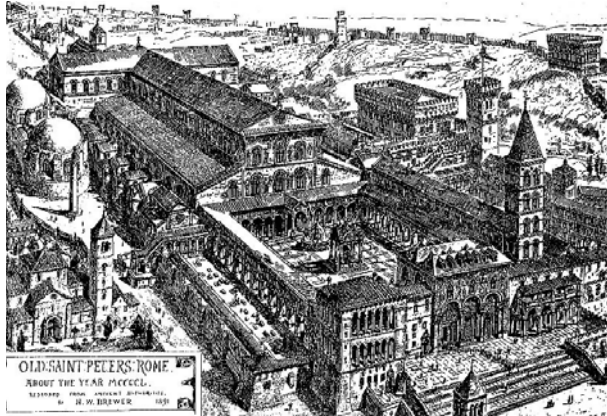


Mauro D'Arcangelo – Fabio Della Schiava

DALL'ANTIQUARIA UMANISTICA ALLA MODELLAZIONE 3D: UNA PROPOSTA DI LAVORO TRA TESTO E IMMAGINE*

1. *La basilica costantiniana di S. Pietro in Vaticano tra testo e immagine*

Disegnatore inglese di età vittoriana, Henry William Brewer (1836-1903) firmò sulla rivista *The Builder* diverse ricostruzioni di antichi e perduti luoghi della Storia¹. Tra le famose illustrazioni della Oxford medievale e della Londra dei Tudor, trova posto anche una bella immagine dell'antica basilica costantiniana di S. Pietro a Roma, che ha avuto una tale fortuna editoriale da costituirne a tutt'oggi la più diffusa delle



1. Ricostruzione dell'antica basilica vaticana
(da H.W. Brewer, *The builder*, 62, 1892)

ricostruzioni [fig. 1]. Non c'è manuale o pubblicazione sul tempio vaticano che non la riporti, spesso con l'introduzione di modifiche più o meno sostanziali e sempre tacendone il quasi dimenticato autore². Così accadde ad esempio in un articolo con cui Bruno Vignati rilanciò nel 1959 gli studi sul *De rebus antiquis memorabilibus basilicae S. Petri Romae* di Maffeo Vegio (1407-1458), umanista lodigiano e canonico di S. Pietro che negli anni cinquanta del Quattrocento descrisse per ultimo la veneranda chiesa prima che i papi del Rinascimento avviassero quelle trasformazioni radicali che ne stravolsero la fisionomia³. Il Vignati presentava il disegno del Brewer come «ricostruzione ideale della basilica costantiniana», riuscendo ad un tempo a tacerne l'autore e a circoscriverne l'attendibilità scientifica⁴. Tuttavia egli non avrebbe potuto avvalersi di un'illustrazione migliore da accompagnare all'operetta antiquaria del Vegio, giacché il disegnatore britannico intese fornire un rilievo prospettico della vecchia

*Mauro D'Arcangelo, informatico di professione, è autore del paragrafo 5 e di tutti rilievi tridimensionali; Fabio Della Schiava, borsista della fondazione Confalonieri di Milano, è autore dei paragrafi 1-4. Il contributo è stato reso meno imperfetto dalla generosa disponibilità di Sible De Blaauw e di Jessica Gritti, che ringraziamo vivamente. Questo progetto è nato nell'officina di Nicola Ghiaroni, nostro comune maestro d'arte e di vita. A lui dedichiamo queste pagine.

¹ «The Builder», 62, 1892.

² Non è il caso di A. Pinelli, «L'antica Basilica», *La Basilica di S. Pietro in Vaticano*, a cura di A. Pinelli, I, Modena [Mirabilia Italiae, 10], 2000, p. 30, il quale, pur fornendo una riproduzione parziale del rilievo del Brewer, ne cita la fonte.

³ B. Vignati, «Alcune note ed osservazioni sul *De rebus antiquis memorabilibus basilicae Sancti Petri Romae*», *Studi su Maffeo Vegio*, a cura di S. Corvi, Lodi, 1959, p. 58-69. In attesa della pubblicazione dell'edizione critica a cui ho atteso durante il mio dottorato, l'opera del Vegio si legge in *Acta Sanctorum Iunii* [...], illustrata a Conrado Janningo, Tomus VII seu Pars II, Antverpiae, 1717, p. 61-85. Per un più recente inquadramento dell'opera: T. Foffano, «Il *De rebus antiquis memorabilibus Sancti Petri Romae* e i primordi dell'archeologia cristiana», *Il sacro nel Rinascimento. Atti del XII Convegno internazionale, Chianciano-Pienza, 17-20 luglio 2000*, a cura di L. Secchi Tarugi, Firenze, 2002, p. 719-729; F. Della Schiava, «*Sicuti traditum est a maioribus*. Maffeo Vegio antiquario tra fonti classiche e medievali», *Aevum*, 84, 2010, p. 617-639.

⁴ Vignati, «Alcune note», 58-59.

