PETRONIO E LA SUA FACCIATA

### 2.1 La Basilica

#### 2.1.1 Cenni storici

L'origine della basilica di San Petronio risale ai primi anni del XIV secolo quando *“si sparse voce in Bologna di certi miracoli operati dall' acqua del pozzo che trovasi nella chiesa di Santo Stefano dietro la tomba di S. Petronio. La credenza trovò facile adito e fino d' allora si parlò d' intitolare al nuovo santo protettore una vasta chiesa”*.<sup>9</sup> (4) Tuttavia il processo di costruzione non ebbe inizio fino alla fine del secolo. Il 31 gennaio del 1390 vennero raccolti i primi fondi e il 26 febbraio avvenne la *“Commissione del Consiglio de' Seicento a Maestro Antonio di Vincenzo muratore, di fare il modello della nuova chiesa di S. Petronio secondo il disegno da lui fatto in carta bombacina, e di già accettato, subordinando l'esecuzione di questo modello alla direzione di frate Andrea Manfredi da Faenza.”*<sup>10</sup> (5) Antonio di Vincenzo era una figura altamente stimata dalla società bolognese e diede prova delle sue qualità di architetto con la realizzazione della loggia della Mercanzia nel 1384 e successivamente coll'ammirevole campanile della chiesa di San Francesco nel 1397. Progettando S. Petronio egli *“immaginò la maggiore chiesa che sia stata pensata prima e dopo di lui. Doveva avere la pianta a croce latina, i bracci verticali dovevano misurare metri 216,60, gli orizzontali metri 140,60; sulla crociera una cupola ottagonale alta metri 156 con un diametro di metri 49,91, e sui quattro angoli del braccio trasversale quattro torri.”*<sup>11</sup> (4)

Il 3 giugno 1390 Antonio di Vincenzo venne eletto capomastro della Fabbrica di San Petronio e quattro giorni dopo fu posata la prima pietra con una cerimonia solenne. Negli anni seguenti i lavori proseguirono con fervore a partire dalla realizzazione delle cappelle laterali fino ai primi anni del nuovo secolo quando rallentarono molto e di fatto si fermarono per mancanza di mezzi. Nel frattempo, Antonio di Vincenzo morì nel 1405. (4)

I lavori ripresero solo nel 1441 e portarono alla realizzazione di altre cappelle e del campanile che venne realizzato sopra l'ultima cappella a ovest tra il 1480 e il 1485. Nel 1509 iniziò la costruzione di due degli otto pilastri che avrebbero dovuto sorreggere la cupola. A questo punto però lo zelo e la spinta costruttiva iniziale erano ormai molto diminuiti a causa di scarsità pecuniaria, e cominciava a sfumare l'idea di completare la basilica secondo il progetto di Antonio di Vincenzo in quanto era ancora da erigere per più di metà. L'idea cessò completamente solo nel 1561 con la costruzione del palazzo delle scuole, ora dell'Archiginnasio che soffocò definitivamente la crescita della basilica. (4)

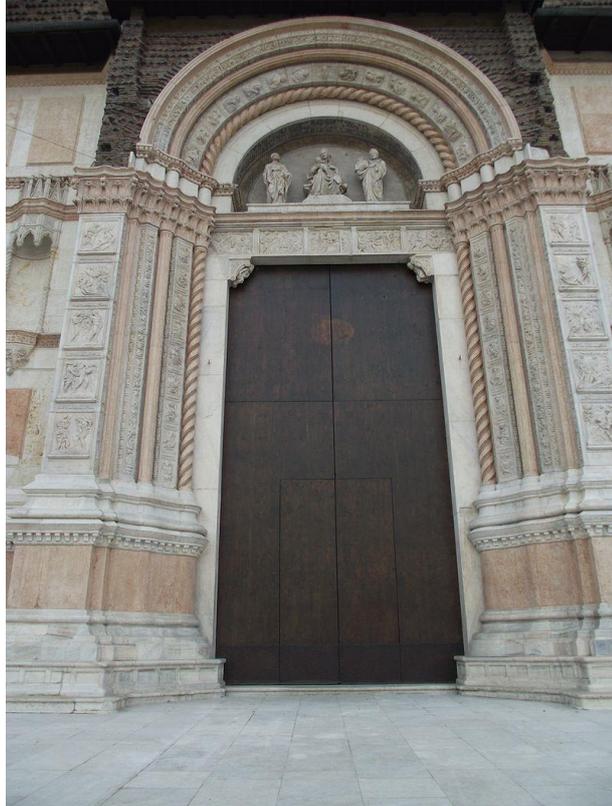
---

<sup>9</sup> **Gatti, A.** La basilica di S. Petronio ed il concorso per la sua facciata, Bologna/Successori Monti, 1887, pag. 14 (4)

<sup>10</sup> **Gatti, A.** La fabbrica di S. Petronio. Indagini storiche (con 18 disegni), Regia tipografia, 1889, pag.68 (5)

<sup>11</sup> **Gatti, A.** La basilica di S. Petronio ed il concorso per la sua facciata, Bologna/Successori Monti, 1887, pag. 18 (4)

Per quanto riguarda la facciata verso il 1399 era stato completato il basamento secondo il disegno originale mentre nel 1425 il vescovo d'Arles commissionò a Jacopo della Quercia il portale maggiore che rimase però parzialmente incompiuto a causa della morte dell'artista nel 1438. (4)



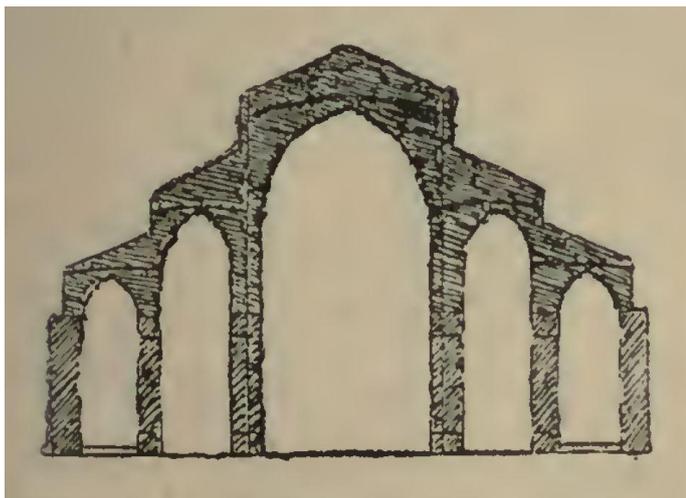
*Figura 7 Il portale maggiore realizzato da Jacopo della Quercia*

I portali minori furono disegnati da Ercole Seccadenari nel 1524 e la loro esecuzione si protrasse per molti anni mutando nel tempo. Una figura di rilievo tra i tanti direttori dei lavori fu quella di Domenico Aimo detto il Varignana che prese parte ai lavori come scultore sotto la guida dell'architetto Antonio Morandi. Il 14 novembre 1556 il suo disegno, caratterizzato dal mantenimento del basamento, delle porte e dei piloni ad angolo attribuiti al Morandi, fu approvato per completare la facciata. Tuttavia, i lavori procedettero molto lentamente e vennero fortemente contestati da molti architetti dato il periodo di pieno rinascimento. (4)

I principali oppositori al completamento della facciata nello stile da loro chiamato *tedesco*, in quanto proprio del gotico nordeuropeo, furono Domenico Tibaldi e Francesco Morandi detto il Terribilia ai quali fu chiesto di proporre ciascuno un nuovo disegno per il fronte della chiesa. Nei loro progetti presentarono un'attualizzazione del linguaggio gotico semplificandolo e adeguandolo ad una struttura più integra. Fu per avere un giudizio autorevole su queste proposte che venne contattato Andrea Palladio (il cui contributo verrà approfondito in un paragrafo successivo), che di risposta le lodò

entrambe reputando anche lui che *“l’architettura tedesca fosse barbara e brutta”*<sup>12</sup>. (4)

Il 10 settembre del 1587 il Terribilia fu eletto architetto per la realizzazione delle volte centrali delle quali venne costruita la prima crociera in soli due anni. Data la sua avversione per lo stile gotico, Morandi pretese nei suoi disegni di correggerlo secondo le buone regole dell’antichità classica partendo dagli edifici greci e romani per risolvere tutti i problemi architettonici. *“Per tanto ad avere la degradazione proporzionale delle tre altezze, cioè cappelle, navi piccole e nave di mezzo, egli ricorse alle linee ascendenti del frontone greco, in guisa che tali linee fossero tangenti le curve delle tre volte.”*<sup>13</sup> (4)



**Figura 8** Sezione di S. Petronio con la navata centrale secondo il disegno del Terribilia

Nacque però un nuovo e feroce dissidio in quanto il tipo di volta era considerato troppo depresso e non raccordato con il resto degli interni. Gli avversari più autorevoli del Terribilia furono Carlo Carrazzi, detto il Cremona, e Lorenzo Pisanelli che sostenevano la facciata e l’altezza della navata centrale dovessero trovare le proporzioni nel triangolo equilatero, con uno stile conforme a quello del Duomo di Milano più *tedesco* e archiacuto. Nel loro pensiero la distanza tra ciascun angolo estremo della facciata a livello del terreno e la cima della chiesa doveva essere uguale alla larghezza tra i suddetti angoli. (4) Questa disputa raggiunse livelli tali da richiedere l’intervento del Papa, che *“infastidito all’estremo dai clamori, ordinò che cessasse ogni intenzione di compiere le volte, che si vendessero i materiali accumulati e che la somma ritratta fosse depositata per servire ad altri bisogni della chiesa: e così ogni discussione tacque per molti anni.”*<sup>14</sup> (5)

La questione venne ripresa solo nel 1626 quando vennero approvati i disegni per le volte di Girolamo Rinaldi. Egli propose delle volte di altezza intermedia rispetto a quelle ipotizzate in precedenza mediando tra i due partiti e donando a San Petronio una facciata maestosa e proporzionata. I lavori iniziarono nel

---

<sup>12</sup> **Gatti, A.** La basilica di S. Petronio ed il concorso per la sua facciata, Bologna/Successori Monti, 1887, pag. 23 (4)

<sup>13</sup> **Gatti, A.** La basilica di S. Petronio ed il concorso per la sua facciata, Bologna/Successori Monti, 1887, pag. 25 (4)

<sup>14</sup> **Gatti, A.** La fabbrica di S. Petronio. Indagini storiche (con 18 disegni), Regia tipografia, 1889, pag.25 (5)

1646, dopo aver demolito la porzione realizzata dal Terribilia, e si conclusero nel 1659 con la chiesa che raggiunse l'aspetto che mantiene tutt'oggi. (4)

### 2.1.2 I progetti per il completamento della facciata

Come si evince dalla travagliata storia progettuale della basilica il tema del completamento della sua facciata è sempre stato centrale e spinoso. Nel corso del tempo furono prodotti un vasto numero di disegni nel tentativo di risolvere questa questione e in particolare nel XVI secolo vennero coinvolti alcuni dei più celebri architetti dell'epoca tra cui Baldassarre Peruzzi, Jacopo Barozzi da Vignola, Giulio Romano e Andrea Palladio.

Tali artisti furono chiamati a confrontarsi col preesistente basamento di Antonio di Vincenzo, con la porta maggiore di Jacopo della Quercia e con la particolare forma della soluzione utilizzata per gli estremi laterali della facciata. Infatti, nonostante fossero eminenti esponenti del Rinascimento, caratterizzato dalle rigide regole del classicismo, presentarono delle proposte nello stile gotico che tanto ripudiavano o comunque mantennero gli elementi preesistenti all'interno dei loro disegni.

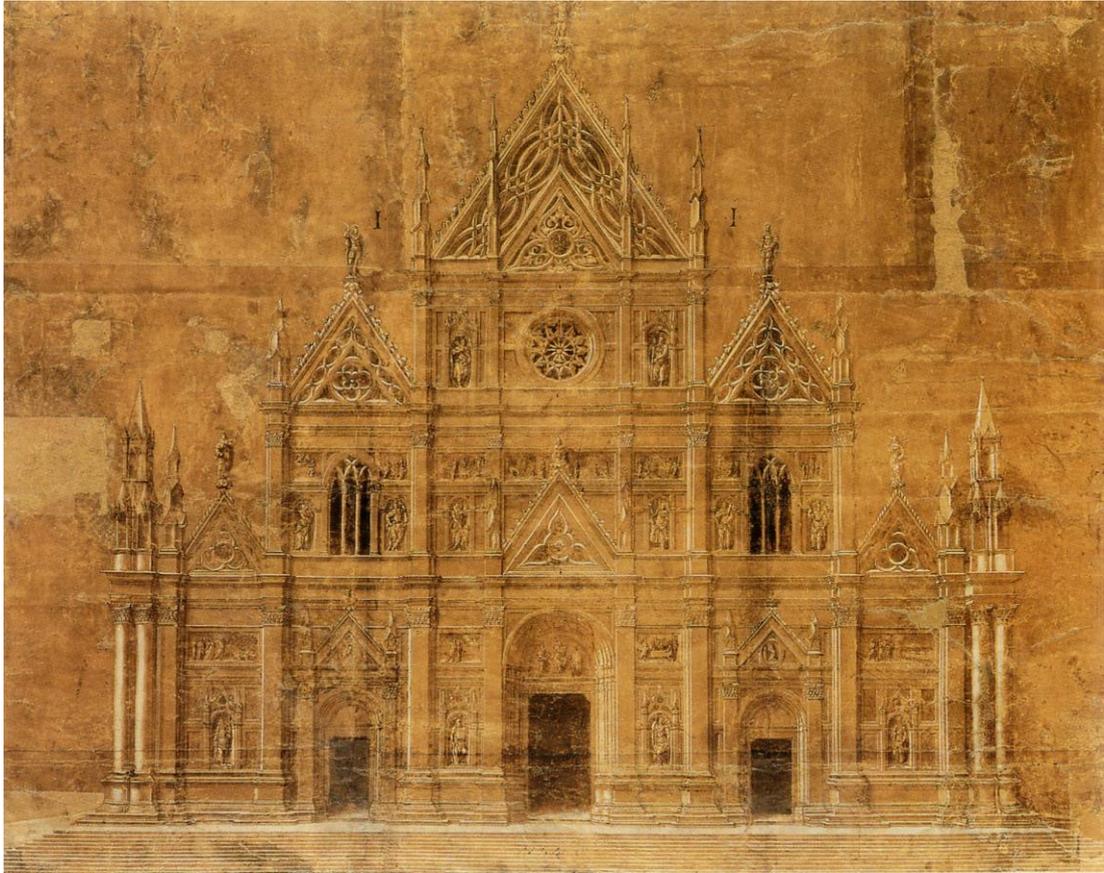
Questo a causa del contesto politico, economico, e ideologico nel quale si trovarono a operare. Da una parte la Fabbrica sosteneva il mantenimento del basamento sia per motivi di costi sia per preoccupazioni di tipo strutturale in quanto demolire la base avrebbe potuto compromettere l'intera struttura. D'altra parte, al tempo era convinzione radicata che le origini di una persona tanto quanto di un edificio fossero di massima importanza poiché contenevano il loro destino e la loro essenza. Per questo si credeva che un edificio fosse da continuare come era stato iniziato senza modifiche significative. (6)

Baldassarre Peruzzi, allievo di Bramante e Raffaello, fu chiamato a Bologna dalla famiglia Bentivoglio e attorno al 1522 realizzò diverse proposte per la facciata. I suoi disegni sono caratterizzati da uno stile gotico esuberante e grandioso ma con una solidità della struttura più vicina al classicismo rinascimentale. (7) La facciata è organizzata su tre livelli e una delle versioni prevedeva anche la realizzazione di un campanile ottagonale attaccato a un angolo della basilica.



*Figura 9* Baldassare Peruzzi. *Proposta per la facciata con campanile ottagonale, Basilica di San Petronio, Bologna, 1522.*

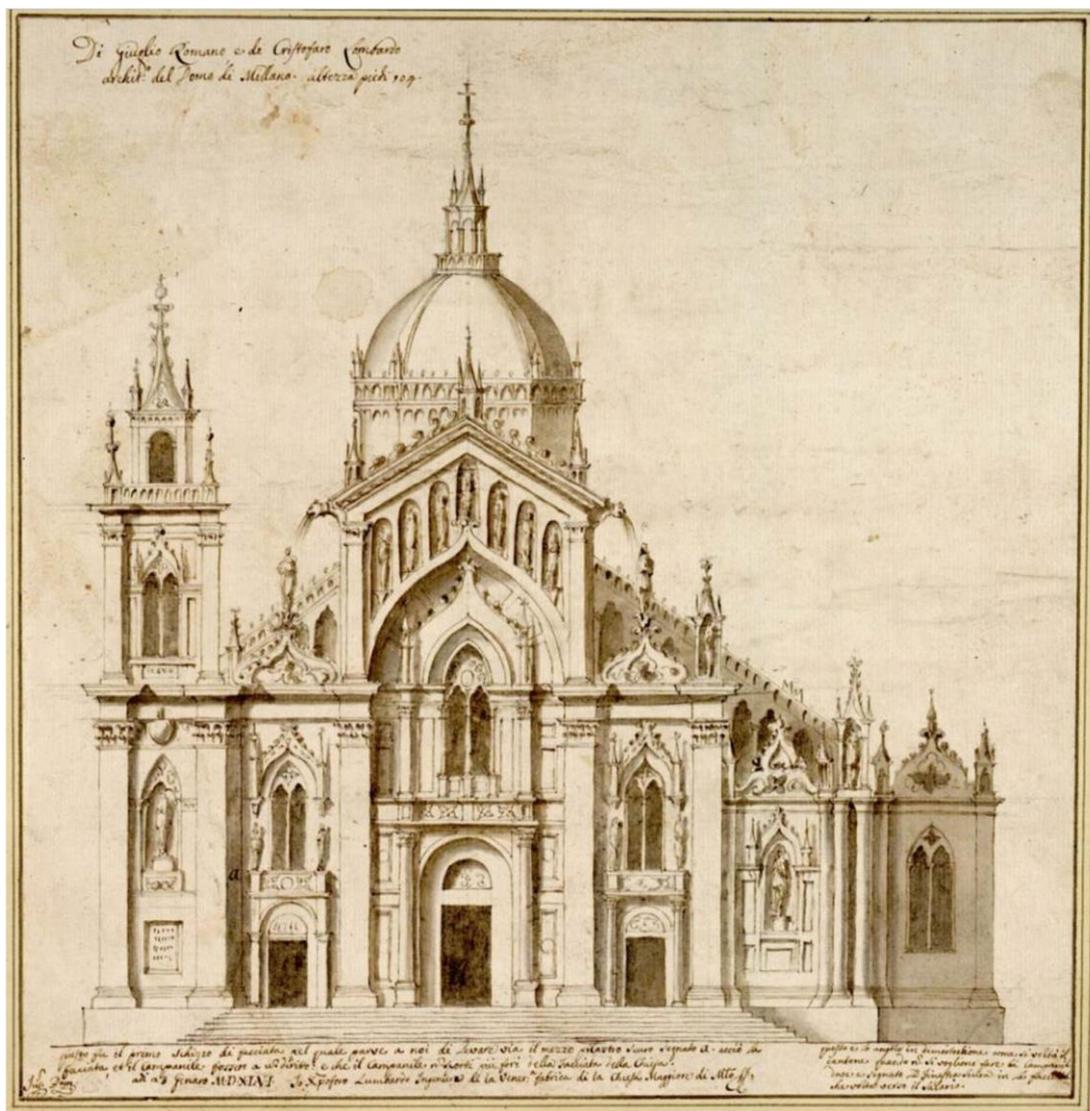
Jacopo Barozzi, autore della *Regola delli cinque ordini d'architettura*, venne eletto ingegnere della Fabbrica nel 1543 aggiungendosi al predecessore Jacopo Ranuzzi, con cui nacquero dissapori e conseguenti ritardi e disordini. (5) Anche lui nei suoi disegni scelse l'esuberante morfologia gotica ma riuscì a confinarla entro una razionalità di strutturazione dell'insieme degna del classicismo, rispettando i fondamenti di equilibrio delle parti e l'ordine delle simmetrie. Influenzata dai progetti di Peruzzi, anche la sua facciata è organizzata su tre livelli con intervallo ritmico, enfatizzando le sue caratteristiche trionfali. (7)



*Figura 10 Jacopo Barozzi da Vignola. Seconda proposta per la facciata, Basilica di San Petronio, Bologna, 1545.*

Giulio Romano, lo studente preferito di Raffaello, fu chiamato a Bologna tra fine 1545 e inizio 1546 per porre fine alle controversie nate dalla rivalità tra Barozzi e Ranuzzi e dare un verdetto sui loro progetti. L'architetto capitolino selezionò la proposta del Vignola ma i documenti andarono persi e non fu possibile prendere una decisione ufficiale.

Il suo disegno per la facciata, realizzato in collaborazione con Cristoforo Lombardo, consiste in una rielaborazione dello stile gotico: una monumentale intelaiatura classicheggiante a cui è sovrapposto un ricco ornato caratterizzato da un vocabolario di forme tipico del tardo medioevo. Peculiare di questa proposta è l'introduzione di una cupola dal profilo gotico. (7)



**Figura 11** Giulio Romano. Proposta per la facciata con due versioni alternative, Basilica di San Petronio, Bologna, 1545.

Nel paragrafo successivo verrà approfondito il contributo di Andrea Palladio nelle vicende della basilica.