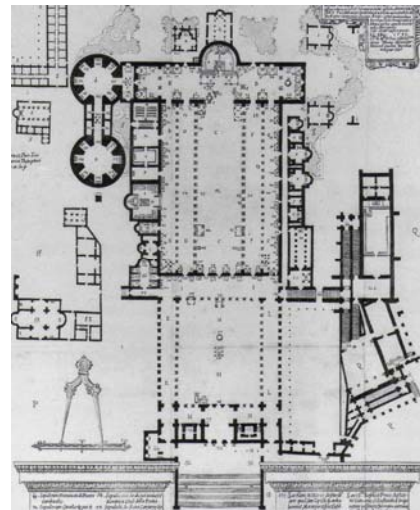
basilica «about the year MCCCCL», cioè precisamente negli anni in cui l'umanista andava a descriverla⁵.



2. Alfarano, *Supplimento* [da Catania, Biblioteca Civica Ursino-Recupero, Fondo civico B 20, sez. 4, f. 70v]

questa tradizione di studi, il beneficiato vaticano Tiberio Alfarano († 1596), corredasse di illustrazioni il testo del suo *Supplimento* *agli libri di Maffeo Vegio e Pietro Mallio* che si legge, autografo e in successive redazioni, nei codici Città del Vaticano, BAV, Arch. Cap. di S. Pietro G.5 e Catania, Biblioteca Civica Ursino-Recupero, Fondo civico B 20 [fig. 2]⁸. Accanto a questi interessanti paratesti, egli realizzò la famosa *ichnographia* («pianta») della basilica vaticana, che accompagna idealmente la sua opera più importante, il *De basilica vaticana antiquissima et nova structura* [fig. 3], e che costituì a lungo la «mappa» orientativa della basilica con cui studiosi di più generazioni hanno agevolato la lettura di tutte le *descriptiones* menzionate⁹. Sul solco della tradizione aperta dall'Alfarano si pose il bolognese

Il tentativo del Brewer di fare rivivere per immagini l'antico tempio di Pietro non è d'altronde privo di precedenti ma si iscrive al contrario in una tradizione che rimonta già al Rinascimento e che non si sviluppò nei cenacoli di prim'ordine della letteratura umanistica, bensì nelle silenti ma laboriose stanze del Capitolo di S. Pietro, dove tra il Medioevo e i nostri giorni l'erudizione di canonici e beneficiati non ha visto che sporadiche battute d'arresto⁶. Tra i secoli XII e XV la basilica fu infatti oggetto di almeno tre significative descrizioni: la *Descriptio Basilicae Vaticanae* del canonico Pietro Mallio (ca. 1160), la revisione (ricca di nuove notizie) della stessa *Descriptio* per opera di un canonico di nome Romano (ca. 1192) e infine la già menzionata operetta del Vegio⁷. Ma è con il sec. XVI che le descrizioni della basilica iniziarono ad affiancare



3. *Ichnographia* della basilica vaticana [da Alfarani *de basilicae...structura*]

⁵ Così recita la didascalia della sua immagine: cfr. fig. 1.

⁶ D. Rezza - M. Stocchi, *Il Capitolo di S. Pietro in Vaticano dalle origini al XX sec. Vol. I: la storia e le persone*, Città del Vaticano, E.C.V., 2008; rec. in «Aevum», 83 (2009), 1002-1004.

⁷ Petri Mallii *Descriptio Basilicae Vaticanae aucta atque emendata a Romano presbitero*, ed. R. Valentini-G. Zucchetti, *Codice topografico della città di Roma*, vol. III, Roma, Regio istituto storico italiano per il Medioevo [Fonti per la storia d'Italia, 90], 1946, p. 375-381; F. Della Schiava, «Per la storia della Basilica Vaticana nel '500: una nuova silloge di Tiberio Alfarano a Catania», *Italia medioevale e umanistica*, 48, 2007, p. 257-282.

⁸ J. Ruyschaert, «Alfarano, Tiberio», *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 2, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1960, p. 261; Della Schiava, «Per la storia», p. 257-282.

⁹ Tiberii Alfarani *De Basilicae Vaticanae antiquissima et nova structura*, ed. M. Cerrati, Roma, Tipografia Poliglotta Vaticana [Studi e Testi, 26], 1914. L'*ichnographia*, impressa per la prima volta nel 1590, venne pubblicata dal gesuita Conrad (o Coenraad) Janninck accanto alle sue edizioni della *descriptio* di Pietro Mallio e del *De rebus antiquis memorabilibus* del Vegio: *Acta Sanctorum Iunii* [...], illustrata a Conrado Janningo, Tomus VII seu Pars II, Antverpiae, 1717, p. 91. Medesima funzione svolge oggi la pianta pubblicata dal De Blaauw nel suo *Cultus et Decor. Liturgia e architettura nella Roma tardoantica e medievale*, vol. II, Città del Vaticano, Biblioteca Apostolica Vaticana [Studi e Testi, 356], 1994, di cui un dettaglio è qui riprodotto alla fig. 15.

Giacomo Grimaldi (1568-1623)¹⁰. Chierico beneficiato della basilica e sottoarchivista del Capitolo, egli allestì nel codice autografo Città del Vaticano, BAV, Barb. lat. 2733 una *Descrizione della basilica antica di S. Pietro in Vaticano* e si avvalse per gli apparati illustrativi dei rilievi di eccezionale valore che il coevo pittore Domenico Tasselli da Lugo aveva realizzato nel manoscritto Città del Vaticano, BAV, Arch. Cap. S. Pietro A64 ter, altrimenti noto come *Album di S. Pietro*¹¹. Rispetto al precedente dell'Alfarano, il Grimaldi portò le illustrazioni dai margini al centro della pagina; i suoi rilievi di altari e cappelle e le sue sezioni della basilica diventarono vere e proprie ricostruzioni prospettiche che consentirono per la prima volta una visualizzazione «tridimensionale» dell'antico luogo di culto.

L'inclusione di corredi figurativi alle descrizioni era figlia del senso di impotenza che questi eruditi capitolari avvertivano rispetto alle radicali ed incessanti trasformazioni del tempio pietrino durante tutto il sec. XV. I rilievi dell'Alfarano e del Grimaldi avevano cioè un preciso ruolo conservativo, che si rivelava tanto più urgente quanto più spedite procedevano le demolizioni. Tuttavia non sempre i due chierici arrivarono per tempo. Al contrario di quanto capitò in sorte al Vegio, infatti, la basilica non si presentava all'Alfarano e al Grimaldi nella sua integrità ma anzi appariva loro come un corpo sventrato, privo di buona parte del transetto e di molte delle strutture architettoniche originarie. È dunque nel cono d'ombra che si proietta sui cento anni intercorsi tra l'opera erudita del Vegio e quella dell'Alfarano che si esercita maggiormente l'acribia degli storici dell'Arte, nel tentativo di ricostruire e dare forma all'antica e millenaria basilica.

Le nuove tecnologie informatiche e un opportuno trattamento delle fonti documentarie consentirebbero oggi di realizzare una modellazione ideale in tre dimensioni della basilica costantiniana di S. Pietro che sia di aiuto tanto alla ricerca quanto alla conservazione. Il presente progetto intende inserirsi nella tradizione di cui abbiamo tracciato le linee generali e a cui intendiamo apportare le competenze tecnologiche della contemporaneità, nonché il sempre più ricco bagaglio di conoscenze storiche e filologiche intorno al tempio pietrino. In particolare, esso vuole raccogliere le sollecitazioni venute da iniziative scientifiche affini che si sono succedute negli ultimi quindici anni e che hanno prodotto risultati di alto valore, sia sul piano della definizione metodologica sia su quello della realizzazione. Ci riferiamo al *Cultural VR Lab*, progetto di ricostruzione dei principali monumenti della Roma antica (poi esteso ad altri capolavori architettonici del mondo) che fu avviato nel 1997 dall'Università della California e che si avvalse di un'equipe di straordinario valore diretta da Bernard Frischer¹². Ma pensiamo anche ai più recenti saggi di ricostruzione tridimensionale pubblicati dall'unità di ricerca guidata da Serena Romano e Maria Andaloro, che sono per noi tanto più preziosi in quanto parzialmente centrati sul caso della basilica di S. Pietro¹³. Il lettore potrà allora chiedersi quale senso abbia, dopo due esperienze così significative, tornare a scommettere su un progetto di modellazione tridimensionale di un edificio antico. Di ragioni ce n'è invero più d'una. Da un lato, infatti, il progetto del *Cultural VR Lab* ha concesso all'architettura tardoantica il solo spazio occupato dalla basilica romana di S. Maria Maggiore, lasciando il vuoto sulle altre meraviglie di età costantiniana,

¹⁰ M. Ceresa, «Grimaldi, Giacomo», *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 59, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2002, p. 516-518.

¹¹ L'edizione dell'opera del Grimaldi si legge in *Descrizione della Basilica antica di S. Pietro in Vaticano. Codice Barberini latino 2733*, ed. R. Niggel, Città del Vaticano, Biblioteca Apostolica Vaticana [Codices e vaticanis selecti quam simillime expressi iussu Pauli pp. VI consilio et opere curatorum Bibliothecae Vaticanae, 32], 1972.

¹² Il *Cultural VR Lab* è visitabile al sito web <http://www.cvrlab.org>. Il suo ultimo aggiornamento risale al 3 febbraio 2003.