## 2.2 I disegni di Andrea Palladio per San Petronio

Come accennato in precedenza Andrea Palladio entrò in scena a Bologna nel 1572 quando fu chiamato dai Fabbricieri per valutare i disegni di Francesco Terribilia e Domenico Tibaldi, che cercarono di unire la logica decorativa di Varignana con la coerenza strutturale introdotta da Peruzzi. L'architetto veneto giudicò positivamente entrambe le proposte suggerendo alcune modifiche, e offrendosi di produrre una sua versione della facciata. (5)

Inizialmente egli insistette per rimuovere tutte le parti di Varignana ma dopo alcune considerazioni, anche di tipo economico, egli suggerì di collaborare con il Terribilia commettendo un errore strategico: per cercare il favore dei committenti mantenne la parte inferiore del basamento e impostò una sorta di

chiesa all'antica nei livelli superiori. In particolare, introdusse pilastri classici ai lati del portale centrale e di quelli laterali, sovrastati da due ordini corinzi progettati in maniera totalmente classica. Così facendo Palladio considerava concettualmente ciò che già era stato costruito come una base rozza su cui elevare una nuova facciata. (6)



**Figura 12** Andrea Palladio e Francesco Terribilia. Proposta per la facciata con mantenimento del basamento esistente (sezione D-D), Basilica di San Petronio, Bologna, 1572

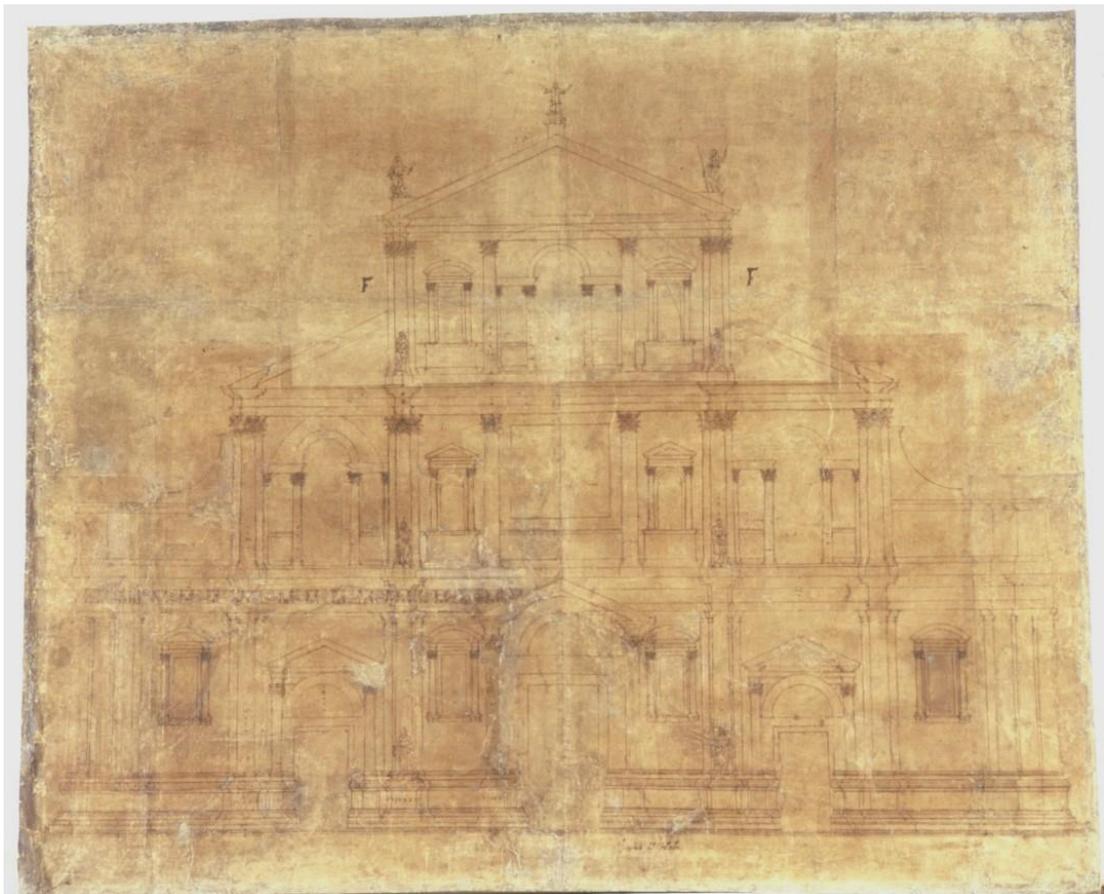
Questa strategia si rivelò vincente e il disegno fu approvato sia dai Fabbricieri che dal Terribilia. Nel 1577 mandò da Venezia le sagome e i disegni dei dettagli, incaricando Morandi di svolgerli in modo da metterli in pratica. Furono persino acquistati materiali e marmi per iniziare i lavori ma nel novembre dello stesso anno un folto gruppo di artisti, architetti e intellettuali attaccò il progetto palladiano criticando aspramente la commistione di architettura medievale e classica. (5) Dunque, i Fabbricieri sospesero l'ordine di esecuzione e il Terribilia si occupò di informare il Palladio dell'accaduto. A questa notizia egli "rispose con assai malumore, dicendo non doversi dare ascolto a chi arrogavasi il diritto di censurare senza aver dato prove di capacità per poterlo fare."<sup>15</sup> (5) Tuttavia la disputa aveva abbastanza scosso l'opinione pubblica tanto da impedire la continuazione dell'opera.

L'architetto veneto decise allora di interrompere la collaborazione con Terribilia ed elaborare un progetto proprio. In un primo momento decise di mantenere il

<sup>15</sup> **Gatti, A.** La fabbrica di S. Petronio. Indagini storiche (con 18 disegni), Regia tipografia, 1889, pag.122 (5)

basamento di Antonio di Vincenzo precludendosi così la possibilità di realizzare un ordine maggiore gigante in quanto sarebbe stato sproporzionato rispetto alle basi esistenti.

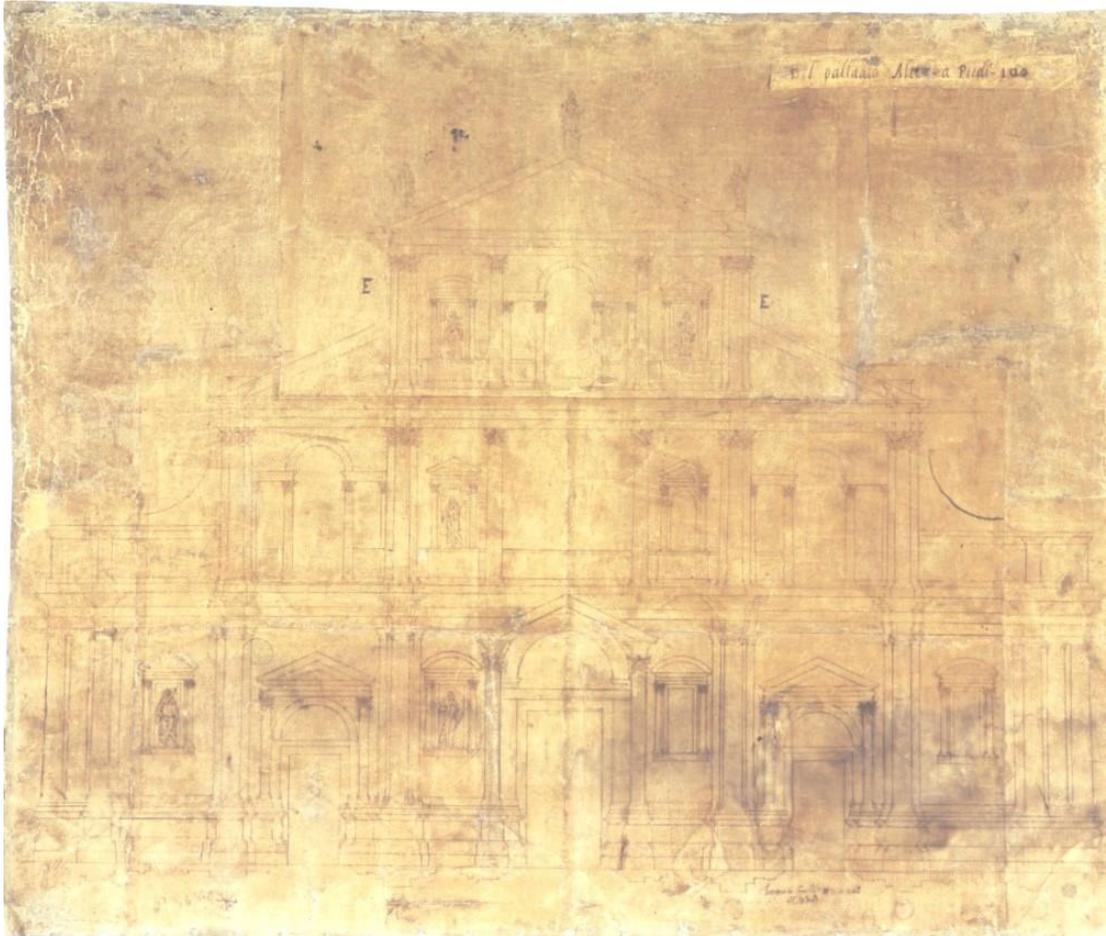
*“Utilizzò tre registri di colonne e pilastri che tracciavano un’impalcatura ben definita, con un buon equilibrio tra elementi orizzontali e verticali. Questa soluzione tiene conto del contesto urbano del progetto: i livelli degli ordini sovrapposti sono stati allineati con quelli di altri due grandi edifici della piazza: le logge del Palazzo dei Banchi, costruito dal Vignola intorno al 1565-1568, e il Palazzo del Podestà della metà del XV secolo.”*<sup>16</sup> (6) Con la stessa impostazione generale realizzò un’altra versione del progetto sostituendo il basamento esistente con due versioni puramente classiche.



**Figura 13** Andrea Palladio. *Proposta per la facciata col basamento di Antonio di Vincenzo (sezione F-F), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578*

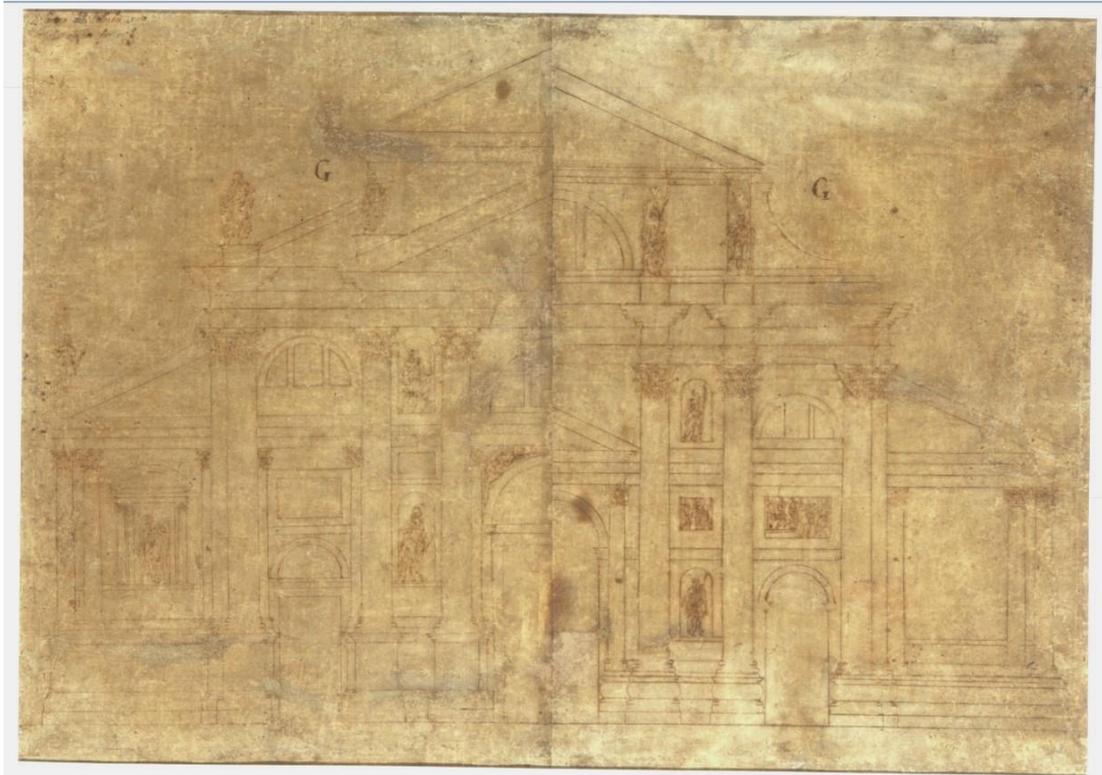
---

<sup>16</sup> **Beltramini, G.** What Was History for Patrons and Architects in Bologna in 1579? Articolo, 2017, traduzione dall’inglese (6)



**Figura 14** Andrea Palladio. Proposta per la facciata con basamenti classici (sezione E-E), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578.

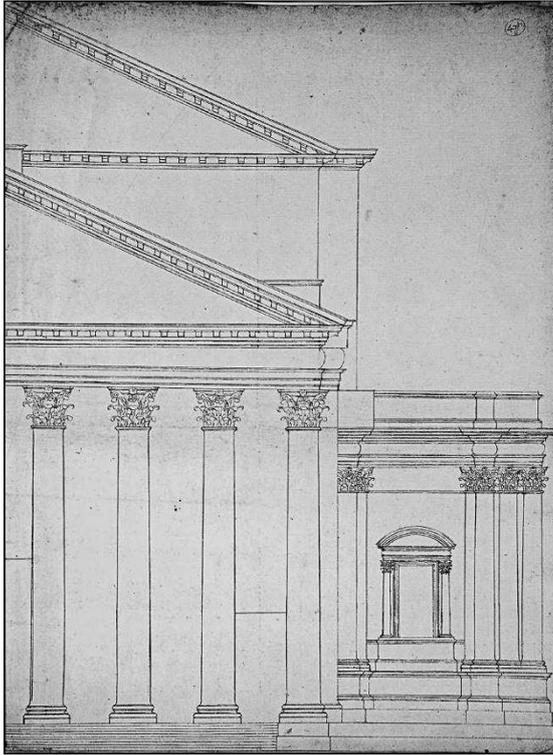
Successivamente Palladio elaborò una serie di proposte non richieste di facciate completamente classiche che avrebbero eliminato ogni elemento del livello inferiore già costruito. Quella più sviluppata presenta due versioni, separate a metà, che cercano un'integrazione all'antica di una navata centrale più alta e di navate laterali più basse. Entrambe le soluzioni presentano un ordine gigante di semicolonne o paraste che sorregge a sinistra un frontone e a destra un attico con finestra termale. L'ordine gigante presenta dimensioni uguali nelle due metà ma quello di sinistra è sostenuto da un alto piedistallo che di conseguenza alza i capitelli rispetto al disegno di destra. Secondo l'opinione di James S. Ackerman questo dislivello porta la metà di destra ad avere una trabeazione eccessivamente alta, motivo per cui la porzione sinistra risulta meglio integrata. (8)



**Figura 15** Andrea Palladio. *Proposta per la facciata con due versioni all'antica (sezione G-G), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578.*

Il progetto finale per la facciata fu realizzato da Palladio quando ormai aveva abbandonato le vie della diplomazia, con l'architetto che sfruttò l'opportunità professionale a Bologna come pretesto per i propri studi sulle facciate delle chiese. (6) Il disegno segue la proposta, diventata popolare al tempo, di apporre un portico davanti alla facciata e prevede l'applicazione di un enorme frontone all'antica al prospetto della basilica. Di questo progetto fu realizzata un'altra versione da parte di un assistente di Palladio, che probabilmente la ultimò troppo frettolosamente date le numerose imprecisioni. L'architetto veneto lavorò comunque in parte al disegno aggiungendo di sua mano alcune misure. (6) Questa copia fu redatta per essere inviata e sottoposta al giudizio di Papa Gregorio XIII che si dimostrò profondamente contrario all'idea proposta.

Il 20 dicembre 1580 i Fabbricieri proclamarono un nuovo invito agli architetti italiani per la facciata di San Petronio, dimostrando come ormai ogni idea di Palladio fosse stata abbandonata. (5)



**Figura 16** Andrea Palladio. *Proposta per la facciata con portico, Worcester College Library, Oxford, 1578-79.*



**Figura 17** Andrea Palladio, architetto. Camillo Azzone, disegnatore. *Proposta per la facciata con portico, Basilica di San Petronio, Bologna, 1579.*

### **3. STRUMENTI E METODOLOGIE: IL PROGETTO PER IL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO DELLA FACCIATA DI SAN PETRONIO**

#### *3.1 Premessa sulle tecniche di rilievo: la fotogrammetria per l'architettura*

In questo elaborato di tesi, per comprendere al meglio il tema fronte della Basilica di San Petronio e attuare una ricostruzione efficace dei disegni palladiani, viene realizzato un rilievo fotogrammetrico della facciata odierna.

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo che rappresenta uno strumento di acquisizione di dati metrici istantaneo e attendibile attraverso l'acquisizione e l'utilizzo di fotografie e senza dover entrare in contatto diretto con l'oggetto di studio. È per questo considerata una procedura accurata di rilevamento e documentazione delle realtà territoriali e costruttive.

Per realizzare un buon rilievo fotogrammetrico e ottenere così un modello della realtà veritiero, è necessario seguire alcune regole:

- È necessario acquisire almeno due immagini, in modo tale da garantire l'associazione di punti comuni
- La creazione di coordinate tridimensionali a partire da coordinate 2D
- Il principio di collinearità, il quale non è altro che la differenza tra i valori di osservazione dell'immagine e quelli ottenuti tramite il processo di bundle adjustment.

Oltre a questi principi base, è importante considerare anche la calibrazione della camera, la quale permette di controllare e correggere gli errori dovuti alla distorsione delle immagini e la conoscenza dei Ground Control Points (GCP), ovvero le distanze che servono per estrarre le informazioni metriche (9).

#### *3.2 La progettazione del processo fotogrammetrico per la facciata della Basilica e la creazione del suo modello tridimensionale*

La facciata della Basilica è un oggetto architettonico estremamente interessante e complesso dal punto di vista del rilievo fotogrammetrico a causa delle sue elevate dimensioni e dal gran numero di dettagli: essa, infatti, è alta 51 metri e larga 60.

Data la complessità dell'oggetto da rilevare e l'impossibilità di realizzare da soli un rilievo di tali dimensioni, il modello fotogrammetrico e la porzione di questo elaborato di tesi ad esso dedicata sono stati realizzati in collaborazione con la collega Carmen Mazzella.

Per restituire in maniera efficace il modello del fabbricato è necessario seguire un iter ben definito, che verrà illustrato nel prossimo paragrafo.

### 3.2.1 Dal Camera Network all'Image Processing

La qualità delle immagini in fotogrammetria è un fattore chiave. L'oggetto architettonico è stato quindi ispezionato e analizzato prima di procedere all'acquisizione delle immagini, poiché la qualità dell'input determina la qualità del risultato. Si è così susseguito un iter preciso:

1. *Preparazione: scelta di attrezzature e accessori; allestimento del photoset.*

È stato necessario scegliere come prima cosa l'attrezzatura adatta per riprendere la parte basamentale del fabbricato in maniera efficace. Si è optato quindi per questi elementi:

- Canon EOS 1300D
- Cavalletto, per garantire stabilità nella ripresa
- ColorChecker Classic da 24 tasselli
- Obiettivo Canon standard 18mm < f < 55mm

Successivamente, per individuare la scala media del fotogramma digitale è stato necessario individuare il valore medio di abbracciamento, ovvero la quantità della realtà ripresa nello scatto fotografico di un pixel. Quindi, si è calcolato l'abbracciamento totale e successivamente suddiviso per il numero di pixel. Il risultato ottenuto fornisce le dimensioni nella realtà del pixel (Ground Sample Distance) (5). La definizione della Ground Sample Distance<sup>17</sup> (GSD) permette di

## Camera Calibration

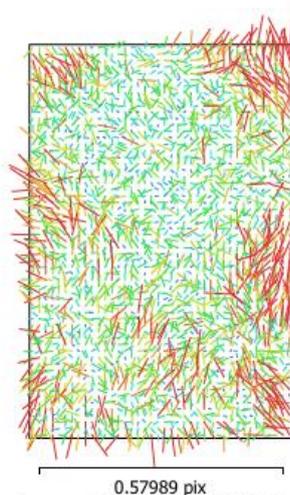


Fig. 2. Image residuals for Canon EOS 1300D, EF-S18-55mm f/3.5-5.6 III (55mm).

### Canon EOS 1300D, EF-S18-55mm f/3.5-5.6 III (55mm)

225 images, precalibrated

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
<i>Figura 18 Camera Calibration per una macchina fotografica Canon 1300D</i>			

<sup>17</sup> L'equazione che definisce il calcolo del GSD è:  $GSD = \frac{\text{distanza dall'oggetto} \times \text{larghezza del pixel}}{\text{lunghezza focale}}$ , dove  $\text{larghezza del pixel} = \frac{\text{larghezza del sensore}}{\text{numero dei pixel}}$

identificare il livello di dettaglio e di precisione del rilievo. Considerando le dimensioni del manufatto e le condizioni di ripresa, dopo alcuni tentativi, si è stabilita una GSD di circa 2mm. Ciò ha imposto una distanza di acquisizione costante di 25m per quanto possibile. Prima dell'allestimento del photoset, è stato necessario effettuare la calibrazione della camera senza ripresa di target, ma tramite specifiche riprese di un'area fortemente caratterizzata dell'oggetto da ricostruire. La calibrazione della camera è fondamentale per aumentare la precisione dell'allineamento camere e della triangolazione fotogrammetrica (9).

Ottenuto quindi il valore della calibrazione, si è proceduto con l'allestimento dei set.

2. *Ripresa delle immagini: impostazioni della fotocamera; posizioni della fotocamera.*

Le riprese sono state effettuate nelle giornate del 25, 26, 27 luglio 2023. e le fotografie sono state tutte salvate in camera in formato RAW. Le immagini sono state estratte seguendo un percorso emiciclico studiato appositamente per riprendere il manufatto.

A causa delle condizioni metereologiche e di riflessione della superficie del materiale del basamento, sono stati realizzati 27 SET con queste caratteristiche:

*Riprese 25 luglio 2023*

<b>SET</b>	<b>Posizione</b>	<b>ISO</b>	<b>Apertura</b>	<b>Tempi</b>	<b>Distanza in piano [m]</b>
1	perpendicolare	400	F 11	1/40	25
2	perpendicolare	400	F 13	1/30	25
3	perpendicolare	100	F 14	1/40	25
4	scorciato 20° dx, H 15°	100	F 14	1/40	25
5	scorciato 20° dx, H 30°	100	F 14	1/40	25
6	scorciato 20° dx, H 30°	100	F 14	1/40	25
7	scorciato 20° dx, H 15°	100	F 14	1/40	25
8	Non scorciato sx, H 15°	100	F 14	1/40	25
9	scorciato 20° sx, H 15°	100	F 14	1/40	25
10	scorciato 20° sx, H 15°	100	F 14	1/40	25
11	scorciato 20° sx, H 15°	100	F 14	1/40	25
12	scorciato 20° sx, H 15°	100	F 14	1/40	25

*Riprese 26 luglio 2023*

<b>SET</b>	<b>Posizione</b>	<b>ISO</b>	<b>Apertura</b>	<b>Tempi</b>	<b>Distanza in piano [m]</b>
13	Angolo a sinistra; perpendicolare	100	F 13	1/40	25
14	Angolo a sinistra; perpendicolare	200	F 13	1/40	25
15	Angolo a sinistra; perpendicolare	100	F 13	1/40	25
16	Angolo a sinistra; H 15°	100	F 13	1/40	25
17	Angolo a sinistra; H 30°	100	F 13	1/40	25
18	Perpendicolare frontale	100	F 14	1/40	25
19	Perpendicolare scorcio 20° da dx a sx	100	F 14	1/40	25
20	Perpendicolare scorcio 20° da sx a dx	100	F 14	1/40	25

*Riprese 27 luglio 2023*

<b>SET</b>	<b>Posizione</b>	<b>ISO</b>	<b>Apertura</b>	<b>Tempi</b>	<b>Distanza in piano [m]</b>
21	Frontale	100	F 14	1/40	25
22	Frontale	100	F 14	1/40	25
23	Inclinato verso l'alto di 18°	100	F 14	1/40	25
24	Inclinato verso l'alto di 30°	100	F 14	1/40	25
25	Inclinato verso l'alto di 40°	100	F 14	1/40	25
26	calibrazione	100	F 14	1/40	25
27	Inclinazione in basso	100	F 16	1/60	25



- BLUE ANGOLI MOLTO ALTI - POCO SPAZIO → RIENTRANTE PROFONDE ANGOLI  
 ↳ POCO SPAZIO PER RITRARE + DANI DA RIMUOVERE POSTI

**Figura 19** Google Maps, screen di Piazza Maggiore e della Basilica di San Petronio. Progettazione delle riprese.

Nell'immagine soprastante vengono indicate in viola le ipotesi dei primi due percorsi di ripresa. Essi risultano essere molto vicini alla facciata e per questo sono stati scartati. Una volta calcolato il giusto GSD, è stato ipotizzato il percorso verde acqua, a circa 25 m di distanza dalla facciata. In azzurro vengono indicati i percorsi emiciclici utilizzati per riprendere gli angoli cerchiati in rosso, poiché elementi difficili da ritrarre. Vengono anche segnalate le distanze tra il fabbricato e l'edificio circostante. A causa della poca distanza dagli altri manufatti, sono stati realizzati dei set specifici per la risoluzione del problema degli angoli.