¹³ M. Andaloro, *La pittura medievale a Roma, 312-1431. Atlante, percorsi visivi*, Milano, Jaca Book, 2006.

tra cui la basilica pietrina. Dall'altro, Romano e Andaloro hanno fatto della ricostruzione tridimensionale un utilizzo funzionale alla presentazione dei cicli pittorici della basilica antica, rivendicando, rispetto all'obiettivo di una sua ricostruzione ideale, il più specifico intento di presentare «elaborazioni grafiche studiate per fare emergere il vincolo fra dipinti murali e contesti»¹⁴. Infine, l'elaborazione di nuovi *software* e la disponibilità di sempre più sofisticate tecnologie informatiche rendono entrambe quelle esperienze già superate dal punto di vista della qualità grafica e delle opportunità di utilizzo delle immagini a scopi di ricerca.

Per non incappare in poco attendibili ricostruzioni ovvero in imbarazzanti irrocervi filologici è opportuno stabilire fin dall'inizio quale basilica costantiniana si voglia ricostruire, giacché è evidente che nella sua millenaria storia essa è stata oggetto di modifiche, restauri e stratificazioni sia architettoniche sia decorative: la nostra scelta è quella di elaborarne un'immagine che illustri come doveva apparire a un pellegrino della metà del sec. XV, cioè negli anni in cui il Vegio ne tracciava l'ultima preziosa descrizione e Bernardo Rossellino si apprestava a demolirne le vestigia più antiche.

Il lavoro di modellazione di questa particolare età della basilica può contare sul supporto delle fonti letterarie menzionate ma anche di fonti non letterarie come schizzi, disegni, dipinti, annotazioni e rilievi. Tutto questo materiale è già stato trattato e organicamente sistematizzato da Richard Krautheimer e dai suoi collaboratori nel V volume del *Corpus basilicarum christianarum Romae*, grazie al quale si può accedere ad una messe notevole di dati e a misurazioni, macroscopiche e microscopiche, piuttosto attendibili¹⁵. Altri due studi significativi a cura di Sible De Blaauw e Antonio Pinelli permettono inoltre di fare il punto su alcune questioni di ordine storico, architettonico e liturgico, integrando e talvolta rendendo eloquente la altrimenti asciutta documentazione del Krautheimer¹⁶. Altra bibliografia specifica può, come si vedrà più oltre per il caso del mausoleo degli Anici, colmare lacune persistenti su specifici problemi.

La relativa abbondanza della documentazione in nostro possesso consente di operare sul doppio binario della modellazione d'insieme dell'antico tempio e della restituzione e ricostruzione dei dettagli architettonici e ornamentali. Abbiamo individuato tre livelli di modellazione a seconda del grado di delimitazione – e quindi di definizione – dell'oggetto rappresentato. Infine, laddove non dovessimo disporre di dati chiari ed univoci, si provvederà alla formulazione di un'ipotesi costruttiva.

¹⁴ Andaloro, *La pittura*, p. 12.

¹⁵ R. Krautheimer - S. Corbett - A.K. Frazer, *Corpus basilicarum christianarum Romae. The early christian basilicas of Rome (IV-IX cent.)*, Città del Vaticano, P. Istituto di Archeologia Cristiana - Institute of Fine Arts, New York University, vol. V, 1977, p. 165-279.

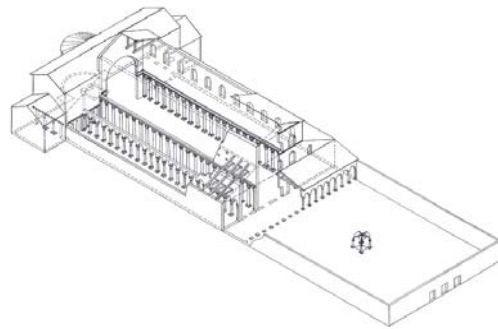
¹⁶ A questi studi fondamentali sulla basilica vaticana si aggiungano *La Fabbrica di S. Pietro. Venti secoli di storia e progetti*, a c. di A.C. Carpiceci, Città del Vaticano-Firenze, Libreria editrice vaticana-Bonechi editore, 1983; *San Pietro, arte e storia nella basilica vaticana*, a c. di G. Rocchi Coopmans de Yoldi, intr. del card. V. Noè, Bergamo, Bolis, 1996; *L'architettura della Basilica di San Pietro: storia e costruzione*, Atti del Convegno di studi (Roma, Castel S. Angelo, 7-10 novembre 1995), a c. di G. Spagnesi, Roma, Bonsignori, 1997; *St. Peter's in the Vatican*, ed. by W. Tronzo, Cambridge, Cambridge University press, 2005 con vasta bibliografia ragionata alle p. 305-313.

2. Modellazione di primo livello o modellazione d'insieme.

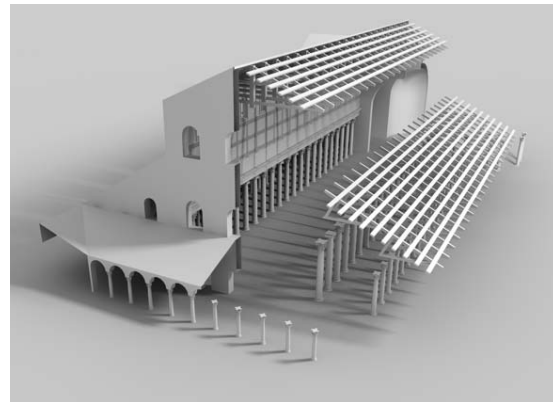
La modellazione tridimensionale di insieme dell'antica basilica costantiniana è il primo stadio del progetto di ricostruzione e può contare sul supporto di diversi rilievi che sono stati pubblicati nel corso dell'ultimo secolo. Data l'impossibilità – almeno in questa fase iniziale – di vagliare l'attendibilità scientifica di ciascuno di essi, abbiamo deciso di adottare come punto di partenza la sezione assonometrica elaborata nel 1979 da Hugo Brandenburg e ripubblicata, con precisazioni e aggiunte, in un suo studio del 2004 [fig. 4]¹⁷. Esso costituisce la ricostruzione più precisa attualmente a nostra disposizione e per il suo alto livello di definizione geometrica si presta assai bene ad essere rielaborata dal software di digitalizzazione [fig. 5]. L'attestazione del rilievo del 1979 nel contributo di Pinelli dà inoltre un avvallo scientifico al suo utilizzo¹⁸.

La conversione digitale del prospetto consente di correggere quelle imperfezioni che, ancorché lievi, sono fisiologiche in qualsiasi disegno meccanico, riducendone i margini di approssimazione. Inoltre, essa permette di fruire di un disegno dinamico che può essere osservato ed esaminato da punti di vista diversi da quello originale.

Proprio per la sua versatilità, la nostra ricostruzione può essere confrontata con i rilievi antichi, come la nota sezione frontale della basilica del Tasselli [fig. 6], permettendo da un lato di verificarne la tenuta sul piano geometrico e dall'altro di acquisire nuovi dettagli utili per la definizione d'insieme della struttura. Nel caso specifico, ad esempio, è possibile integrare la schematica rappresentazione grafica del sistema di capriate lignee del soffitto offerta dal Brandenburg e contestualmente si può guadagnare il particolare dei riquadri che incorniciavano le scene dell'Antico e del Nuovo Testamento affrescate sulle pareti della navata centrale e che, per quanto si evince dai disegni del Tasselli e del Grimaldi, erano inquadrati da cornici scandite da coppie di colonnine aggettanti¹⁹. Un ulteriore problema



4. Sezione assonometrica della basilica in età costantiniana [da Brandenburg, *Die frühchristlichen Kirchen*, 278]



5. Modellazione tridimensionale della sezione assonometrica del Brandenburg.

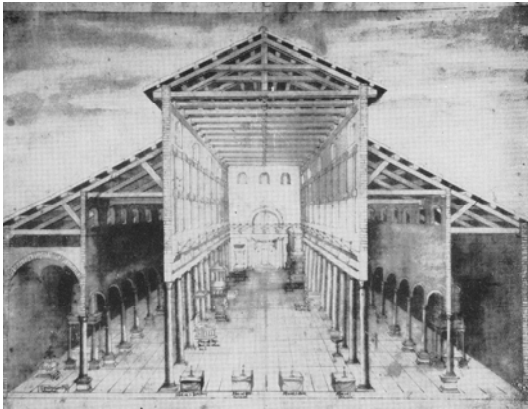
¹⁷ H. Brandenburg, *Roms frühchristliche basiliken des 4. Jahrhunderts*, München, Wilhelm Heyne Verlag, 1979, p. 130-131; Id., *Die frühchristlichen Kirchen Roms vom 4. bis zum 7. Jahrhundert. Der Beginn der abendländischen Kirchenbaukunst*, Fotos von A. Vescovo, Regensburg, Schnell-Steiner, 2004, p. 278 (anche in edizione italiana: *Le prime chiese di Roma IV-VII secolo: l'inizio dell'architettura ecclesiastica occidentale*, Milano, JacaBook, 2004).

¹⁸ Pinelli, «L'antica basilica», p. 13.

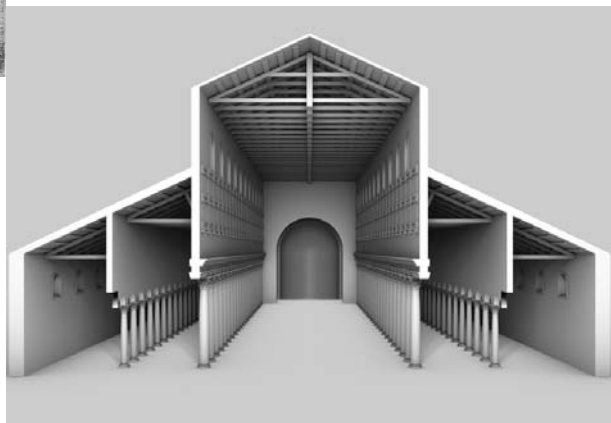
¹⁹ Il ciclo pittorico si può parzialmente ricostruire dai rilievi delle pareti della navata centrale effettuati da Tasselli-Grimaldi: J. Snyder, *Medieval art. Painting, sculpture, architecture 4th-14th century*, New York, Harry M. Abrams, 1989, p. 57; Pinelli, «L'antica basilica», pp. 34-35; M. Andaloro, *L'orizzonte tardoantico e le nuove immagini: 312-468*, in *La pittura medievale a Roma, 321-1431. Corpus I*, Milano, Jaca Book, 2006, p. 312-468. In Andaloro, *La pittura*, p. 32-34 è proposto un modello di ricostruzione 3D nella quale le cornici delle singole