**Figura 20** Utilizzo del ColorChecker alla fine di un set di ripresa

È stato utilizzato un ColorChecker alla fine di ogni set di ripresa, in maniera tale da garantire una riproduzione corretta del modello anche dal punto di vista colorimetrico.

Per ogni SET è stato necessario impostare manualmente valori di ISO, apertura e tempi, cercando di non catturare immagini sovraesposte o sottoesposte. L'utilizzo del cavalletto ha permesso di mantenere un focus puntuale dell'oggetto architettonico. Inoltre, le riprese sono state effettuate ad orari strategici della giornata per evitare di avere elementi della facciata esposti alla luce diretta e problemi di riflessione, i quali possono poi compromettere la realizzazione del modello finale.

Per avere un risultato accurato, si è mantenuta una sovrapposizione degli scatti pari o superiore al 70% e una inclinazione della camera che non risultasse superiore ai 30°. Ciò ha

permesso di coprire completamente il basamento in marmo con circa 500 scatti, mantenendo una distanza dalla facciata di circa 25 metri.

### 3. Post-elaborazione delle fotografie

Una volta ottenute le immagini, queste sono state poi elaborate per la correzione del colore e il bilanciamento del bianco attraverso l'uso del software Shaft, il quale ricalibra i colori delle fotografie utilizzando la ripresa con il ColorChecker scattata alla fine di ogni SET. Questo programma opera in maniera iterativa nei calcoli del  $\Delta E_{00}^*$ <sup>18</sup>, il quale fornisce un valore numerico come output. Il valore minimo è 0, il quale indica una accuratezza colorimetrica elevata. In architettura il massimo valore ammesso di  $\Delta E_{00}^*$  è 3.

Le nuove immagini così ottenute sono poi state utilizzate per la realizzazione del modello.

#### 3.2.2 Dalla nuvola di punti al modello texturizzato

Il modello fotogrammetrico è stato realizzato tramite l'utilizzo del software Agisoft Metashape. Questo programma utilizza la tecnologia Structure From Motion (SFM) che elabora le fotografie e individua l'orientamento delle camere tramite l'utilizzo di pochi pixel per immagine e calcolando gli orientamenti esterni tramite elementi omologhi. Successivamente, le coordinate in due dimensioni dei "tie points" (i punti omologhi delle immagini) localizzati

<sup>18</sup>  $\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C' \Delta H'}{K_C S_C K_H S_H}$

all'interno delle immagini sono importate in un algoritmo di bundle adjustment. Quest'ultimo calcola, usando il modello matematico di collinearità, i parametri di orientamento esterno delle camere e le coordinate 3D dei tie points misurati, cercando di limitare il più possibile gli errori di riproiezione<sup>19</sup> (9). Si ottiene in questo modo una nuvola di punti che verrà utilizzata per l'effettiva creazione del modello. L'elaborazione di quest'ultima permette la realizzazione di una mesh poligonale del fabbricato, la quale viene poi lisciata e rifinita. La fase finale del processo fotogrammetrico del basamento prevede la realizzazione di una texture da applicare poi alla mesh. Poiché le riprese non sono avvenute nella stessa giornata, non è stato possibile ottenere da subito una texture uniforme. È stato quindi necessario selezionare alcune fotografie problematiche e modificarle tramite l'uso di un software di foto-miglioramento: in questo modo è stato possibile realizzare una tessitura uniforme e veritiera per il modello.

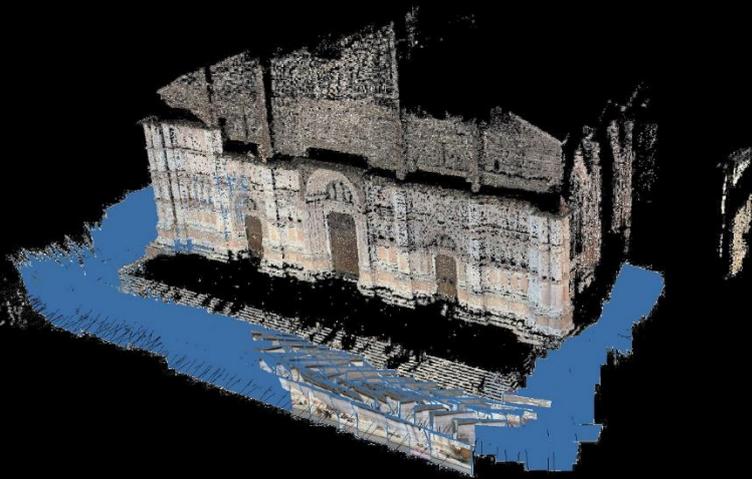
Lo stesso procedimento di acquisizione delle immagini e produzione della mesh illustrato nei sottoparagrafi precedenti è stato realizzato per la parte sommitale della facciata. In questo caso per le riprese è stato utilizzato un drone con un output di immagini in formato jpeg. Ciò ha permesso la realizzazione di un modello di qualità inferiore rispetto a quello realizzato per il basamento. Per questo si è optato per eliminare la parte basamentale dal modello ottenuto dal drone e di unire la parte sommitale tramite l'uso di markers al precedente modello realizzato con la macchina fotografica. La mesh ottenuta è stata poi scalata e georeferenziata, ottenendo così un modello accurato e veritiero della facciata di San Petronio. Da quest'ultimo è stata estratta un'ortofoto, ovvero un'immagine del modello metricamente corretta e non falsata da distorsioni prospettiche. Così facendo si è ottenuto il prospetto frontale della facciata, che verrà utilizzato nei capitoli successivi come paragone e confronto nell'analisi dei disegni autografi di Palladio.

Nelle pagine successive sono riportate delle tavole con lo scopo di illustrare il processo di rilievo fotogrammetrico e i risultati ottenuti.

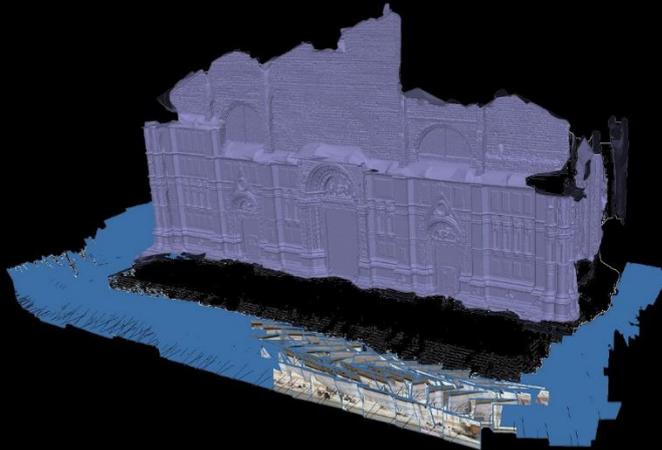
---

<sup>19</sup> **Errore di riproiezione:** è la distanza euclidea tra un punto dell'immagine misurato manualmente o automaticamente e la posizione retroproiettata del punto 3D corrispondente nella stessa immagine (9)

## Fotogrammetria: rilievo e creazione del modello del basamento



Orientamento delle camere e creazione della **nuvola di punti**



Creazione della **mesh poligonale**



Mesh poligonale con texture originale

## Fotogrammetria: modello texturizzato

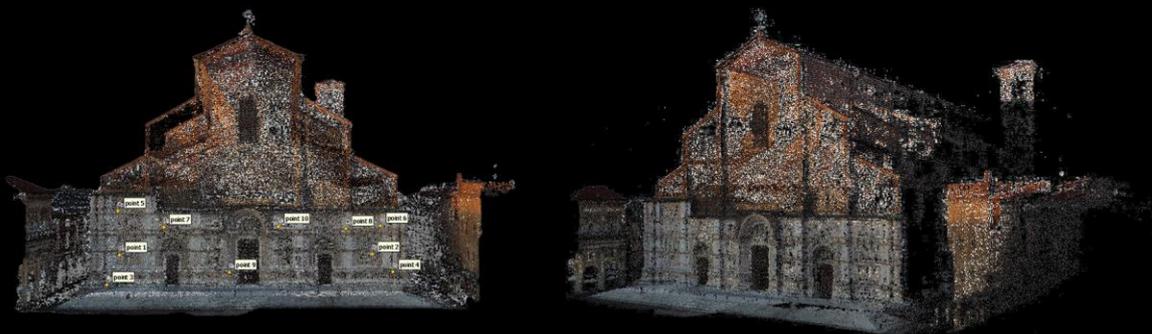


Lisciatura e affinamento del modello.  
Texture originale.



Texture realizzata dopo aver selezionato le immagini ideali e aver corretto le altre con un software di fotoritocco per rendere il tutto più omogeneo.

## Fotogrammetria: modello della parte sommitale della facciata realizzato tramite riprese effettuate con drone



Nuvola di punti realizzata a partire dalle riprese aeree. Sono stati evidenziati i **markers**, che permettono l'unione con il basamento realizzato con una Canon 1300D



Orientamento delle camere



Modello texturizzato con markers in evidenza

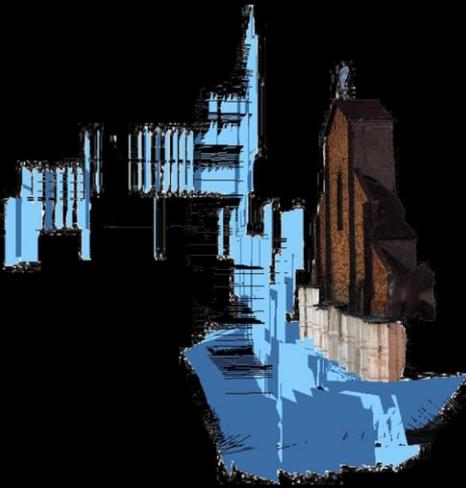
Vista laterale del modello texturizzato con eliminazione della parte basamentale



## Fotogrammetria: unione dei modelli



Nuvola di punti dell'unione dei due modelli. Sono stati evidenziati i **markers** che permettono l'unione con il basamento realizzato con una Canon 1300D



Orientamento delle camere del modello completo



Modello completo texturizzato con markers in evidenza

Vista laterale del modello completo texturizzato



Fotogrammetria: ortofoto



Ortofoto estratta  
dal modello finale

## 4. LA RESTITUZIONE BIDIMENSIONALE DEL CORPUS DI DISEGNI PALLADIANI PER LA FACCIATA DI SAN PETRONIO

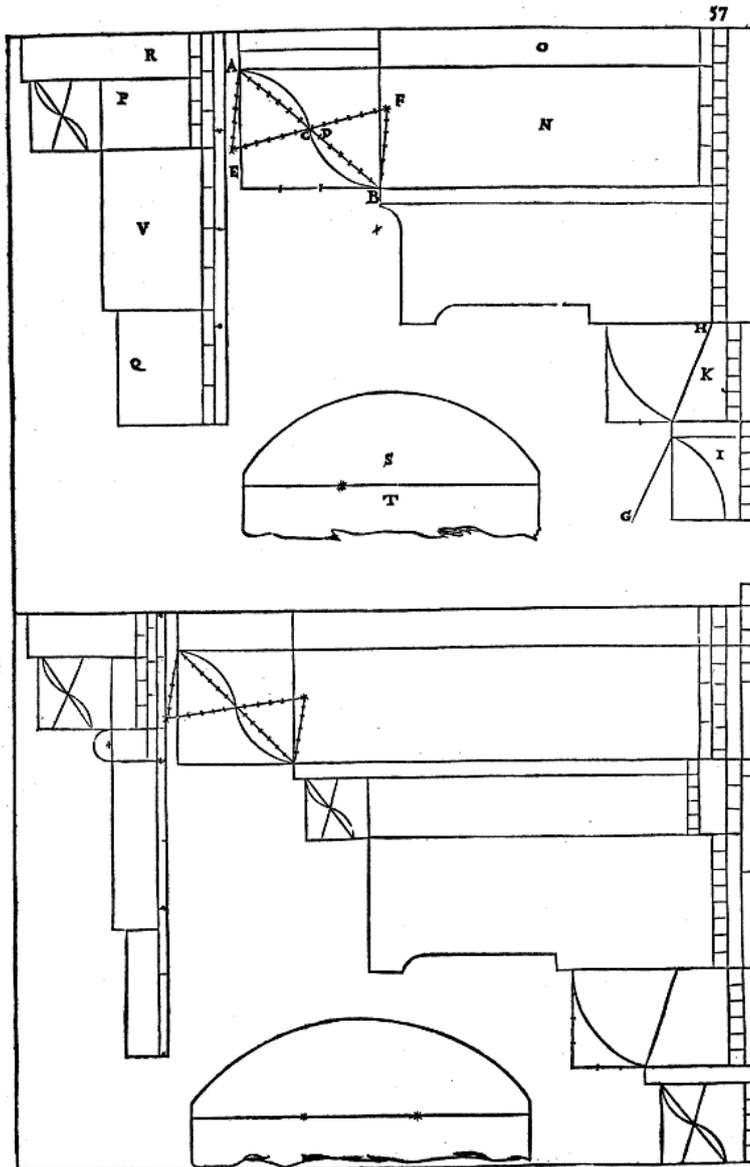
### 4.1 *Il metodo di ricostruzione seguito e l'utilizzo del trattato palladiano*

Il processo di ricostruzione dei progetti di Andrea Palladio per San Petronio è iniziato con una fase di restituzione bidimensionale attraverso i metodi tradizionali del disegno. Questo processo è stato realizzato tramite un *software* CAD e si è articolato in due principali livelli di analisi e ricostruzione.

Il primo livello ha riguardato la fonte primaria ovvero i disegni originali conservati nel Museo di San Petronio all'interno della stessa basilica. Da questi è stato possibile ricavare lo schema organizzativo generale delle facciate, ricalcando le linee principali, regolarizzando le porzioni più approssimate e completando quelle mancanti. Tuttavia non è stato sufficiente riprodurre le linee tracciate da Palladio: infatti la scala dei disegni non consente un rilevamento preciso delle dimensioni di elementi fini come le cornici e le parti relative agli ordini. A questo va aggiunta la progressiva scoloritura dell'inchiostro che impedisce di vedere chiaramente varie parti dei disegni generando un ulteriore grado di ambiguità.

Il secondo livello di analisi e ricostruzione è stato necessario per superare proprio questi limiti insiti nei manufatti oggetto di studio e si è avvalso del confronto con la produzione scritta palladiana, in particolare con il trattato fondamentale *I Quattro Libri dell'Architettura*. All'interno di quest'opera Palladio esemplifica separatamente i vari ordini architettonici e presenta un vasto catalogo di soluzioni di dettaglio utili per avere una restituzione completa e precisa dei suoi progetti. Partendo dallo studio dei disegni originali per San Petronio, sono stati selezionati i profili e i dettagli più coerenti e plausibili per ogni progetto. Successivamente ogni elemento è stato ricostruito seguendo le misure indicate nel trattato e che fanno sempre riferimento al modulo di base (diametro del fusto della colonna alla base). Per quanto riguarda la costruzione geometrica delle cornici sono state utilizzate le regole contenute nel Primo Libro e che si basano sull'utilizzo di circonferenze. In maniera analoga sono state ricostruite le parti che compongono gli ordini e che seguono regole di proporzioni specifiche anch'esse contenute nel Primo Libro.

In questo modo è stato possibile ottenere degli oggetti che opportunamente scalati possono essere utilizzati ogni qual volta sia necessario inserirli all'interno dei disegni. Questo tipo di ottimizzazione, realizzabile nel disegno solo con metodi digitali, rispecchia totalmente lo spirito dei Quattro Libri in cui un insieme limitato di elementi definiti a priori possono essere combinati in maniera differente nella creazione del progetto dell'edificio



**Figura 21** Primo Libro, pag.57. Costruzione geometrica delle cornici

## 4.2 *Disegno sezione D-D, indicizzato 64: il processo di ricostruzione 2D*

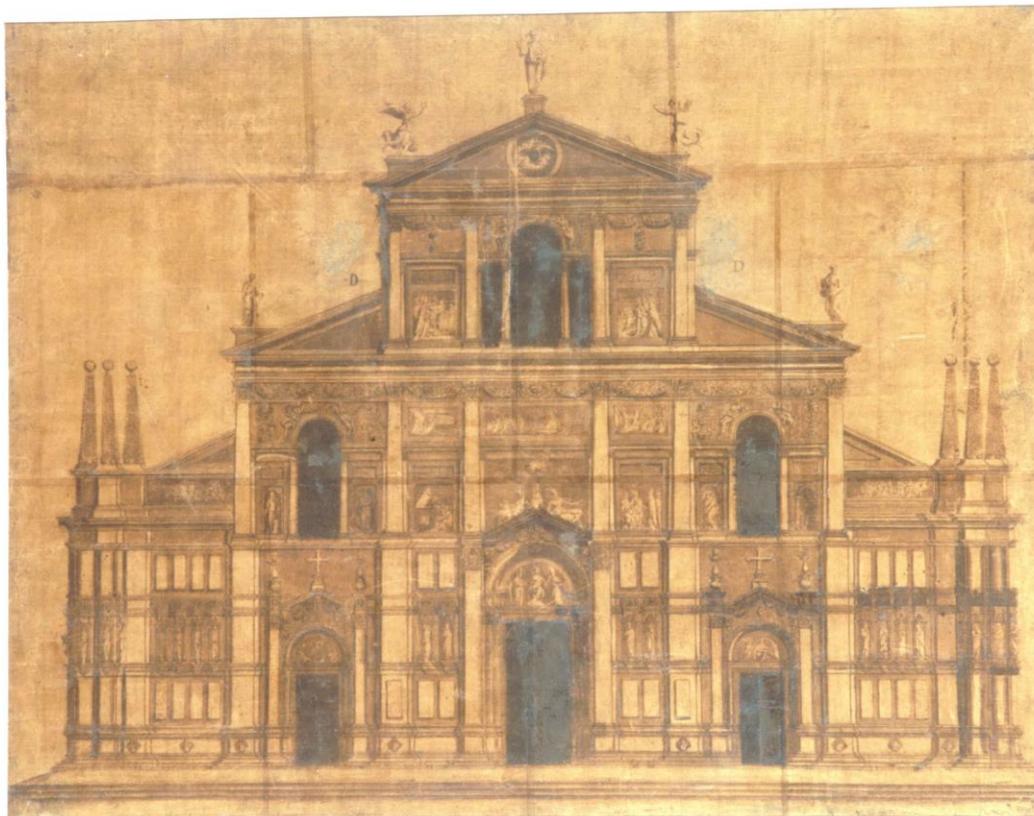
### 4.2.1 Presentazione del disegno e delineatura dello schema generale della facciata

Il primo disegno oggetto di studio (sezione D-D, indicizzato 64) è stato quello realizzato da Palladio nel 1572 in collaborazione con Francesco Terribilia. Come descritto nel secondo capitolo questa proposta è caratterizzata dal mantenimento quasi integrale del basamento in stile gotico già costruito al tempo e sul quale l'architetto veneto innalza due livelli di ordini corinzi progettati in maniera totalmente classica, in contrapposizione con la porzione esistente.

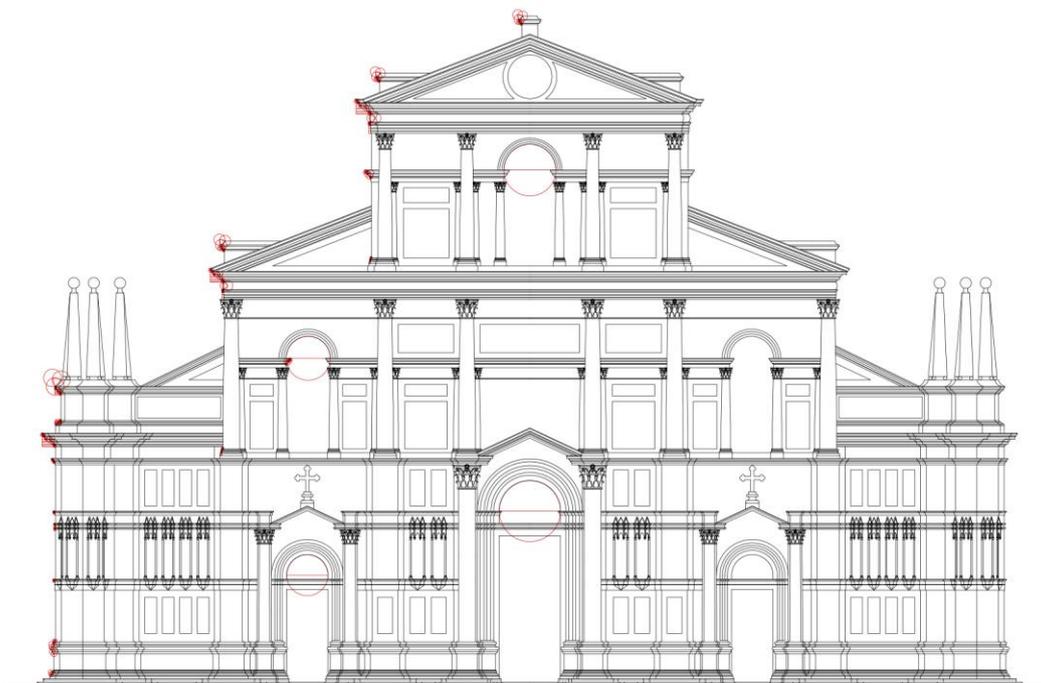
In una fase preliminare la versione digitale del disegno originale è stata modificata con un software di ritocco fotografico per aumentarne il contrasto e meglio evidenziarne le linee, spesso difficilmente visibili a causa dello scolorimento progressivo dell'inchiostro e dall'usura del foglio. Successivamente il disegno è stato inserito in Autodesk AutoCAD, il software CAD utilizzato per la ricostruzione 2D, dove è stato opportunamente scalato a partire dalle dimensioni della basilica esistente.