che abbiamo incontrato in questa fase di modellazione è quello della rappresentazione d'insieme delle ottantotto colonne che, distribuite nelle cinque navate della chiesa, ne scandiscono il ritmo interno. Diversamente da quanto accade in altre basiliche paleocristiane come S. Maria Maggiore in Roma, le colonne della basilica vaticana erano infatti piuttosto eterogenee e, come scrive Dale Kinney, «the colonnades seemed to have been composed of refuse, dislocated pieces brought together as if in a parody of Vitruvian decorum»²⁰. Un'ipotesi sulla loro dislocazione e sull'eventuale *ratio* ad essa sottesa è stata avanzata da Jürgen Christern nel 1967 a partire dall'analisi dei rilievi metrici e cromatici effettuati da Baldassarre Peruzzi (cfr. *infra* par. 3.2). La teoria dello studioso tedesco, secondo la quale le colonne erano disposte per gruppi di colore, appare attendibile ma non risolve il problema della natura dei singoli capitelli²¹. Nell'attesa di poter tornare sulla questione in modo più dettagliato, abbiamo deciso di seguire la via già indicata dal Brandenburg, offrendo una rappresentazione grafica del problema attraverso l'alternanza fortuita di capitelli ionici e corinzi.

Dopo aver creato una versione digitale dell'assonometria del Brandenburg e dopo aver provveduto alle dovute precisazioni filologiche, si procede alla realizzazione del *rendering*, cioè di un'immagine statica nella quale una scena tridimensionale di base reagisce all'introduzione di uno o più punti di luce, così da generare un effetto fotografico che consente una vera e propria esplorazione multimediale dell'edificio.



6-7. Sezione frontale della basilica costantiniana e rilievo digitale. BAV, Arch. del Cap. di S. Pietro, A 64 ter, f. 12r.
(Photo: © Biblioteca Apostolica Vaticana)



storie sono rappresentate senza spessore e prive delle colonnine aggettanti che, stando ai rilievi di Tasselli-Grimaldi, le caratterizzano. Poiché tale scelta non viene motivata, preferiamo attenerci alle testimonianze citate, ripromettendoci un futuro supplemento di indagine. L'interruzione della sequenza del doppio registro di immagini all'altezza del sesto intercolumnio della parete di sinistra, registrata anche dalla ricostruzione della Andaloro, è riportata dalle fonti: in quel punto le scene dell'*Antico testamento* erano infatti inframezzate da una *Crocifissione*, che occupava lo spazio di quattro scomparti.

²⁰ D. Kinney, «Spolia», *St. Peter in the Vatican*, p. 28.

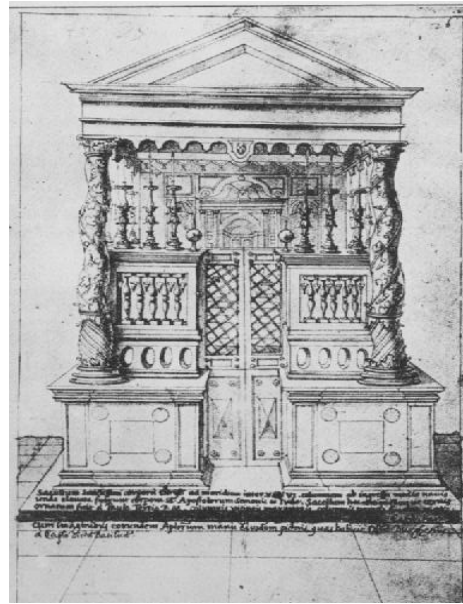
²¹ J. Christern, «Der Aufriss von Alt-St.-Peter», *Römische Quartalschrift*, 62, 1967, p. 133-183; Kinney, «Spolia», p. 29.



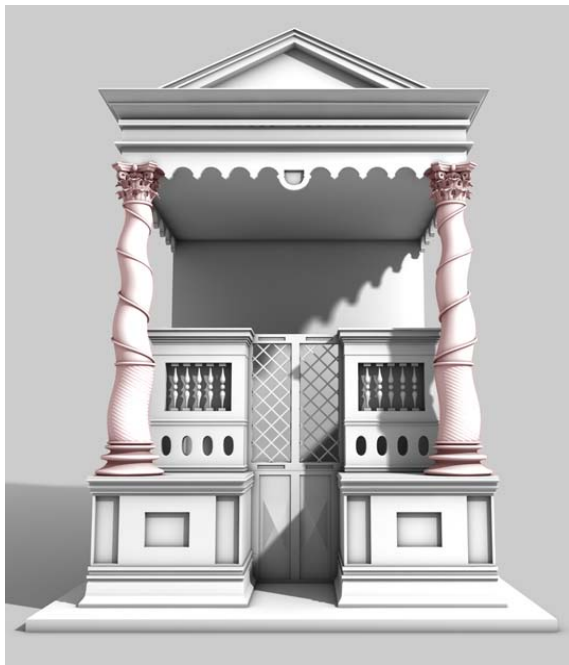
8. Navata centrale della basilica costantiniana. Prova di *rendering*.

3. Modellazione di secondo e terzo livello: «macro» e «micro» dettagli

Una volta delineato lo scheletro della basilica, si pone il problema della realizzazione degli interni, che può contare potenzialmente su un'illimitata definizione dei dettagli figurativi. Si può infatti decidere di circoscrivere la ricostruzione architettonica agli ambienti più significativi, come cappelle e oratori, con un effetto schematico e una resa cromatica in scala di grigi. Oppure si può optare per una definizione che tenga conto delle policromie dei materiali di costruzione, dei dettagli ornamentali (come il capitello di una colonna o i fregi decorativi) fino alla ricostruzione dei cicli d'affreschi. Naturalmente un lavoro di modellazione di questo tipo non può prescindere da dati documentari certi o da solide e fondate ipotesi di ricostruzione: e la maggiore quantità e attendibilità di tali dati determinerà la più alta percentuale di definizione della modellazione medesima, intendendo come «rilievo perfetto» il solo rilievo fotografico che è passibile in qualsiasi momento di un riscontro con l'oggetto «copia». Presentiamo dunque due esempi di come i dati documentari sono stati trattati nel processo di elaborazione del rilievo tridimensionale. Il primo caso pertiene alla ricostruzione dell'antico



9-10. Oratorio dei SS. Simone e Giuda
BAV, Arch. del Cap. di S. Pietro, A 64 ter, f. 22r
(Photo: © Biblioteca Apostolica Vaticana)
In basso: modellazione tridimensionale



oratorio dei SS. Simone e Giuda, che identifichiamo come una modellazione di secondo livello. Il secondo caso offre invece un esempio di modellazione di terzo livello, realizzata attraverso la ricostruzione di una delle colonne della navata centrale.

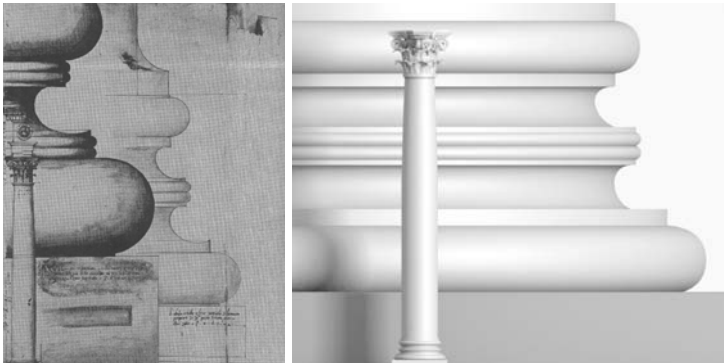
3.1. *Oratorio dei SS. Simone e Giuda.* Edificato intorno al sec. XII, l'oratorio dei SS. Simone e Giuda era collocato nella navata centrale della basilica, all'altezza del sesto intercolumnio partendo dall'ingresso²². L'oratorio sopravvisse alle demolizioni di inizio Cinquecento tanto che nel 1542 Paolo III ne ordinò il rinnovo, facendolo ornare con due colonne vitinee e con pitture ad opera di Perin del Vaga²³. In questa sua *facies* manieristica l'oratorio fu visto da Domenico Tasselli, che ne eseguì

²² De Blaauw, *Cultus*, II, p. 670.

²³ Alfarani, *De basilicae...structura*, p. 64 n. 1 e p. 55 sulle colonne vitinee, da non confondersi con quelle celebri di età costantiniana che andavano a rinserrare anticamente l'altare maggiore; De Blaauw, *Cultus*, II, p. 670.

un rilievo nel suo *Album di S. Pietro* [fig. 9], poi ripreso dal Grimaldi nella sua *Descrizione*²⁴. Gli unici due prospetti di cui possiamo avvalerci per la nostra modellazione sono dunque di molto successivi alla metà del sec. XV e presentano elementi di contaminazione che nulla hanno a che vedere con lo stadio di evoluzione della basilica che si vuole rappresentare. Si è scelto quindi di ricostruire l'oratorio seguendo il rilievo del Tasselli – ben più preciso della copia grimaldiana – e di evidenziare con un colore «di controllo» le stratificazioni architettoniche successive al sec. XV, in modo da marcare visivamente lo spazio per un futuro intervento di espunzione e sostituzione [fig. 10].