A questo punto sono state individuate e ricalcate le linee principali del disegno che definiscono lo schema organizzativo generale e che dividono il progetto in livelli e porzioni distinte. Tuttavia, come sottolineato nel paragrafo introduttivo di questo capitolo, per completare la restituzione del disegno nel dettaglio è stato fondamentale confrontarlo con le soluzioni presentate da Palladio ne *Quattro Libri dell'Architettura* individuando i riferimenti più coerenti per ricostruire ogni elemento.

**Restituzione bidimensionale:** disegno 64. Confronto tra il disegno di Andrea Palladio e la sua ricostruzione geometrica



**Andrea Palladio e Francesco Terribilia.** Proposta per la facciata con mantenimento del basamento esistente (sezione D-D), indicizzato 64, Basilica di San Petronio, Bologna, 1572



**Ricostruzione geometrica** del disegno originale con costruzioni ed elementi di dettaglio realizzati consultando i "Quattro libri dell'architettura". Il disegno è stato inizialmente realizzato in scala 1:20. Per questioni di impaginazione è stato riportato in scala 1:500.

#### 4.2.2 Riferimenti selezionati e relative costruzioni geometriche

Analizzando il disegno e consultando le pagine del trattato palladiano è stato possibile definire univocamente e rappresentare gli elementi architettonici che compongono la facciata associando ad ognuno un riferimento da seguire:

- Colonne e paraste corinzie: sono state disegnate a partire dalle regole contenute nel Primo Libro, che definiscono le proporzioni tra le parti con riferimento al modulo di base (diametro della colonna alla base del fusto). Anche la costruzione del capitello corinzio ha seguito queste regole e in particolare il disegno situato a pagina 43 del Primo Libro.
- Trabeazioni sovrastanti i due livelli di ordini corinzi e cornici laterali sovrastanti la porzione di facciata esistente: sono state ricavate a partire dalle indicazioni e misure contenute nel Quarto Libro (pag. 84) per le trabeazioni appartenenti al Pantheon, una delle architetture classiche predilette da Palladio.
- Trabeazioni delle serliane: questi elementi sono stati definiti con riferimento alla soluzione utilizzata da Palladio per la Basilica Palladiana e descritta nel Terzo Libro (pag. 43).
- Basamenti che sorreggono gli obelischi: sono stati disegnati seguendo le quote e istruzioni presenti nel Primo Libro (pag. 41) per quel che riguarda i basamenti tipici dell'ordine corinzio.

Date le caratteristiche del progetto in analisi è stato necessario prendere come riferimento centrale anche un'opera estranea a quella palladiana, ovvero la basilica di San Petronio esistente e gli elementi decorativi realizzati nel tempo per la porzione bassa della facciata. A partire da questo riferimento, e con l'ausilio dell'ortofoto estrapolata in precedenza dal modello fotogrammetrico sono stati ricavati diversi elementi di dettaglio come le nicchie, le cornici presenti nella parte sottostante i due ordini classici e i portali laterali e centrale. Ci sono stati poi alcuni elementi di maggiore ambiguità che sembrano indicare una leggera reinterpretazione da parte di Palladio di alcune porzioni del fronte esistente: il basamento sottostante ai pilastri di facciata pare leggermente addolcito nelle forme rispetto l'originale e i piloni d'angolo sembrano adottare una forma circolare a discapito di quella più complessa e spigolosa esistente. È tuttavia possibile che queste ambiguità siano frutto di imprecisioni insite del disegno o del rilievo effettuato al tempo.

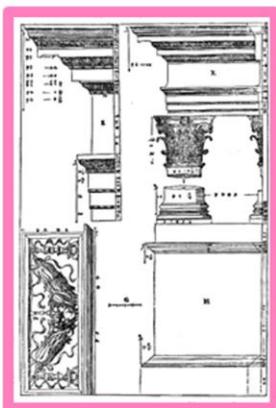
Le poche porzioni dell'elaborato ancora non restituite sono state completate ricalcando e regolarizzando le linee del disegno, anche in relazione agli elementi già ricostruiti.

Tutti i dettagli e i profili sono stati realizzati tramite costruzioni geometriche semplici e basate principalmente sull'utilizzo di circonferenze, come mostrato nelle tavole di approfondimento grafico che seguono nelle prossime pagine.

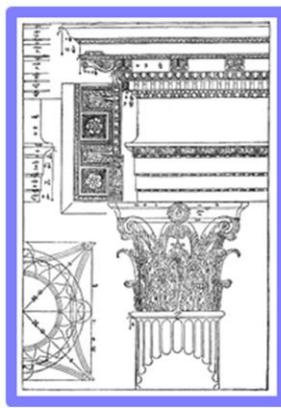
## Restituzione bidimensionale: disegno 64. Riferimenti e interpretazione



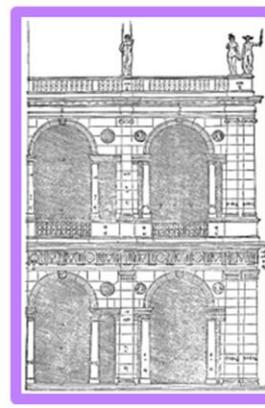
**Ricostruzione geometrica** del disegno originale con rappresentazione a colori di ogni riferimento utilizzato. Il disegno è stato realizzato in scala 1:20 ma riportato in scala 1:500 per motivi di impaginazione.



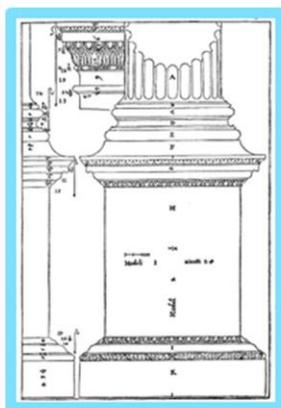
Libro IV, pag. 84



Libro I, pag. 43



Libro III, pag. 43



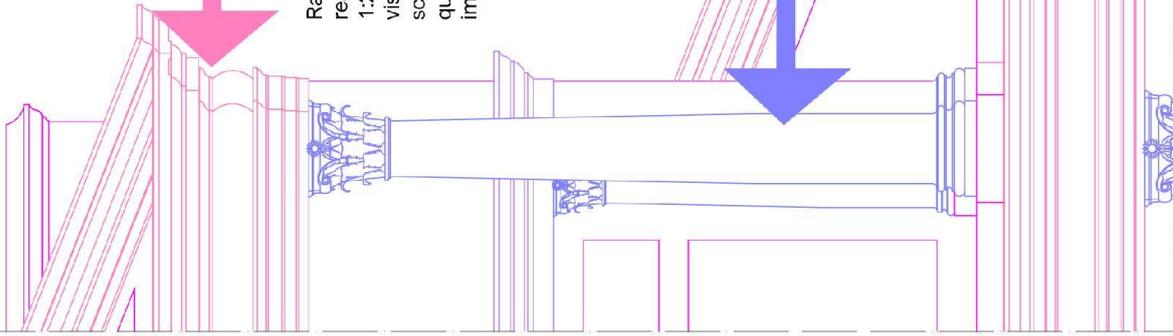
Libro I, pag. 41



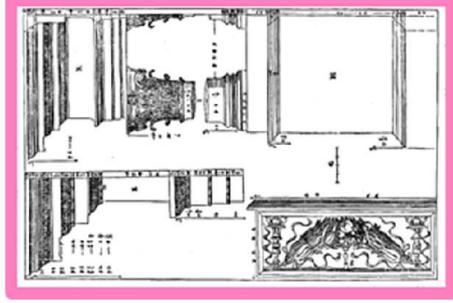
Facciata esistente di San Petronio

# Restituzione bidimensionale: disegno 64. Dettagli delle costruzioni geometriche e dei riferimenti

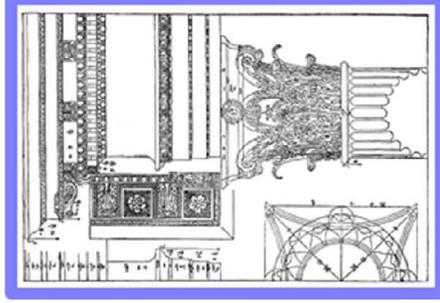
● Elementi costruiti tramite interpretazione del disegno.



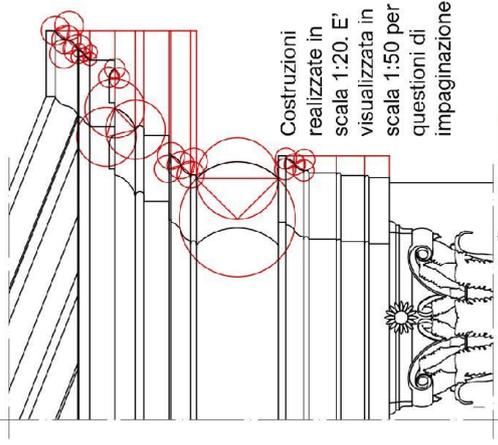
Rappresentazione realizzata in scala 1:20. E' visualizzata in scala 1:100 per questioni di impaginazione.



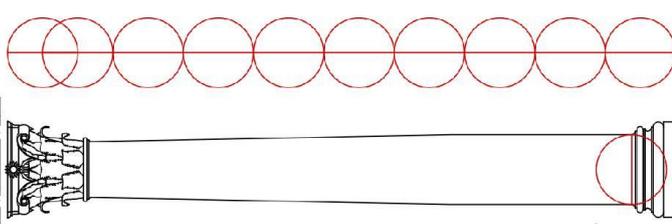
Libro IV, pag. 84



Libro I, pag. 43



Costruzioni realizzate in scala 1:20. E' visualizzata in scala 1:50 per questioni di impaginazione

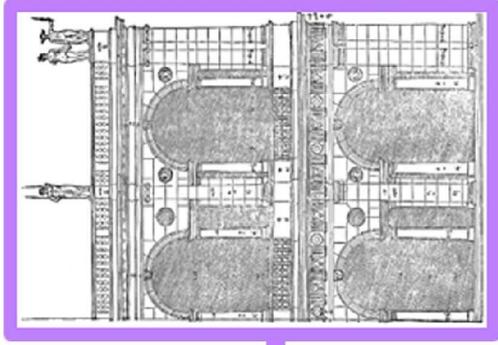


Costruzioni realizzate in scala 1:20. E' visualizzata in scala 1:100 per questioni di impaginazione

# Restituzione bidimensionale: disegno 64. Dettagli delle costruzioni geometriche e dei riferimenti

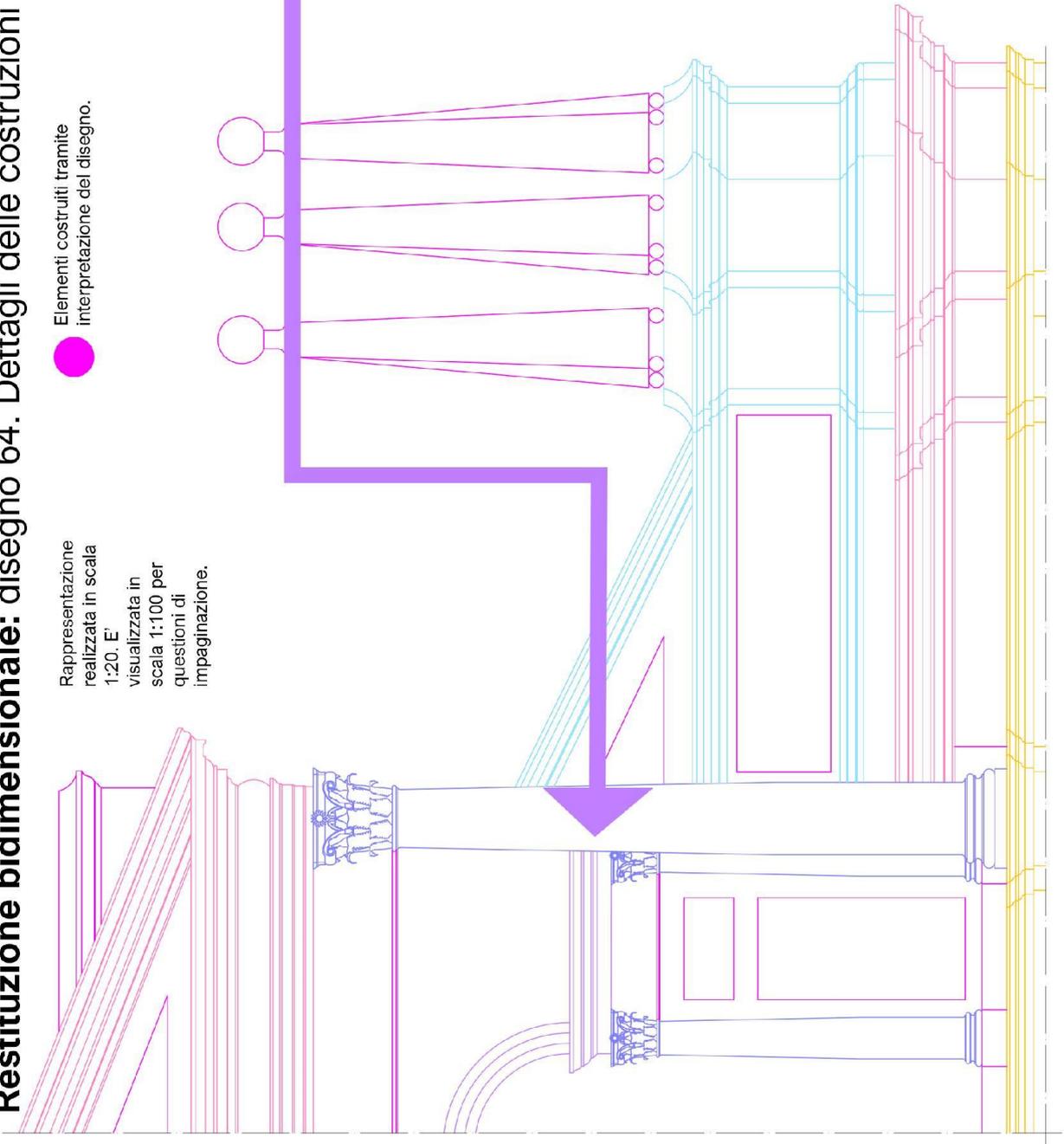
Rappresentazione realizzata in scala 1:20. E' visualizzata in scala 1:100 per questioni di impaginazione.

● Elementi costruiti tramite interpretazione del disegno.



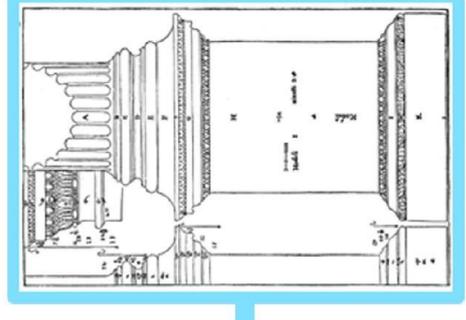
Libro III, pag. 43

Costruzioni realizzate in scala 1:20. E' visualizzata in scala 1:50 per questioni di impaginazione



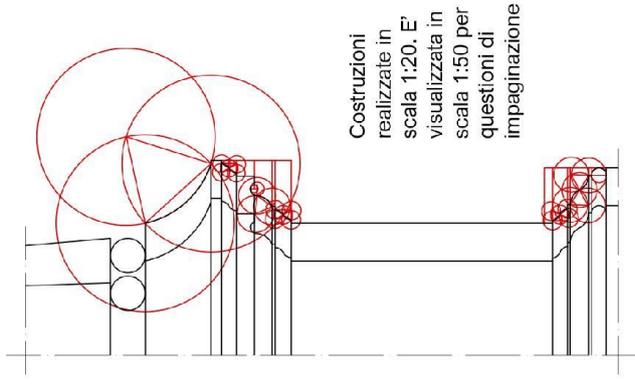
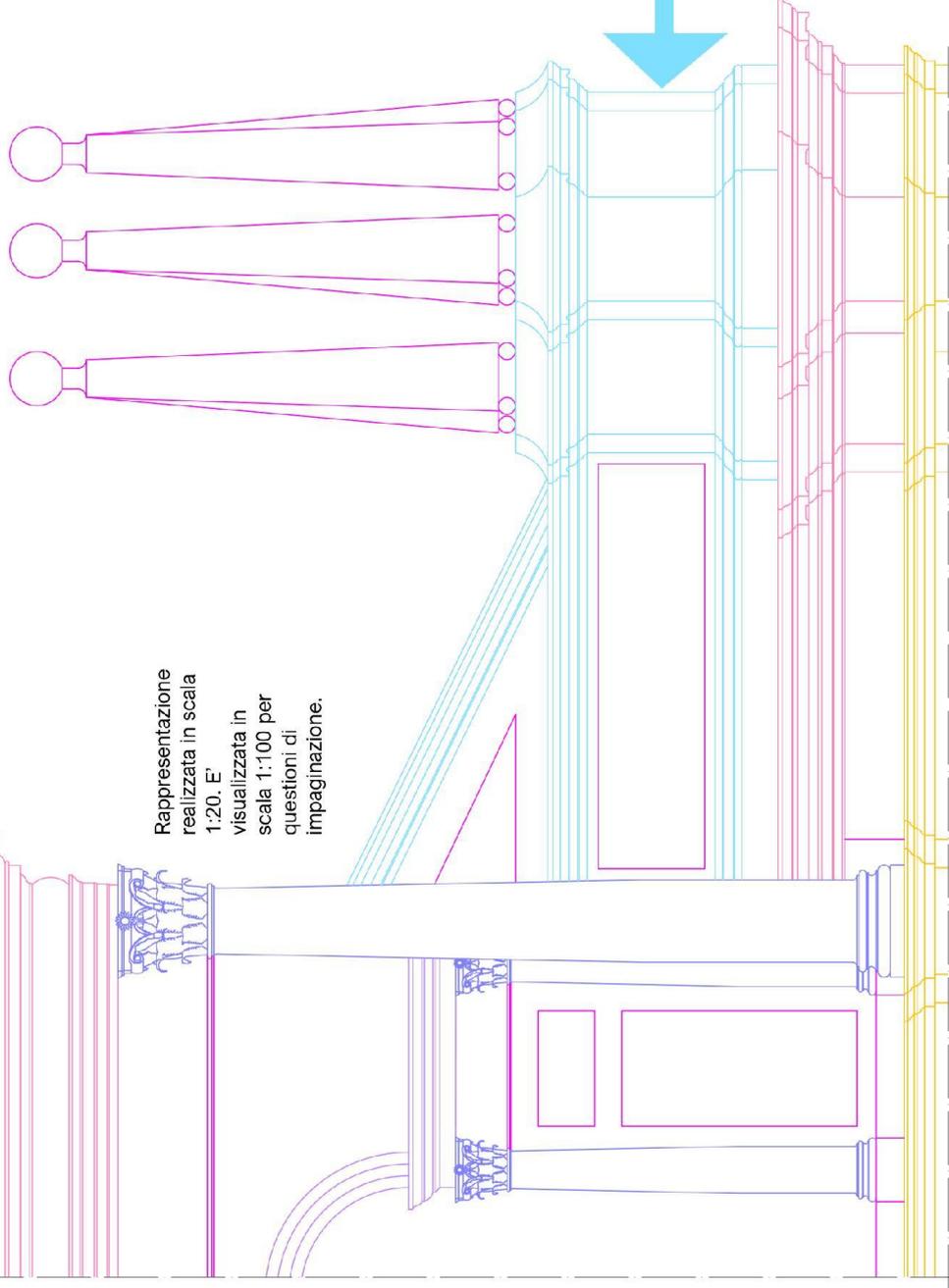
# Restituzione bidimensionale: disegno 64. Dettagli delle costruzioni geometriche e dei riferimenti

● Elementi costruiti tramite interpretazione del disegno.



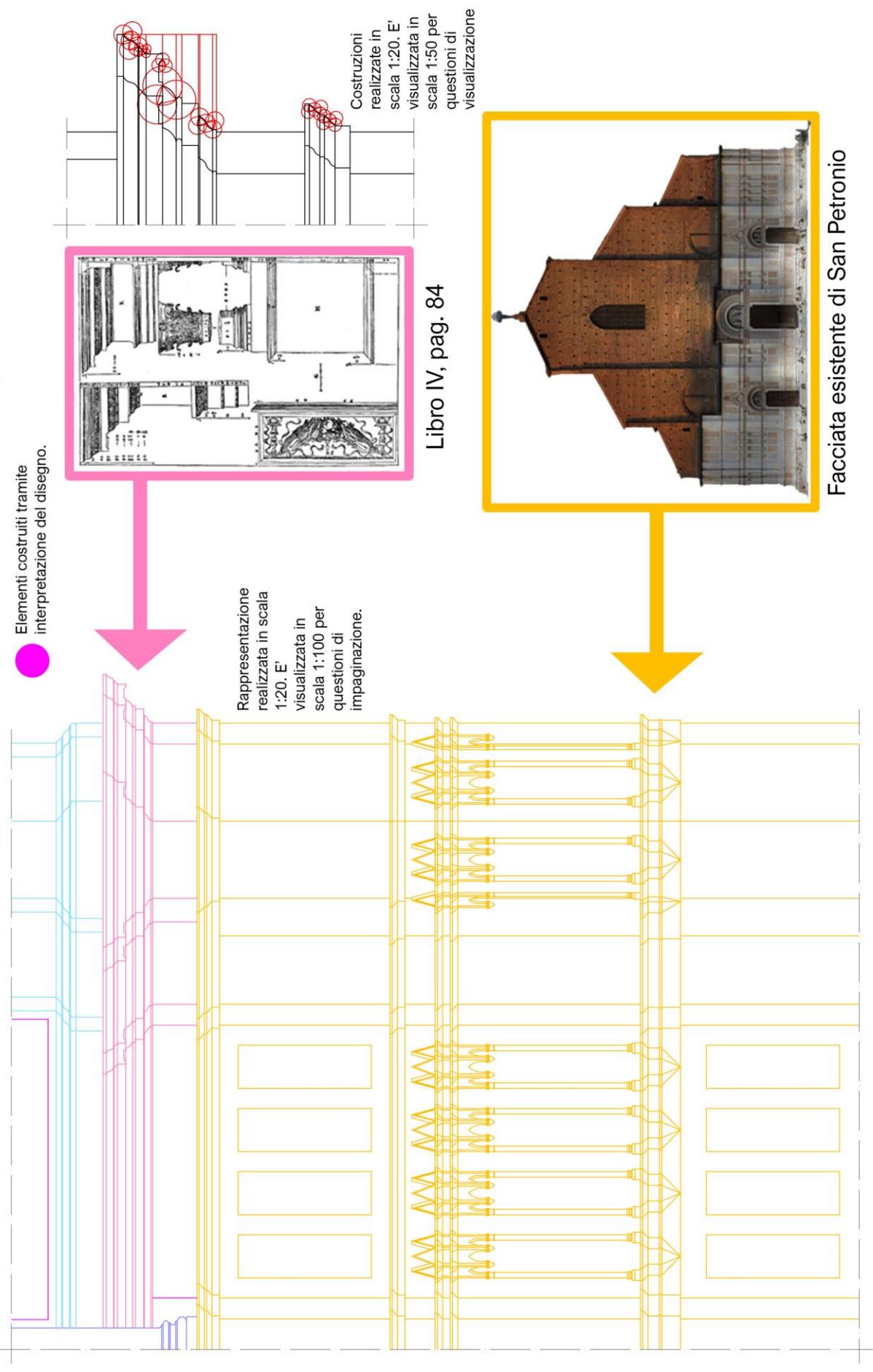
Libro I, pag. 41

Rappresentazione realizzata in scala 1:20. E' visualizzata in scala 1:100 per questioni di impaginazione.



Costruzioni realizzate in scala 1:20. E' visualizzata in scala 1:50 per questioni di impaginazione

# Restituzione bidimensionale: disegno 64. Dettagli delle costruzioni geometriche e dei riferimenti



### 4.2.3 Risultati finali e confronto con la facciata esistente

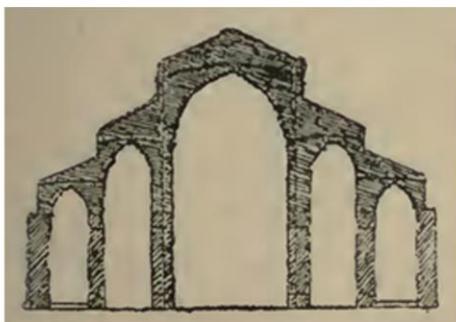
Alla fine del processo di restituzione 2D si è ottenuto un disegno completo in tutte le sue parti, e definito nel dettaglio mantenendo coerenza con la grammatica palladiana. Questo elaborato è stato il supporto fondamentale e di partenza per la fase successiva di ricostruzione del progetto in tre dimensioni.

Una volta ottenuto il disegno definitivo si è potuto confrontarlo con la facciata esistente sovrapponendolo con l'ortofoto ricavata in precedenza. Questa operazione ha evidenziato la differenza di proporzioni nell'assetto generale dei due prospetti e il conseguente dislivello di altezza. Palladio infatti segue per la porzione superiore di nuova progettazione esclusivamente le regole dell'architettura classica, ricavando nel complesso una facciata più ribassata rispetto a quella che è stata infine costruita con uno stile più vicino a quello gotico originario caratterizzato da proporzioni più slanciate.

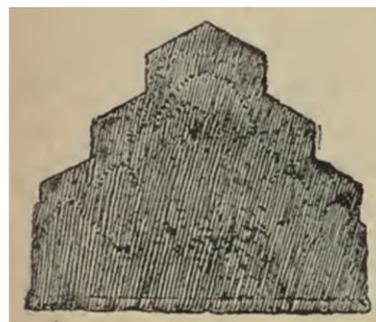
**Restituzione bidimensionale:** disegno 64. Sovrapposizione del disegno con l'ortofoto estratta dal modello fotogrammetrico



**Sovrapposizione** tra l'ortofoto estratta dal modello fotogrammetrico della facciata odierna e il la restituzione bidimensionale del disegno di Andrea Palladio. Il disegno è stato realizzato in scala 1:20 ma riportato in scala 1:500 per motivi di impaginazione.



**Proporzioni classiche** utilizzate da Palladio.



**Proporzioni attuali** di San Petronio, con volte più elevate.

### 4.3 *Disegno sezione E-E, indicizzato 62: il processo di ricostruzione 2D*

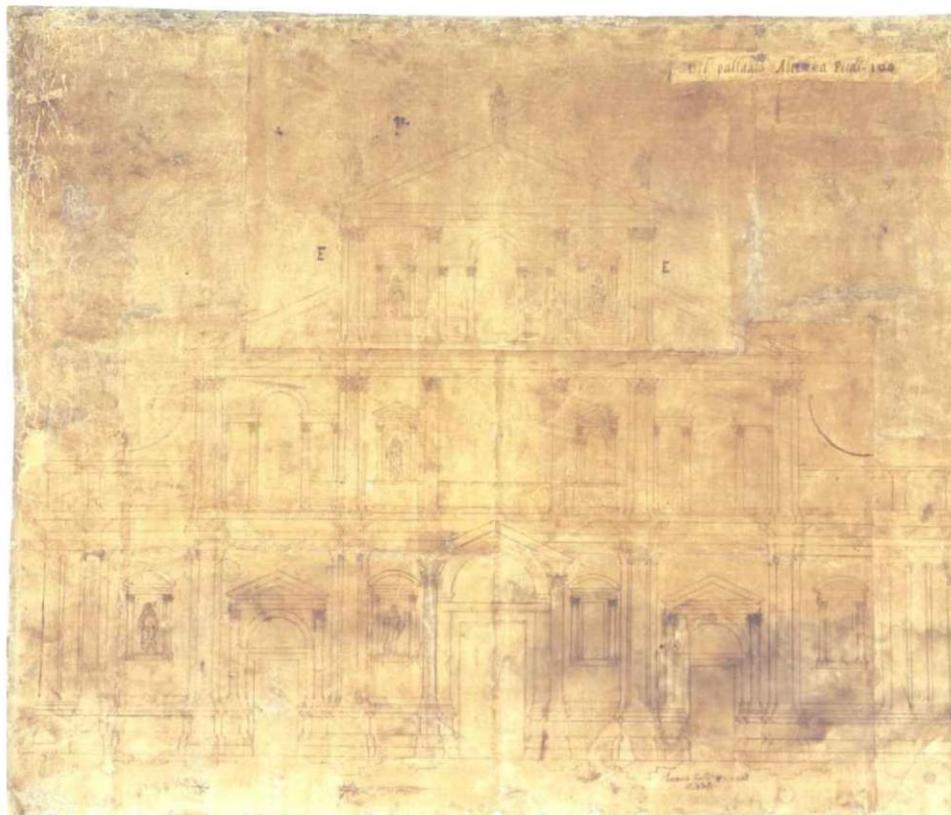
#### 4.3.1 Presentazione del disegno e delineatura dello schema generale della facciata

Il secondo disegno oggetto di studio (sezione E-E, indicizzato 62) è stato realizzato da Palladio dopo aver terminato la collaborazione con Francesco Terribilia e come esposto nel secondo capitolo è caratterizzato da tre livelli di colonne e pilastri sovrapposti, che si relazionano con gli edifici circostanti la piazza.

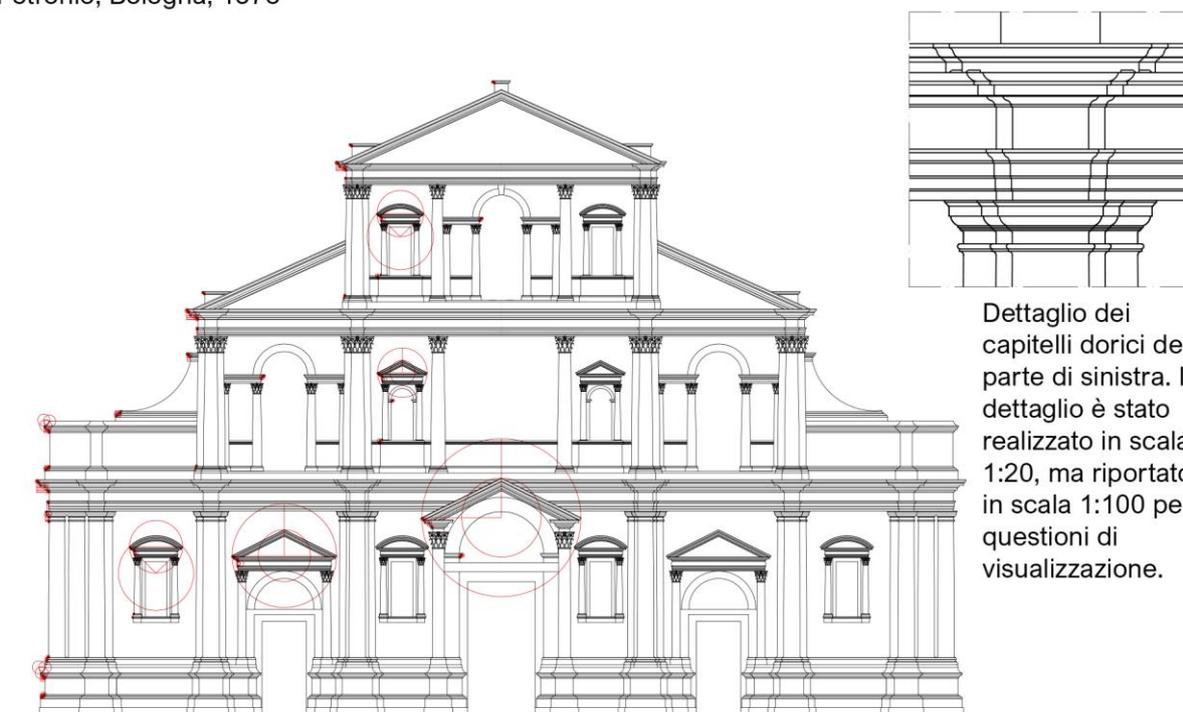
Il processo seguito per la ricostruzione bidimensionale è stato lo stesso esposto nel dettaglio per il disegno sezione D-D, indicizzato 64, per cui in una prima fase è stato individuato lo schema generale di organizzazione della facciata. Questo disegno presenta alcuni elementi che differiscono da una metà all'altra, in particolare per quanto riguarda i capitelli del primo livello di ordini e i corrispettivi basamenti: la metà di sinistra presenta capitelli dorici e basamenti con dadi lineari, mentre la metà di destra presenta capitelli ionici nelle colonne centrali e basamenti con dadi pulvinati. Per questo motivo sono state realizzate due ricostruzioni per questo disegno, una ottenuta specchiando la metà di sinistra e una specchiando la metà di destra.

Come nel caso analizzato in precedenza sono stati successivamente scelti dei riferimenti da I Quattro Libri dell'Architettura per definire nel dettaglio ogni elemento architettonico che compone il progetto.

**Restituzione bidimensionale:** disegno 62, metà sinistra.  
Confronto tra il disegno di Palladio e ricostruzione geometrica.



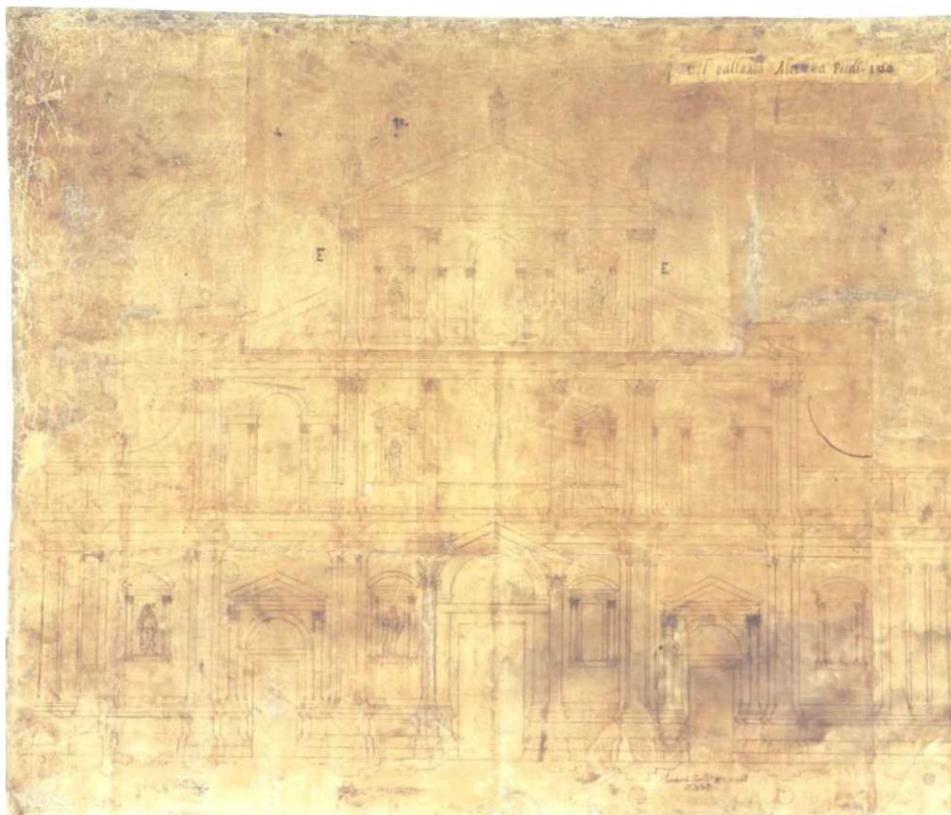
**Andrea Palladio.** Proposta per la facciata con basamenti classici (sezione E-E), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578



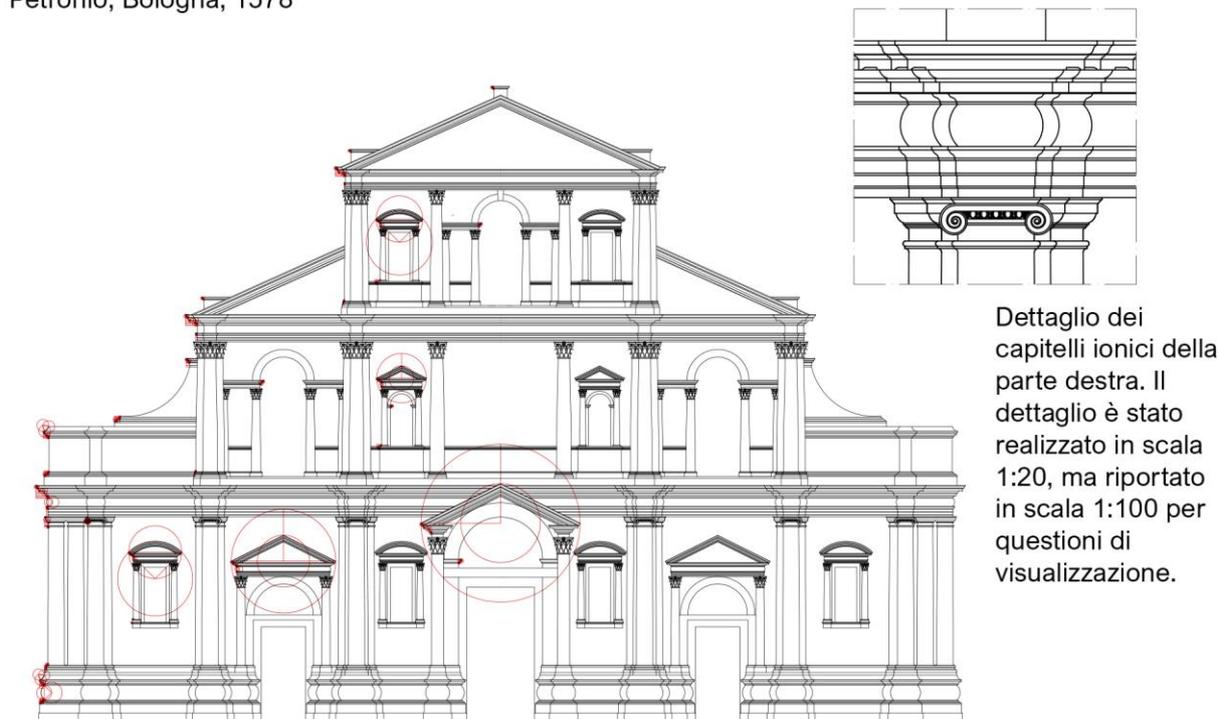
Dettaglio dei capitelli dorici della parte di sinistra. Il dettaglio è stato realizzato in scala 1:20, ma riportato in scala 1:100 per questioni di visualizzazione.

**Versione capitelli dorici.** Ricostruzione geometrica del disegno originale con costruzioni ed elementi di dettaglio realizzati consultando i “Quattro libri dell’architettura”. Il disegno è stato inizialmente realizzato in scala 1:20. Per questioni di visualizzazione è stato riportato in scala 1:500.

**Restituzione bidimensionale: disegno 62, metà destra.**  
Confronto tra il disegno di Palladio e ricostruzione geometrica.



**Andrea Palladio.** Proposta per la facciata con basamenti classici (sezione E-E), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578



Dettaglio dei capitelli ionici della parte destra. Il dettaglio è stato realizzato in scala 1:20, ma riportato in scala 1:100 per questioni di visualizzazione.

**Versione capitelli ionici.** Ricostruzione geometrica del disegno originale con costruzioni ed elementi di dettaglio realizzati consultando i "Quattro libri dell'architettura". Il disegno è stato inizialmente realizzato in scala 1:20. Per questioni di visualizzazione è stato riportato in scala 1:500.

### 4.3.2 Riferimenti selezionati e risultati finali

I riferimenti individuati per ricostruire le due metà sono in larga parte condivisi:

- Colonne e paraste corinzie: sono presenti principalmente nei due livelli superiori e sono state disegnate a partire dalle regole contenute nel Primo Libro, che definiscono le proporzioni tra le parti con riferimento al modulo di base (diametro della colonna alla base del fusto).
- Colonne e paraste doriche: sono caratteristiche del primo livello e sono state ricostruite sempre seguendo proporzioni e misure contenute nel Primo Libro (pag. 27).
- Trabeazioni dei tre livelli di ordini, dei portali e delle edicole: come in precedenza sono state ricavate a partire dalle indicazioni e misure contenute nel Quarto Libro (pag. 84) per le trabeazioni appartenenti al Pantheon.
- Trabeazioni delle serliane: questi elementi sono stati definiti con riferimento a quelle pensate da Palladio per la Basilica Palladiana e descritta nel Terzo Libro (pag. 43).
- Basamenti che sorreggono l'ordine dorico: sono stati ricostruiti seguendo le regole e le misure contenute nel Primo Libro (pag. 25) per quanto riguarda i basamenti dell'ordine dorico. Come spiegato in precedenza la metà di destra differisce per la presenza di un dado pulvinato.
- Basamenti sovrastanti il primo livello nelle porzioni laterali della facciata: sono stati disegnati seguendo le quote e istruzioni presenti nel Primo Libro (pag. 41) per quel che riguarda i basamenti tipici dell'ordine corinzio.

L'unico riferimento aggiuntivo utilizzato esclusivamente per la metà di destra è servito per ricostruire le colonne e in dettaglio i capitelli ionici: per disegnarli si sono seguite le indicazioni e le costruzioni geometriche contenute nel Primo Libro (pag. 34), in particolare per quanto riguarda le volute.

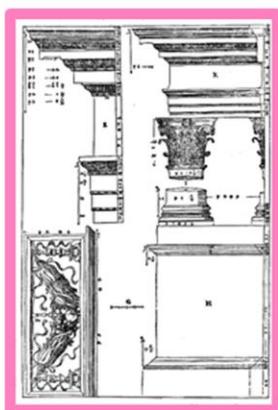
Ricostruiti tutti gli elementi e completando e regolarizzando le linee mancanti si è raggiunto il livello di definizione finale per entrambe le metà rappresentate. Questi risultati presentano un maggiore grado di ambiguità rispetto al disegno sezione D-D, poiché l'inchiostro del manufatto originale risulta fortemente scolorito e poiché il progetto presenta un minor grado di dettaglio.

Di seguito vengono presentate due tavole riassuntive con i riferimenti utilizzati e graficizzati usando dei colori. Infine anche per questo disegno è stata realizzata la sovrapposizione con la facciata esistente per avere un confronto.

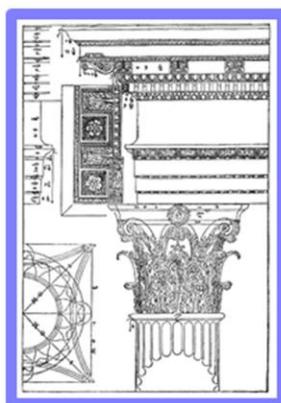
**Restituzione bidimensionale: disegno 62, metà sinistra.**  
Riferimenti e interpretazione.



**Ricostruzione geometrica** del disegno originale con rappresentazione a colori di ogni riferimento utilizzato. Il disegno è stato realizzato in scala 1:20 ma riportato in scala 1:500 per motivi di impaginazione.



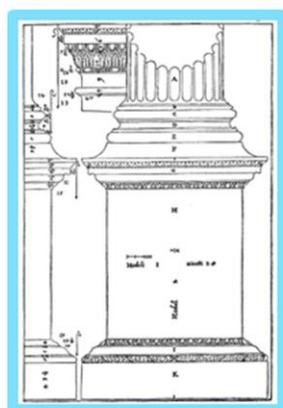
Libro IV, pag. 84



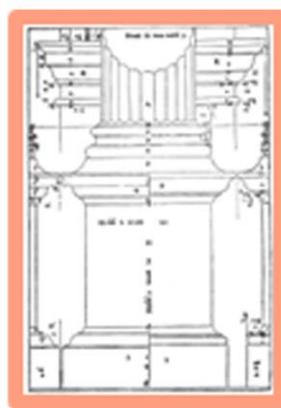
Libro I, pag. 43



Libro III, pag. 43



Libro I, pag. 41

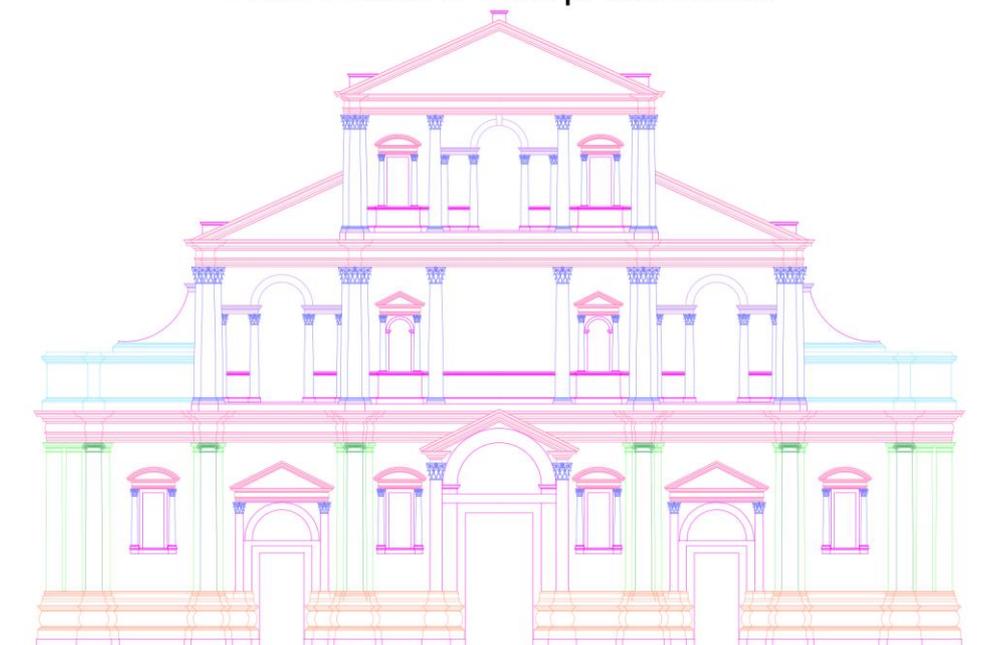


Libro I, pag. 25

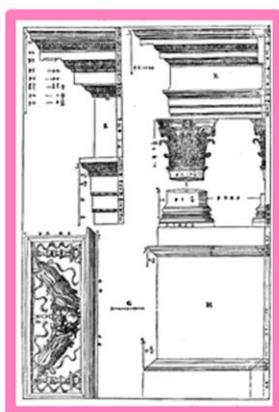


Libro I, pag. 27

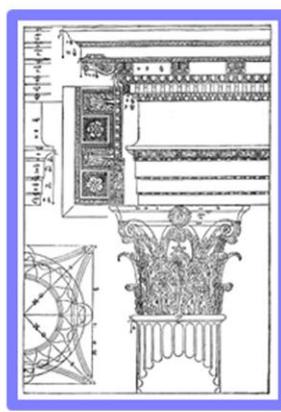
**Restituzione bidimensionale:** disegno 62, metà destra.  
Riferimenti e interpretazione.



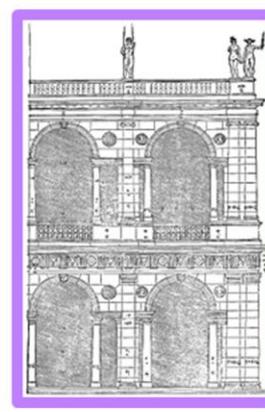
**Ricostruzione geometrica** del disegno originale con rappresentazione a colori di ogni riferimento utilizzato. Il disegno è stato realizzato in scala 1:20 ma riportato in scala 1:500 per motivi di impaginazione.



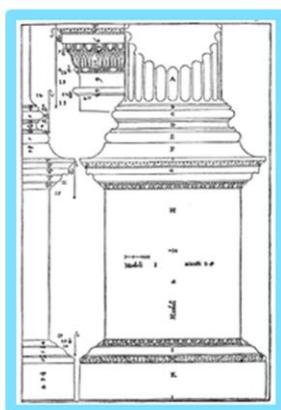
Libro IV, pag. 84



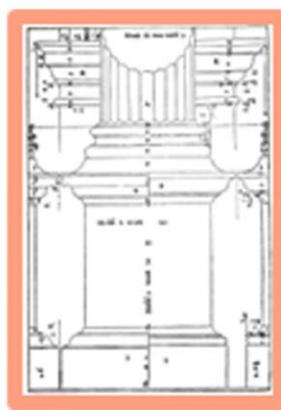
Libro I, pag. 43



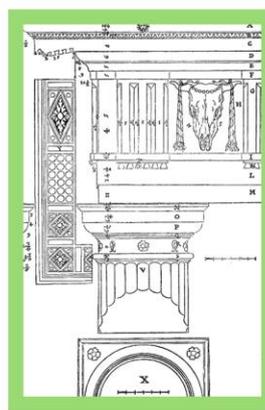
Libro III, pag. 43



Libro I, pag. 41



Libro I, pag. 25



Libro I, pag. 27

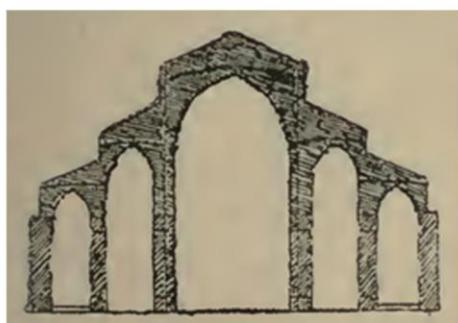


Libro I, pag. 34

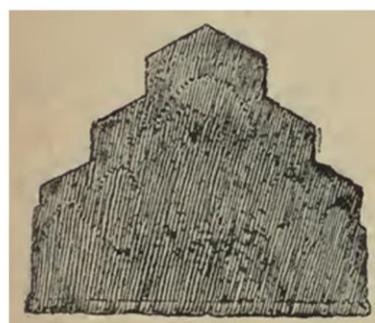
**Restituzione bidimensionale:** disegno 62. Sovrapposizione del disegno con l'ortofoto estratta dal modello fotogrammetrico



**Sovrapposizione** tra l'ortofoto estratta dal modello fotogrammetrico della facciata odierna e il la restituzione bidimensionale del disegno di Andrea Palladio. Il disegno è stato realizzato in scala 1:20, ma per motivi di impaginazione viene riportato in scala 1:500.



**Proporzioni classiche** utilizzate da Palladio.



**Proporzioni attuali** di San Petronio, con volte più elevate.

## **5. DALLA RESTITUZIONE VETTORIALE TRADIZIONALE ALLA MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE DI UN PROGETTO DISEGNATO E MAI REALIZZATO**

### *5.1 Cenni storici sulla ricostruzione 3D e suoi benefici*

La modellazione 3D presenta una serie di metodi consolidati, che già molto prima della nascita delle tecniche di visualizzazione al computer furono utilizzati nell'ambito di studi storici e architettonici. Già ai tempi del rinascimento veniva studiato l'aspetto delle architetture attraverso l'utilizzo di immagini, in modo da poterlo utilizzare come riferimento all'interno del processo creativo per la realizzazione degli edifici contemporanei di allora. Una volta che la storia dell'architettura acquisì maggiore importanza come disciplina accademica anche la ricostruzione ottenne maggiore considerazione, in particolare nei riguardi degli edifici andati perduti. La prima ricostruzione 3D digitale di un'architettura storica, basata su basi scientifiche e sotto forma di modelli texturizzati, risale all'inizio degli anni Ottanta e ad oggi questa pratica è sempre più utilizzata in contesti mediatici come musei, documentari, piattaforme internet, videogiochi e molti altri. (10)

Per ricostruzione si intende il processo che consiste nel ricreare qualcosa che non esiste più o che è sconosciuto come ad esempio un'opera perduta in ambito artistico, letterario o musicale, oppure un edificio andato distrutto o mai realizzato.

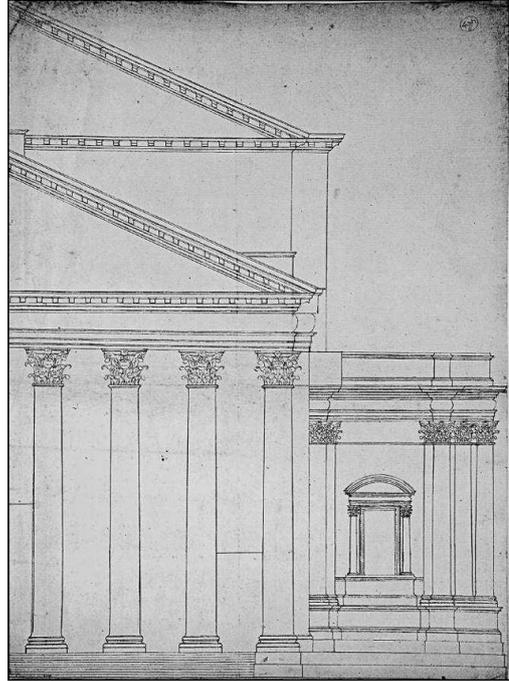
Il termine ricostruzione indica sia il processo che il risultato ottenuto.

Alla base di questo processo vi sono le fonti che forniscono informazioni su eventi, oggetti e fenomeni del passato. Queste si possono dividere principalmente in due categorie: fonti primarie e fonti secondarie. Le fonti primarie risalgono al periodo oggetto di studio mentre le fonti secondarie descrivono, analizzano e interpretano i manufatti storici nelle loro varie forme. Le fonti sono quindi il punto di partenza di una ricostruzione ma sono sempre influenzate dalle intenzioni dei loro creatori e dal loro punto di vista, motivo per cui vanno sempre trattate con riflessione critica analizzandole, interpretandole e confrontandole con altre fonti. (10)

I benefici di una modellazione e visualizzazione in 3D rispetto a quella tradizionale 2D derivano dall'aggiunta della terza dimensione che genera una grande varietà di punti di vista che l'osservatore può assumere cogliendo le caratteristiche spaziali dell'oggetto di studio. In questo modo si acquisisce un livello di conoscenza e profondità d'interpretazione superiore. Questi benefici risultano particolarmente evidenti quando si tratta l'opera di Palladio in quanto i suoi disegni presentano un pensiero tridimensionale espresso attraverso un mezzo bidimensionale seguendo una grammatica codificata di forme e soluzioni. D'altra parte questo tipo di ricostruzione porta alla luce una serie di problematiche e ambiguità proprie della configurazione tridimensionale dell'organismo architettonico, che altrimenti rimarrebbero celate.

## 5.2 *Un riferimento metodologico: la ricostruzione tridimensionale del disegno conservato alla Worcester College Library da parte di James S. Ackerman e Scott Schiamborg*

In passato sono già stati fatti degli studi per ricostruire uno dei progetti realizzati da Palladio per la facciata di San Petronio ma mai messi in opera. L'operazione a opera di James S. Ackerman e Scott Schiamborg ha preso in esame il disegno rinvenuto al Worcester College e caratterizzato da un grande portico che occupa la facciata quasi nella sua totalità. Le fonti primarie alla base di questa ricostruzione digitale sono il disegno stesso e una lettera scritta nel 1597 da Palladio al Conte Giovanni Pepoli, presidente della fabbrica di San Petronio, in cui si crede faccia riferimento al progetto in questione descrivendone numerosi elementi. Tra le fonti secondarie sono invece stati esaminati altri disegni e schizzi di viaggio dell'architetto veneto, utili per risolvere alcuni elementi di dettaglio come nicchie e aperture. Durante questo processo i due studiosi si sono confrontati con diverse questioni problematiche e ambigue nell'interpretazione del disegno tra cui l'irregolarità degli intercolumnni, la posizione dei portali laterali e il numero di colonne e pilastri. Il risultato finale della ricostruzione cerca di conciliare le condizioni della chiesa esistente e questi elementi irrisolti in una facciata coerente. (11)



**Figura 22** *Andrea Palladio. Proposta per la facciata con portico, Worcester College Library, Oxford, 1578-79*

Questa esperienza è stata un riferimento importante dal punto di vista metodologico per il lavoro svolto all'interno di questo elaborato in quanto mostra allo stesso tempo le problematiche e le potenzialità di un processo di ricostruzione 3D.



**Figura 23** Ricostruzione 3D del progetto di Palladio conservato al Worcester College a opera di James S. Ackerman e Scott Schiamborg con M.Kane.

### 5.3 *Il processo di ricostruzione 3D del disegno sezione D-D, indicizzato 64*

In questo elaborato di tesi è stato selezionato uno dei disegni realizzati da Palladio per la facciata di San Petronio e si è approfondita la sua ricostruzione tridimensionale utilizzando un software di modellazione caratterizzato dalla rappresentazione mediante NURBS<sup>20</sup> di tutte le entità geometriche. Il disegno oggetto di studio è stato quello denominato Sezione D-D, indicizzato con il numero 64, di cui in precedenza è stato analizzato nel dettaglio il processo di ricostruzione 2D.

#### 5.3.1 Prima fase: ricostruzione tridimensionale degli elementi architettonici a partire dalla loro rappresentazione bidimensionale

Inizialmente sono stati ricostruiti tutti quegli elementi architettonici base indipendenti tra loro, in modo da poterli successivamente combinare copiandoli e scalandoli in maniera opportuna. Per compiere questa operazione è stato utilizzato come supporto la restituzione digitale 2D del disegno ottenuta in precedenza, sempre tenendo bene in mente le regole e le indicazioni contenute nei Quattro Libri. Attraverso operazioni semplici, come l'estrusione degli elementi bidimensionali, è stato quindi possibile definire una prima serie di elementi:

- **Trabeazioni e cornici**

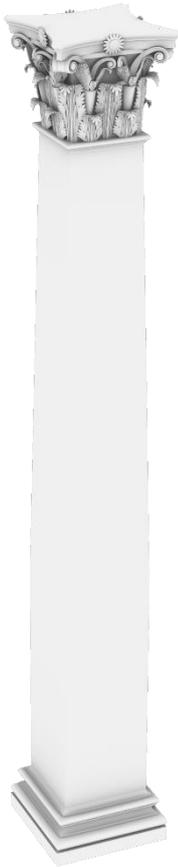


**Figura 24** Esempio di trabeazione ricostruita in 3D e sua superficie di origine

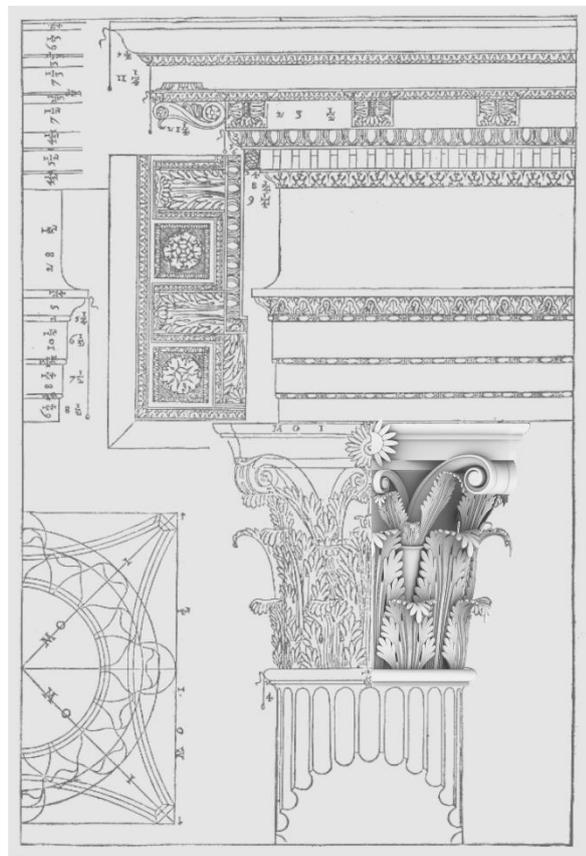
---

<sup>20</sup> Le NURBS (acronimo di Non Uniform Rational B-Splines) sono una rappresentazione matematica mediante la quale è possibile definire con precisione geometrie 2D e 3D quali linee, archi e superfici a forma libera

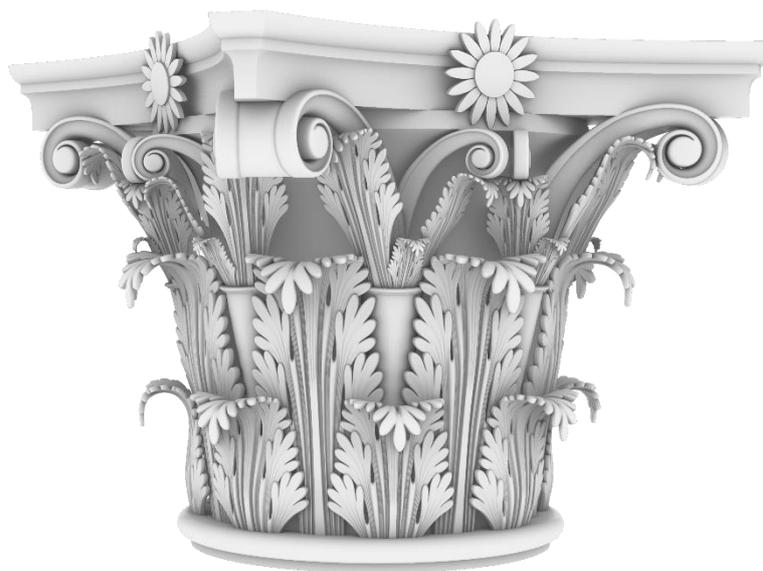
- **Colonne e paraste corinzie**



**Figura 25** Pilastro corinzio ricostruito in 3D



**Figura 27** Capitello corinzio modellato in 3D sovrapposto al riferimento corrispondente tratto dal Primo Libro



**Figura 26** Dettaglio del capitello corinzio modellato in 3D

### 5.3.2 Seconda fase: selezione di riferimenti spaziali e prima ipotesi di ricostruzione

In questa fase è risultato inevitabile confrontarsi con le difficoltà che nascono nel passaggio da restituzione bidimensionale a restituzione tridimensionale, dovute all'aggiunta della terza grandezza. Infatti l'unica fonte primaria disponibile, ovvero il disegno originale del prospetto della facciata, non presenta alcuna informazione per quanto riguarda le profondità dei vari elementi se non attraverso l'utilizzo delle ombre.

Per questo motivo è stato necessario cercare dei riferimenti esistenti, attraverso le cui analisi poter ricostruire le profondità delle varie porzioni della facciata.

Tra le opere di Palladio ne sono state selezionate due che presentano soluzioni analoghe a quelle presenti nel progetto oggetto di studio:

- San Francesco della Vigna (1564): La chiesa veneziana è stata utilizzata come riferimento per la soluzione ad angolo del timpano sommitale della facciata, fornendo una possibile risoluzione delle ambiguità presenti nel disegno originale.



**Figura 29** Dettaglio ambiguo del disegno originale in corrispondenza del timpano



**Figura 28** Andrea Palladio. Facciata di San Francesco della Vigna, Venezia, 1564

- Basilica Palladiana (1549): L'edificio simbolo di Vicenza è stato, come per la fase 2D, il riferimento per ricostruire le caratteristiche spaziali delle serliane. Da questa soluzione nasce la scelta di raddoppiare in profondità colonne e pilastri di questi elementi.



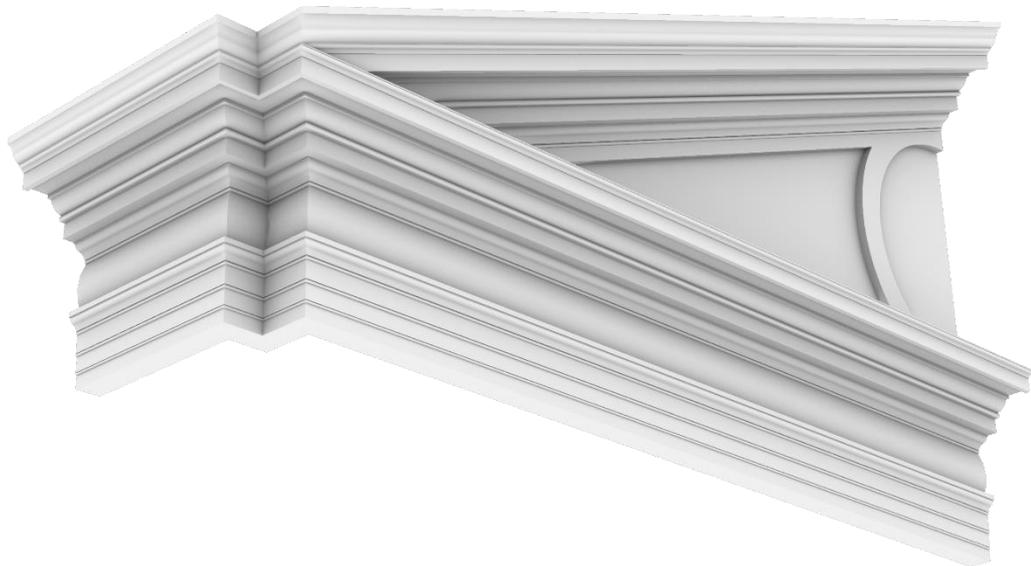
**Figura 31** Andrea Palladio. Basilica Palladiana, Vicenza, 1549



**Figura 30** Dettaglio della porzione laterale delle serliane

Di seguito vengono riportati gli elementi architettonici ricostruiti integrando questi riferimenti con il disegno 2D del progetto della facciata:

- **Timpano sommitale e sua soluzione d'angolo**



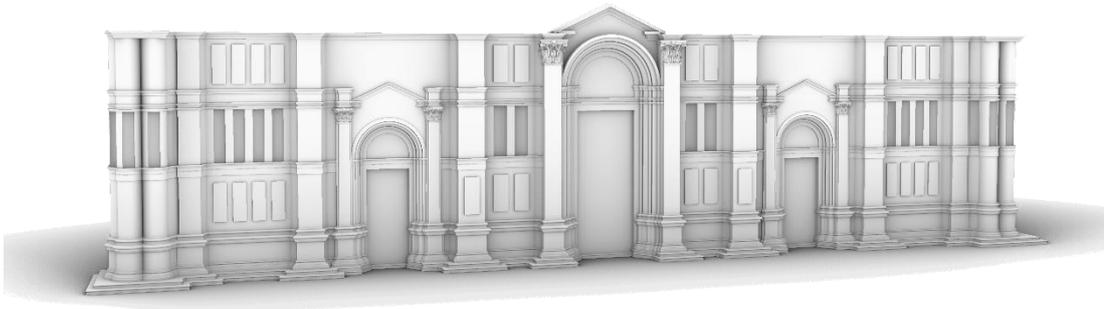
**Figura 32** Ricostruzione 3D del timpano sommitale seguendo il riferimento di San Francesco della Vigna

- **Serliane**



*Figura 33 Ricostruzione 3D della serliana con riferimento alla Basilica Palladiana*

Date le caratteristiche del progetto, che conserva il basamento esistente di San Petronio, il riferimento più importante per la definizione delle profondità è stata la basilica stessa. In questo frangente è risultato particolarmente d'ausilio la consultazione e l'analisi del modello ottenuto in precedenza tramite il rilievo fotogrammetrico. Da questo è stato infatti possibile ricavare il profilo in pianta della facciata, sezionando a livello del terreno. Combinando la pianta ottenuta con il disegno 2D del prospetto è stato possibile ricostruire tutto il primo livello.



**Figura 34** Ricostruzione 3D della porzione del basamento

Sempre confrontando il modello fotogrammetrico e il disegno 2D sono stati ricostruiti anche gli elementi di dettaglio del basamento esistente, in particolare le nicchie e i portali tra cui quello centrale realizzato da Jacopo della Quercia



**Figura 35** Ricostruzione 3D del portale laterale



**Figura 36** Uno dei portali laterali di San Petronio esistente



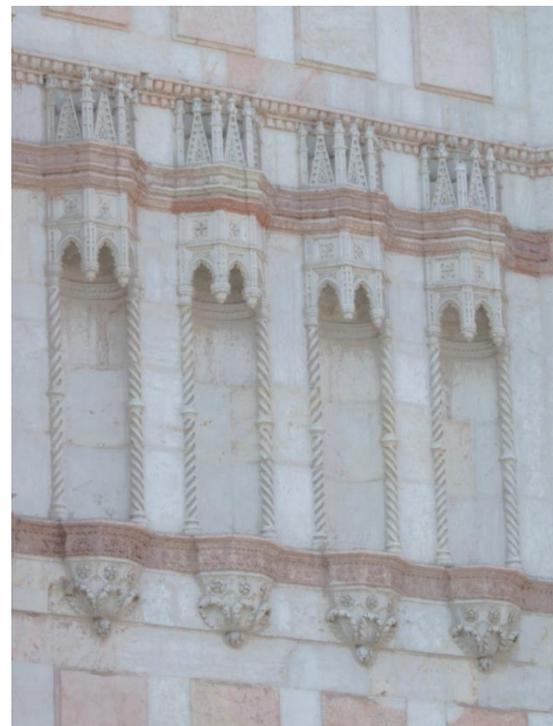
**Figura 37** Ricostruzione 3D del portale centrale



**Figura 38** Portale centrale di San Petronio esistente realizzato da Jacopo della Quercia



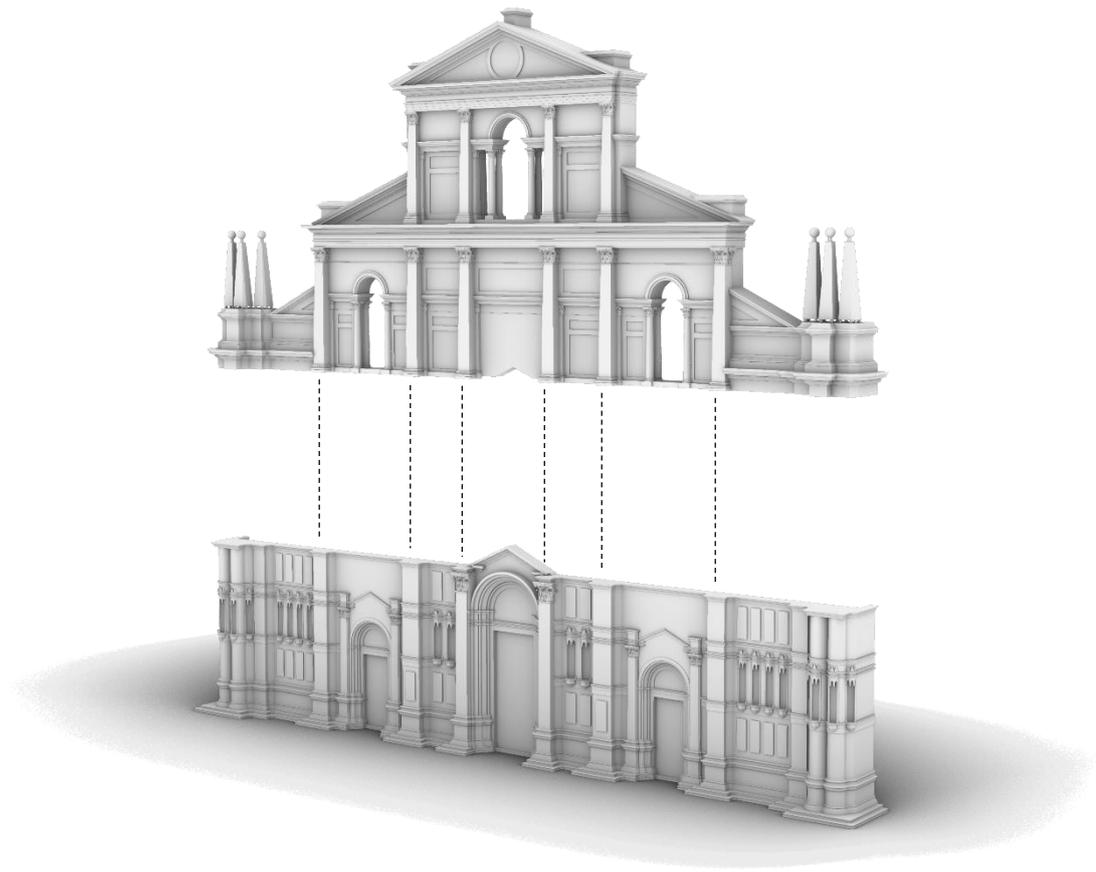
**Figura 40** Ricostruzione 3D di una nicchia



**Figura 39** Nicchie presenti nella facciata esistente di San Petronio

A questo punto, avendo ricostruito il profilo e l'andamento della facciata al livello più basso, è stato possibile completare una prima ipotesi di ricostruzione allineando i due ordini all'antica superiori con il basamento esistente inferiore e combinando in maniera coerente gli elementi architettonici definiti in precedenza.

Nella tavola della pagina che segue è stato graficizzato e sintetizzato l'utilizzo dei riferimenti utilizzati per la ricostruzione della facciata.



**Figura 41** Allineamento delle costruzioni 3D del basamento con i due livelli di ordini classici

# Dal vettoriale al tridimensionale: Disegno 64. Riferimenti tridimensionali per la ricostruzione della facciata



San Francesco della Vigna (VE)



● Elementi derivanti dal disegno originale



Basilica Palladiana (VI)



Sezione del basamento estratto dal modello fotogrammetrico della facciata esistente

### 5.3.3 Terza fase: analisi dei risultati ottenuti e sviluppo di una seconda versione

Una volta ottenuta questa prima versione completa di ricostruzione della facciata sono stati analizzati attentamente i risultati ottenuti confrontandoli con il disegno originale.

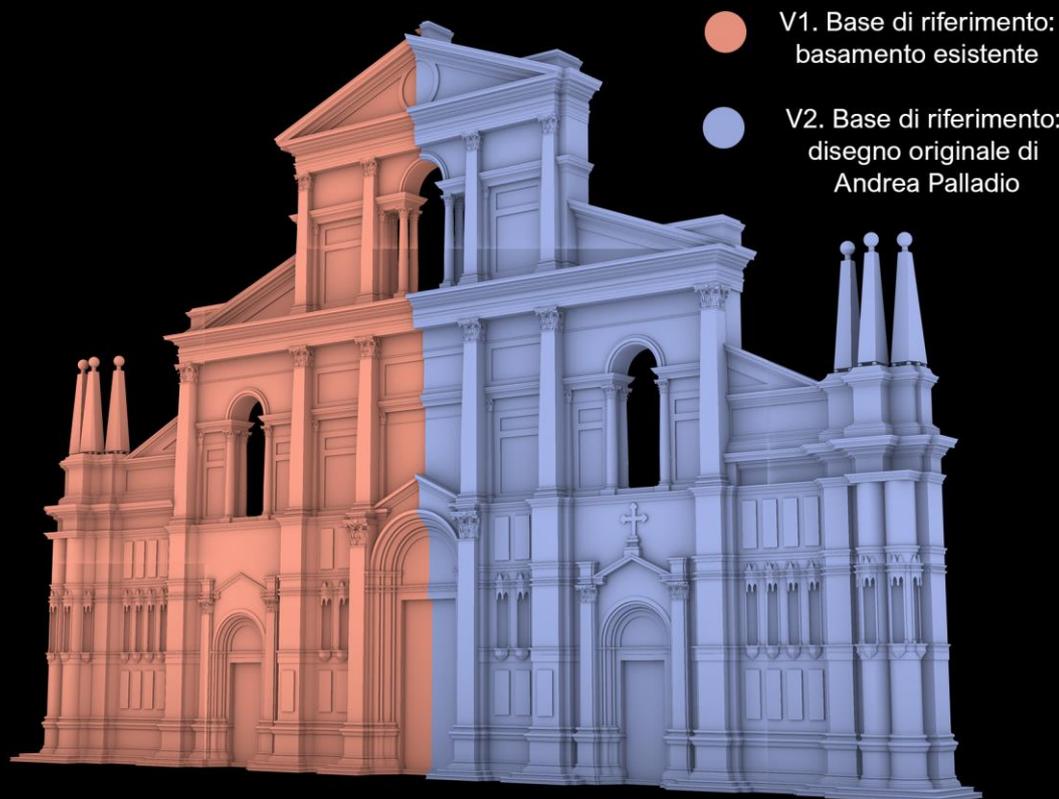
Da questa operazione sono emersi alcuni elementi di criticità e fonte di dubbi, principalmente dovuti a delle discrepanze tra il basamento esistente e il progetto di Palladio:

- Sporgenze dei pilastri del basamento: Risultano leggermente diverse tra loro con un leggero aumento procedendo dai lati al centro della facciata. Questa caratteristica non si sposa in maniera ottimale con i due livelli superiori di ordini classici che presentano un unico allineamento.
- Raddoppio dei pilastri del basamento: In linea con quelli esistenti sono stati ricostruiti con un orientamento diagonale rispetto ai pilastri. Le soluzioni utilizzate da Palladio non contemplano questo tipo di linee.
- Pilastri classici ai lati dei portali: Sono elementi aggiunti dall'architetto veneto e non presenti nel basamento esistente. Seguendo il profilo ricavato dal modello risultano molto schiacciati contro il muro, in particolare quelli laterali. D'altra parte il disegno originale sembra suggerire una maggiore sporgenza per permettere l'introduzione di elementi decorativi sovrastanti.
- Piloni d'angolo: Come nel caso della ricostruzione 2D questi elementi sono risultati particolarmente problematici date le differenze tra disegno e basamento esistente, e data l'assenza di altre fonti o riferimenti da poter interpretare.
- Basamenti che sorreggono gli obelischi: Si portano dietro le problematiche della definizione dei piloni sottostanti. In questa prima ricostruzione presentano raccordi diagonali per allinearsi alla porzione sottostante.

A fronte di queste problematiche si è deciso di sviluppare una nuova versione 3D della facciata con l'obiettivo di risolverle o arginarle. Questa seconda ricostruzione utilizza come base principale il disegno originale di Palladio e il suo pensiero architettonico, motivo per cui sono state apportate leggere modifiche anche ad elementi appartenenti al basamento esistente.

Di seguito vengono confrontate le due versioni ricostruite evidenziando le loro caratteristiche e gli elementi che le differenziano.

## Dal vettoriale al tridimensionale: due differenti versioni per la facciata della basilica



● V1. Base di riferimento:  
basamento esistente

● V2. Base di riferimento:  
disegno originale di  
Andrea Palladio

Vista prospettica che unisce le due versioni del modello a confronto.



● Base di riferimento: facciata odierna

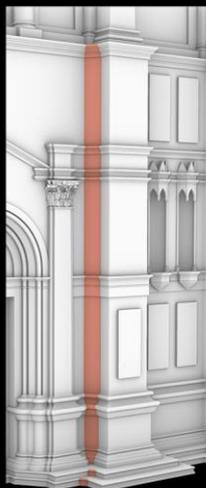


● Base di riferimento: disegno di  
Palladio

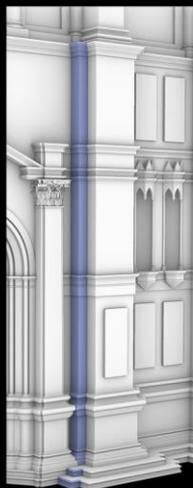
# Dal vettoriale al tridimensionale: confronto fra gli elementi delle due versioni

● Versione 1

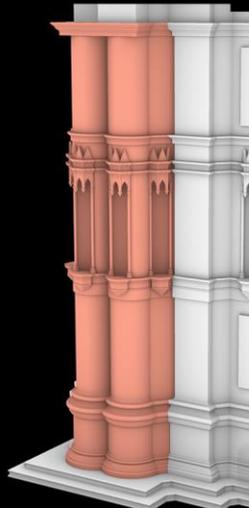
● Versione 2



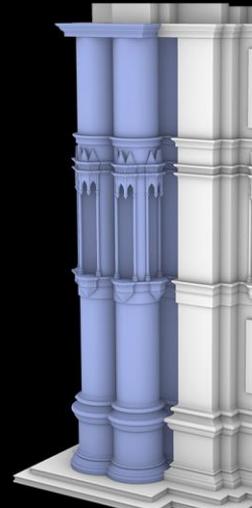
**Raddoppio** dei pilastri in facciata con linee **diagonali** come nella facciata esistente.



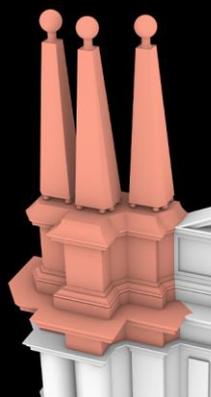
**Raddoppio** dei pilastri in facciata con linee **perpendicolari** in maniera più coerente allo stile palladiano.



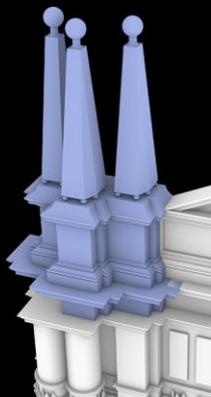
**Soluzione d'angolo** con collegamento **diagonale** tra i piloni laterali e il corpo della facciata.



**Soluzione d'angolo** con collegamento **perpendicolare** tra i piloni laterali e il corpo della facciata.



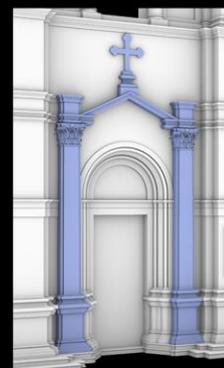
**Basamenti** che sorreggono gli obelischi con **raccordi diagonali**, seguendo la porzione sottostante di facciata.



**Basamenti** che sorreggono gli obelischi con **raccordi perpendicolari**, seguendo la porzione sottostante di facciata.



**Portale laterale** con sporgenza ricavata dalle geometrie della facciata esistente.



**Portale laterale** con sporgenza aumentata per poter inserire elementi decorativi presenti nel disegno.



**Profilo** in pianta del basamento seguendo la facciata odierna. Pilastri che presentano sporgenze leggermente diverse.

**Profilo** in pianta del basamento realizzato seguendo lo stile palladiano e regolarizzando la sporgenza dei pilastri.

#### 5.3.4 Risultati finali del processo di ricostruzione 3D

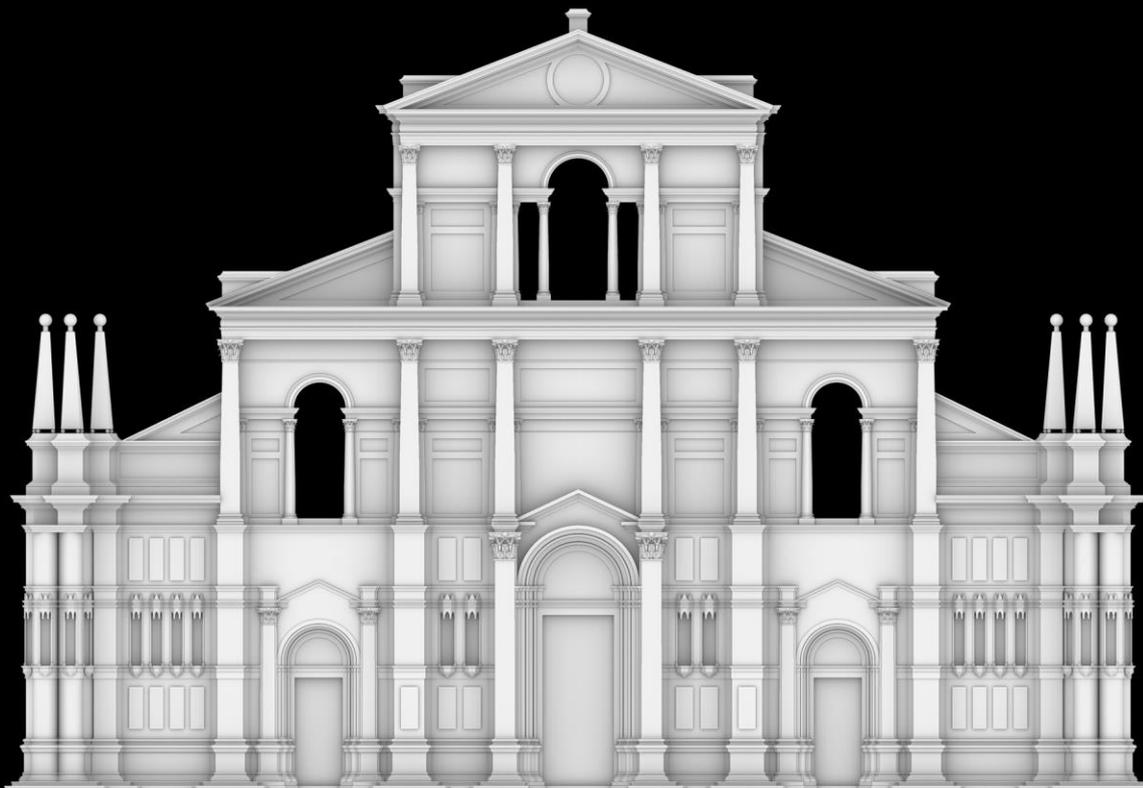
Una volta terminate le operazioni di restituzione geometrica si è proceduto a controllare e rifinire i modelli ottenuti, correggendo eventuali imprecisioni ed errori residui. Si sono ottenute così due versioni complete della facciata di San Petronio ricostruite secondo il progetto di Andrea Palladio. Entrambe le versioni presentano punti di forza e di debolezza come emerso in precedenza, motivo per cui si è scelto di non preferirne una a discapito dell'altra.

La prima versione è quella che più realisticamente si sarebbe potuto realizzare in concreto poiché mantiene quasi integralmente il basamento già costruito. D'altro canto presenta maggiore disomogeneità di stile tra la porzione esistente e quella classica sovrastante.

La seconda versione risulta più organica e coerente con la grammatica palladiana, ma probabilmente la sua realizzazione avrebbe incontrato maggiori difficoltà a causa delle modifiche da apportare ad elementi già esistenti.

Nelle pagine seguenti vengono presentate le viste finali delle due versioni ricostruite della facciata.

## Dal vettoriale al tridimensionale: viste finali versione 1

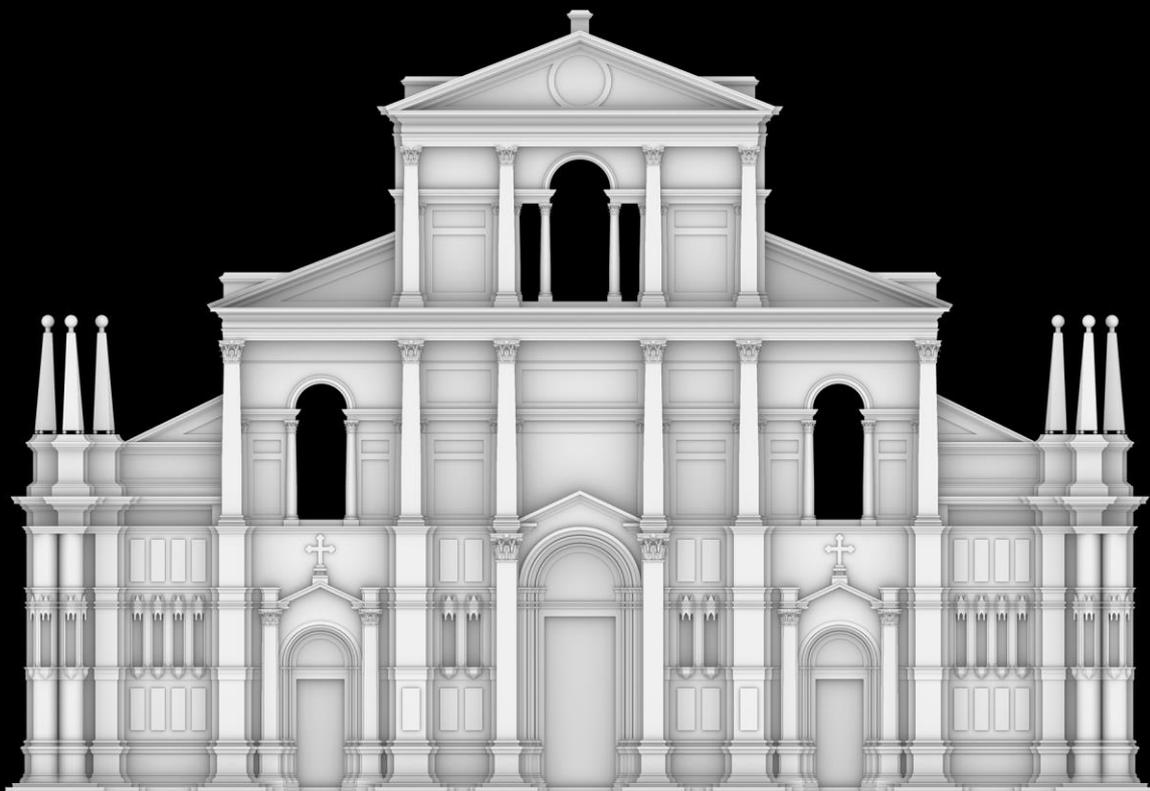


V1: vista frontale



V1: vista prospettica

## Dal vettoriale al tridimensionale: viste finali versione 2



V2: vista frontale



V2: vista prospettica

### 5.3.5 Analisi a posteriori del processo di ricostruzione 3D

Dopo aver ottenuto le versioni finali e definitive delle facciate ricostruite in 3D sono state condotte delle ultime analisi ed elaborazioni a posteriori.

La prima indagine svolta ha avuto come obiettivo la definizione dei gradi di attendibilità di ogni elemento architettonico ricostruito. A tale scopo è stata elaborata una scala di plausibilità con cinque differenti livelli ai quali sono stati fatti corrispondere dei colori secondo un gradiente.

La seconda elaborazione si è invece occupata della sovrapposizione tra il basamento esistente, nella forma del rilievo fotogrammetrico realizzato in precedenza, e i due livelli di ordini all'antica ricostruiti tridimensionalmente.

I risultati di queste analisi vengono riportati nelle tavole che seguono nelle prossime pagine.

## Restituzione tridimensionale: disegno 64\_V1: analisi del grado di attendibilità degli elementi che compongono la ricostruzione.



**Modello tridimensionale** del disegno 64 versione 1, che presenta un gradiente di colori per distinguere gli elementi certi da quelli via via più incerti.

Attendibile

1

Elemento certo. E' definibile univocamente dalla sola consultazione del disegno originale, senza interrogare altre fonti.

2

Elemento ricostruito a partire dalla consultazione delle tavole dei Quattro Libri dell'Architettura e dallo studio del basamento della facciata odierna di San Petronio.

3

Elemento ricavato dalla consultazione dei Quattro Libri dell'Architettura combinata allo studio di altri riferimenti e manufatti disegnati e realizzati da Andrea Palladio.

4

Elemento la cui costruzione geometrica è stata ricavata utilizzando le tavole dei Quattro Libri dell'Architettura, ma che ha richiesto una interpretazione personale per la sua configurazione spaziale in relazione alle altre parti del modello.

5

Elemento la cui costruzione è avvenuta tramite interpretazione personale necessaria per il completamento del modello, in mancanza di riferimenti adeguati.

Incerto

## Restituzione trimensionale: disegno 64\_V2: analisi del grado di attendibilità degli elementi che compongono la ricostruzione.



**Modello tridimensionale** del disegno 64 versione 2, che presenta un gradiente di colori per distinguere gli elementi certi da quelli via via più incerti.

Attendibile

1

Elemento certo. E' definibile univocamente dalla sola consultazione del disegno originale, senza interrogare altre fonti.

2

Elemento ricostruito a partire dalla consultazione delle tavole dei Quattro Libri dell'Architettura e dallo studio del basamento della facciata odierna di San Petronio.

3

Elemento ricavato dalla consultazione dei Quattro Libri dell'Architettura combinata allo studio di altri riferimenti e manufatti disegnati e realizzati da Andrea Palladio.

4

Elemento la cui costruzione geometrica è stata ricavata utilizzando le tavole dei Quattro Libri dell'Architettura, ma che ha richiesto una interpretazione personale per la sua configurazione spaziale in relazione alle altre parti del modello.

5

Elemento la cui costruzione è avvenuta tramite interpretazione personale necessaria per il completamento del modello, in mancanza di riferimenti adeguati.

Incerto

## Dal vettoriale al tridimensionale: sovrapposizione del modello ricostruito in 3D con il basamento odierno



**Sovrapposizione** tra il modello realizzato e il basamento decorato della facciata esistente. Si può notare come la corrispondenza tra le due porzioni sia buona ma non perfetta. Questo è dovuto probabilmente alle insite **imprecisioni** di un disegno realizzato a mano e dalle difficoltà nel rilevare le misure precise.

#### 5.4 *Il rendering come strumento per calare il progetto nella realtà odierna: sovrapposizione del modello ricostruito in 3D con il contesto della piazza*

Nel paragrafo precedente è stato descritto il processo di ricostruzione geometrica della facciata di San Petronio a partire da uno dei progetti di Andrea Palladio. In quest'ultimo segmento di tesi il lavoro si è concentrato sulla visualizzazione dei modelli 3D ottenuti.

Data la natura dell'oggetto trattato, che non presenta interni o porzioni che necessitino di poter essere navigabili, si è optato per la realizzazione di render classici, ovvero immagini assimilabili ad una "fotografia" della scena virtuale che rappresenta il modello fornendo diversi gradi di informazione di carattere visuale. Obiettivo finale di questo processo è stato il raggiungimento di una visualizzazione il più possibile fotorealistica, ovvero vicina alla realtà. Inoltre, per calare il modello nel contesto concreto in cui sarebbe sorto il progetto mai eseguito, si è scelto di sovrapporre il render a delle fotografie di Piazza Maggiore scattate da diverse angolazioni.

Per ottenere questi risultati si è usufruito del sofisticato motore di rendering Arnold, presente all'interno del software di modellazione tridimensionale *Autodesk 3Ds Max*. Prima di ottenere le immagini finali è stato necessario definire alcune caratteristiche fotometriche sia del modello che della scena in cui è stato inserito, nonché ricostruire alcuni elementi necessari per ottenere maggiore realismo.

In primo luogo sono stati definiti i materiali da assegnare alla facciata, cercando delle texture che rappresentassero al meglio quelli del basamento esistente. A tale scopo sono state selezionate tre mappature:

- **Pietra d'Istria:** Materiale scelto per le porzioni bianche del basamento come nel caso della basilica esistente. Si è deciso di utilizzarlo anche per i due livelli di ordini all'antica sovrastanti.
- **Marmo rosso di Verona:** Materiale utilizzato per cornici, elementi di dettaglio e per il basamento della porzione esistente di facciata. Si è scelto un tono di colore il più possibile somigliante a quello originale.
- **Legno dei portoni:** Si è scelto di utilizzare come mappatura per i portoni immagini di quelli esistenti, per avere un effetto più vicino alla realtà.

In secondo luogo sono state regolate le caratteristiche di illuminazione della scena simulando la luce solare in modo da renderla il più possibile simile a quella delle foto della piazza utilizzate come sfondo.

Successivamente è stata utilizzata una funzione, presente all'interno del software, che permette di allineare la prospettiva di un'immagine di sfondo con quella della scena in cui è inserito il modello 3D facendo combaciare le linee di fuga. Questo strumento, chiamato *Perspective Match*, ha reso quindi la sovrapposizione tra la facciata ricostruita e l'immagine della piazza sensibilmente più precisa e corretta rispetto ad un fotomontaggio realizzato manualmente cercando di replicare la corretta prospettiva.



**Figura 42** Visualizzazione della schermata per la regolazione delle linee di fuga con lo strumento *Perspective Match*

Infine è stato necessario ipotizzare una ricostruzione 3D delle vetrate e degli infissi retrostanti le serliane. Infatti senza questi elementi il render avrebbe perso molto in termini di realismo. Questi elementi sono stati modellati seguendo le forme della facciata e ricercando alcuni riferimenti di soluzioni simili.



*Figura 43 Ricostruzione 3D degli infissi realizzati all'interno del modello*

Una volta compiuti questi processi è stato possibile ottenere dei render con caratteristiche fotometriche corrette e già sovrapposti con le immagini di sfondo. Le ultime operazioni sono state effettuate su un software di fotoritocco per correggere gli errori inevitabili dovuti principalmente alla differenza di proporzioni tra la basilica esistente e il progetto di Palladio.

Di seguito vengono presentate le viste finali realizzate.



*Figura 45* Render della ricostruzione 3D versione 1 con sovrapposizione nella piazza odierna



*Figura 44* Render della ricostruzione 3D versione 2 con sovrapposizione nella piazza odierna

## 6. CONCLUSIONI

Il lavoro svolto per questo elaborato di tesi ha permesso di ottenere una serie di risultati notevoli nel campo della ricostruzione digitale di un progetto mai realizzato, sviluppando un metodo di lavoro efficace, preciso ed in grado di affrontare difficoltà di varia natura. I materiali prodotti hanno consentito di analizzare nel dettaglio uno dei disegni realizzati da Andrea Palladio per il fronte della Basilica di San Petronio, ricostruendolo in due e poi in tre dimensioni.

La prima fase di questo lavoro ha avuto come risultato la realizzazione di un modello 3D della facciata esistente a partire da un rilievo fotogrammetrico. Questo processo ha messo in luce le difficoltà di un rilievo di tali proporzioni, ovvero la necessità di un'organizzazione meticolosa, l'impiego di almeno due persone, e la necessità di utilizzare strumenti che richiedono permessi speciali e personale specializzato come un drone. Allo stesso tempo il modello ottenuto presenta una serie di applicazioni possibili. In primo luogo può essere utilizzato come base per altri studi ed analisi sulla facciata, dati i livelli di precisione documentati ed il rigore utilizzato. Un esempio di questa potenzialità è stato descritto anche all'interno di questa tesi, avendolo usato come metro di confronto con le restituzioni 2D e 3D dei disegni. Inoltre un modello del genere può avere valore anche dal punto di vista multimediale, integrandolo con sistemi di visualizzazione e interattività.

La fase successiva ha portato alla restituzione bidimensionale del disegno palladiano oggetto di studio. Questi risultati presentano particolare valore nel campo tecnico-scientifico dell'architettura in quanto ottenuti a seguito di un'analisi approfondita delle fonti scritte e delle regole della semantica palladiana. I disegni finali sono chiaramente leggibili e presentano una prima forma di interpretazione della maniera architettonica dell'architetto veneto. Il metodo utilizzato è replicabile per lo studio di altri disegni architettonici, permettendo di analizzare e confrontare i risultati ottenuti.

Porzione centrale di questo lavoro è stata la ricostruzione tridimensionale del disegno selezionato, operazione che ha permesso di entrare più a fondo all'interno del pensiero di Palladio. L'introduzione della terza dimensione ha infatti portato alla luce problematiche e qualità che altrimenti non sarebbero emerse. La principale difficoltà riscontrata in questa fase è stata la scarsità di informazioni e fonti primarie sulle quali ricostruire le profondità della facciata. Questo fatto ha reso necessaria un'approfondita ricerca di riferimenti adeguati, lasciando comunque delle porzioni ricostruite con attendibilità minore. Tuttavia il modello ottenuto presenta anche molti benefici, permettendo una lettura più concreta ed allo stesso tempo profonda del modo di progettare di Palladio. Un modello tridimensionale favorisce inoltre una molteplicità di modi in cui poterlo visualizzare facendo anche uso delle tecnologie più moderne. Come visto nella parte finale dell'elaborato di tesi, attraverso la realizzazione di render fotorealistici è possibile ottenere un risultato molto concreto e calato nella realtà odierna: questo tipo di visualizzazione presenta molte potenzialità in quanto risulta accessibile e comprensibile da un pubblico più ampio, anche al di fuori dell'ambito architettonico.

In conclusione i risultati ottenuti contribuiscono in maniera attiva alla comprensione ed interpretazione dell'opera di Andrea Palladio, fornendo però un metodo applicabile ad un vasto numero di architetture, sia antiche che contemporanee.



## Fonti Iconografiche

<b>Figura 1</b> <i>Ritratto di Andrea Palladio, 1790 circa, olio su tela, Vicenza, villa Valmarana ai Nani, collezione privata -</i> <a href="https://www.palladiomuseum.org/it/mostre/volto/press">https://www.palladiomuseum.org/it/mostre/volto/press</a> .....	5
<b>Figura 2</b> <i>Ritratto di Giangiorgio Trissino, Vincenzo Catena, 1525 -</i> <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Vincenzo_Catena_Portrait_of_Gian_Giorgio_Trissino.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Vincenzo_Catena_Portrait_of_Gian_Giorgio_Trissino.jpg</a> .....	8
<b>Figura 3</b> <i>Villa Capra, detta la Rotonda – Fotografia di C. Mazzella, 2022 ...</i>	10
<b>Figura 4</b> <i>Planimetria Villa la Rotonda, Palladio Museum -</i> <a href="https://mediateca.palladiomuseum.org/palladio/immagine.php?id=12662">https://mediateca.palladiomuseum.org/palladio/immagine.php?id=12662</a> ....	10
<b>Figura 5</b> <i>I Quattro libri dell'architettura, A. Palladio, 1570 -</i> <a href="https://it.wikipedia.org/wiki/I_quattro_libri_dell%27architettura#/media/File:Houston_Typ_525_70.671_I_qvattro_libri_dell'architettvra_-_frontispiece.jpg">https://it.wikipedia.org/wiki/I_quattro_libri_dell%27architettura#/media/File:Houston_Typ_525_70.671_I_qvattro_libri_dell'architettvra_-_frontispiece.jpg</a>	11
<b>Figura 6</b> <i>I Quattro Libri dell'Architettura, Libro Primo, dettaglio tavola ordine corinzio - Pagina tratta dalla ristampa del 2018 a cura del CISA Andrea Palladio</i> .....	12
<b>Figura 7</b> <i>Il portale maggiore realizzato da Jacopo della Quercia -</i> <a href="https://it.wikipedia.org/wiki/Porta_Magna">https://it.wikipedia.org/wiki/Porta_Magna</a> .....	16
<b>Figura 8</b> <i>Sezione di S. Petronio con la navata centrale secondo il disegno del Terribilia - Figura tratta dal libro di A. Gatti, La basilica di S. Petronio ed il concorso per la sua facciata, Bologna/Successori Monti, 1887, pag. 25.....</i>	17
<b>Figura 9</b> <i>Baldassare Peruzzi. Proposta per la facciata con campanile ottagonale, Basilica di San Petronio, Bologna, 1522 -</i> <a href="https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/">https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/</a> .....	19
<b>Figura 10</b> <i>Jacopo Barozzi da Vignola. Seconda proposta per la facciata, Basilica di San Petronio, Bologna, 1545 -</i> <a href="https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/">https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/</a> .....	20
<b>Figura 11</b> <i>Giulio Romano. Proposta per la facciata con due versioni alternative, Basilica di San Petronio, Bologna, 1545 -</i> <a href="https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/">https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/</a> .....	21
<b>Figura 12</b> <i>Andrea Palladio e Francesco Terribilia. Proposta per la facciata con mantenimento del basamento esistente (sezione D-D), Basilica di San Petronio, Bologna, 1572 - Versione digitale del disegno originale fornita dal Palladio Museum di Vicenza</i> .....	22
<b>Figura 13</b> <i>Andrea Palladio. Proposta per la facciata col basamento di Antonio di Vincenzo (sezione F-F), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578 - Versione digitale del disegno originale fornita dal Palladio Museum di Vicenza</i> .....	23
<b>Figura 14</b> <i>Andrea Palladio. Proposta per la facciata con basamenti classici (sezione E-E), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578 - Versione digitale del disegno originale fornita dal Palladio Museum di Vicenza</i> .....	24
<b>Figura 15</b> <i>Andrea Palladio. Proposta per la facciata con due versioni all'antica (sezione G-G), Basilica di San Petronio, Bologna, 1578 - Versione digitale del disegno originale fornita dal Palladio Museum di Vicenza</i> .....	25
<b>Figura 16</b> <i>Andrea Palladio. Proposta per la facciata con portico, Worcester College Library, Oxford, 1578-79 - Figura tratta dall'articolo di J. S. Ackerman, Palladio, Michelangelo and publica magnificentia, annali di architettura, CISA Andrea Palladio, 2010.....</i>	26

<b>Figura 17</b> <i>Andrea Palladio, architetto. Camillo Azzone, disegnatore. Proposta per la facciata con portico, Basilica di San Petronio, Bologna, 1579</i> - <a href="https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/">https://www.foliamagazine.it/bologna-san-petronio/</a> .....	26
<b>Figura 18</b> <i>Camera Calibration per una macchina fotografica Canon 1300D</i> - Screen dal programma Metashape fatto dall'autrice della tesi .....	28
<b>Figura 19</b> <i>Google Maps, screen di Piazza Maggiore e della Basilica di San Petronio. Progettazione delle riprese</i> .....	31
<b>Figura 20</b> <i>Utilizzo del ColorChecker alla fine di un set di ripresa</i> - Fotografia di L. Ballestri e C.Mazzella.....	32
<b>Figura 21</b> <i>A. Palladio, I Quattro Libri dell'Architettura, Libro pag.57. Costruzione geometrica delle cornici</i> - Pagina tratta dalla ristampa del 2018 a cura del CISA Andrea Palladio .....	40
<b>Figura 22</b> <i>Andrea Palladio. Proposta per la facciata con portico, Worcester College Library, Oxford, 1578-79</i> - Figura tratta dall'articolo di J. S. Ackerman, <i>Palladio, Michelangelo and publica magnificentia</i> , annali di architettura, CISA Andrea Palladio, 2010.....	59
<b>Figura 23</b> <i>Ricostruzione 3D del progetto di Palladio conservato al Worcester College a opera di James S. Ackerman e Scott Schiamburg con M.Kane</i> - Figura tratta dall'articolo di J. S. Ackerman, <i>Palladio, Michelangelo and publica magnificentia</i> , annali di architettura, CISA Andrea Palladio, 2010 ....	60
<b>Figura 24</b> <i>Esempio di trabeazione ricostruita in 3D e sua superficie di origine</i> – Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	61
<b>Figura 25</b> <i>Pilastro corinzio ricostruito in 3D</i> - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	62
<b>Figura 26</b> <i>Dettaglio del capitello corinzio modellato in 3D</i> - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore.....	62
<b>Figura 27</b> <i>Capitello corinzio modellato in 3D sovrapposto al riferimento corrispondente tratto dal Primo Libro</i> - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	62
<b>Figura 28</b> <i>Andrea Palladio. Facciata di San Francesco della Vigna, Venezia, 1564</i> - <a href="https://mediateca.palladiomuseum.org/palladio/opera.php?id=32">https://mediateca.palladiomuseum.org/palladio/opera.php?id=32</a> .....	63
<b>Figura 29</b> <i>Dettaglio ambiguo del disegno originale in corrispondenza del timpano</i> - Versione digitale del disegno originale fornita dal Palladio Museum di Vicenza .....	63
<b>Figura 30</b> <i>Dettaglio della porzione laterale delle serliane</i> - <a href="https://www.theartpostblog.com/basilica-palladiana/">https://www.theartpostblog.com/basilica-palladiana/</a> .....	64
<b>Figura 31</b> <i>Andrea Palladio. Basilica Palladiana, Vicenza, 1549</i> - <a href="https://it.wikipedia.org/wiki/Basilica_Palladiana">https://it.wikipedia.org/wiki/Basilica_Palladiana</a> .....	64
<b>Figura 32</b> <i>Ricostruzione 3D del timpano sommitale seguendo il riferimento di San Francesco della Vigna</i> - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	64
<b>Figura 33</b> <i>Ricostruzione 3D della serliana con riferimento alla Basilica Palladiana</i> - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	65
<b>Figura 34</b> <i>Ricostruzione 3D della porzione del basamento</i> - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore.....	66
<b>Figura 35</b> <i>Ricostruzione 3D del portale laterale</i> - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	66
<b>Figura 36</b> <i>Uno dei portali laterali di San Petronio esistente</i> - <a href="https://it.wikipedia.org/wiki/Basilica_di_San_Petronio#/media/File:Bologna,_Basilica_di_San_Petronio_01.jpg">https://it.wikipedia.org/wiki/Basilica_di_San_Petronio#/media/File:Bologna,_Basilica_di_San_Petronio_01.jpg</a> .....	66

<b>Figura 37</b> Ricostruzione 3D del portale centrale - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	67
<b>Figura 38</b> Portale centrale di San Petronio esistente realizzato da Jacopo della Quercia - <a href="https://it.wikipedia.org/wiki/Porta_Magna">https://it.wikipedia.org/wiki/Porta_Magna</a> .....	67
<b>Figura 39</b> Nicchie presenti nella facciata esistente di San Petronio - Fotografia di L. Ballestri e C.Mazzella .....	67
<b>Figura 40</b> Ricostruzione 3D di una nicchia - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	67
<b>Figura 41</b> Allineamento delle costruzioni 3D del basamento con i due livelli di ordini classici - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	68
<b>Figura 42</b> Visualizzazione della schermata per la regolazione delle linee di fuga con lo strumento Perspective Match – Immagine tratta dal software Autodesk 3Ds Max .....	81
<b>Figura 43</b> Ricostruzione 3D degli infissi realizzati all'interno del modello - Immagine del modello 3D realizzato dall'autore .....	82
<b>Figura 44</b> Render della ricostruzione 3D versione 2 con sovrapposizione nella piazza odierna – Immagine ottenuta dal software 3Ds Max.....	83
<b>Figura 45</b> Render della ricostruzione 3D versione 1 con sovrapposizione nella piazza odierna – Immagine ottenuta dal software 3Ds Max.....	83

## Indice delle tavole

### Fotogrammetria

**Tavola 1:** Fotogrammetria: creazione del modello del basamento

**Tavola 2:** Fotogrammetria: modello texturizzato

**Tavola 3:** Fotogrammetria: modello realizzato da riprese con drone

**Tavola 4:** Fotogrammetria: unione dei modelli

**Tavola 5:** Fotogrammetria: ortofoto

### Restituzione bidimensionale

**Tavola 6:** Restituzione bidimensionale: disegno 64

**Tavola 7:** Restituzione bidimensionale: disegno 64 – riferimenti e interpretazioni

**Tavola 8:** Restituzione bidimensionale: disegno 64 – processo nei dettagli – parte 1

**Tavola 9:** Restituzione bidimensionale: disegno 64 – processo nei dettagli – parte 2

**Tavola 10:** Restituzione bidimensionale: disegno 64 – processo nei dettagli – parte 3

**Tavola 11:** Restituzione bidimensionale: disegno 64 – processo nei dettagli – parte 4

**Tavola 12:** Restituzione bidimensionale: disegno 64 – sovrapposizione del disegno

**Tavola 13:** Restituzione bidimensionale: disegno 62 – metà sinistra

**Tavola 14:** Restituzione bidimensionale: disegno 62 – metà destra

**Tavola 15:** Restituzione bidimensionale: disegno 62 – metà sinistra – riferimenti e interpretazioni

**Tavola 16:** Restituzione bidimensionale: disegno 62 – metà destra – riferimenti e interpretazioni

**Tavola 17:** Restituzione bidimensionale: disegno 62 – sovrapposizione del disegno

### Restituzione tridimensionale

**Tavola 18:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 - riferimenti

**Tavola 19:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 – confronto tra le versioni

**Tavola 20:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 – confronto tra i dettagli delle versioni

**Tavola 21:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 – viste finali – versione 1

**Tavola 22:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 – viste finali – versione 2

**Tavola 23:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 v1 – grado di attendibilità

**Tavola 24:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 v2 – grado di attendibilità

**Tavola 25:** Restituzione tridimensionale: disegno 64 – sovrapposizione del modello tridimensionale

## Bibliografia

1. **Burns, Howard.** *Andrea Palladio (1508-1580): la creazione di un'architettura sistematica.* . [a cura di] Guido Beltramini. Vicenza : Un paesaggio palladiano - Opere di Andrea Palladio nel Veneto, catalogo della mostra, 1998.
2. **Beltramini, Guido.** *Palladio Privato.* s.l. : Lars Müller Publishers, 2012.
3. **Palladio, Andrea.** *I Quattro Libri dell'Architettura.* Venezia : Ristampa 2018 a cura del CISA Andrea Palladio, 1570.
4. **Gatti, Angelo.** *La basilica di S. Petronio ed il concorso per la sua facciata.* Bologna : Successori Monti, 1887.
5. **Gatti, Angelo.** *La fabbrica di S. Petronio. Indagini storiche (con 18 disegni).* s.l. : Regia tipografia, 1889.
6. **Beltramini, Guido.** What Was History for Patrons and Architects in Bologna in 1579? *Canadian Centre for Architecture.* 2017.
7. **Ficacci, Luigi.** San Petronio e la sua facciata: una storia lunga 600 anni. *Bologna Festival.* 2022.
8. **Ackerman, James S.** Palladio, Michelangelo and publica magnificentia. *Annali di Architettura, CISA Andrea Palladio.* 2010.
9. **Gaiani, Marco.** Materiale didattico del corso 96332 - FOTOGRAMMETRIA PER L'ARCHITETTURA CON LABORATORIO. Bologna : s.n., 2021-2022.
10. **Münster, S., Apollonio, F. I., Bluemel, I., Fallavollita, F., Foschi, R., Grellert, M., Ioannides, M., Jahn, P. H., Kurdiyovsky, R., Kuroczyński, P., Lutteroth, J.E., Messemer, H. and Schelbert, G.** *Handbook of Digital 3D Reconstruction of Historical Architecture.* s.l. : Springer, 2024.
11. **Schiamberg, Scott.** Palladio's lost, rejected, and found porticos: façade projects for San Giorgio, the Redentore, and San Petronio. *Annali di Architettura, CISA Andrea Palladio.* 2010.