3.2. *Colonne della navata centrale.* Minori problemi di ordine filologico sono posti dalla ricostruzione delle colonne della navata centrale, per la quale disponiamo di due fonti di eccezionale valore: un rilievo planimetrico complessivo di Baldassarre Peruzzi databile al secondo quarto del sec. XVI, con assai dettagliate misurazioni e indicazioni cromatiche di ogni singola colonna²⁵, e un disegno di Cherubino Alberti, che consente di avere un'idea della forma di basamenti e capitelli²⁶. La combinazione degli elementi documentari in nostro possesso sortisce un risultato assai verosimile e filologicamente attendibile, come si può constatare nella modellazione che abbiamo realizzato di una colonna «in granito bianco» [fig. 13]²⁷.



11-13. A sinistra: Cherubino Alberti, colonna della navata centrale (1580 ca) e modellazione tridimensionale. (Ripr. con il permesso del Ministero per i Beni e le Attività Culturali)

Sopra: modellazione di una colonna della navata centrale «in granito bianco».

²⁴ Grimaldi, *Descrizione*, p. 72.

²⁵ Firenze, Galleria degli Uffizi, Gabinetto Disegni e Stampe, 108 r-v per gli schizzi del Peruzzi e 1083 r-v, 1084r per le loro trascrizioni «in pulito» realizzate da Antonio da Sangallo: Krautheimer, *Corpus*, p. 233-237; H. Wurm, *Baldassarre Peruzzi. Architekturzeichnungen*, Tafelband, Tübingen, Verlag Ernst Wasmuth, 1984, p. 117-119; Kinney, *Spolia*, p. 27.

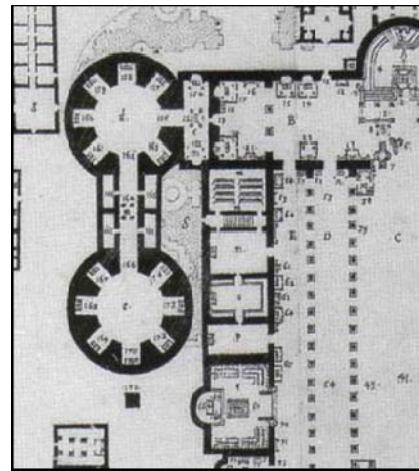
²⁶ Roma, Gabinetto Nazionale delle Stampe, vol. 2502, f.9r: Krautheimer, *Corpus*, p. 238; Pinelli, «L'antica basilica», p. 16. Krautheimer ne propone la datazione al 1570 ma l'Alberti è documentato a Roma dal 1578: I. Belli Barsali, «Cherubino, Alberti», *Dizionario biografico degli Italiani*, vol. 1, Roma 1960, p. 688-689. Sembra dunque più attendibile la datazione del Pinelli al 1580.

²⁷ Anche in questo caso tuttavia ci riserviamo una futura verifica dei dati del Peruzzi e delle trascrizioni effettuate dal Krautheimer, che potrebbe giungere proprio dalla fase di modellazione delle singole colonne all'interno della struttura della basilica.

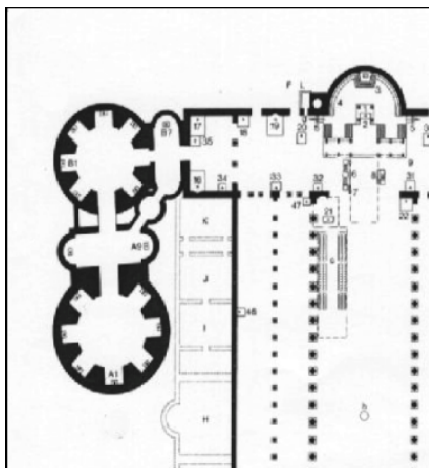
4. *Ipotesi ricostruttive: le rotonde basilicali e il mausoleo degli Anici*

Il lavoro di modellazione della basilica vaticana si rende tanto più complesso quanto minori sono i dati documentari a nostra disposizione. Per di più, in alcuni casi essi si limitano a non più di qualche riga descrittiva, tramandataci da fonti remote e prive di alcun corredo illustrativo. La mancanza di informazioni si avverte con maggior forza per quegli ambienti della basilica, alcuni di capitale importanza storico - artistica, che furono coinvolti nel primo sventramento del tempio costantiniano voluto da papa Niccolò V (1447-1455) e che pertanto sono sfuggiti alla felice stagione dei rilievi rinascimentali. In questi casi un intervento di ipotesi ricostruttiva può rivelarsi deludente e inattendibile, soprattutto se non condotto attraverso un lavoro di ricerca che coinvolga esperti di archeologia e storia dell'arte tardoantica e medievale; allo stesso tempo però esso offre la possibilità di riavviare gli studi su problemi a lungo dibattuti con un supporto visivo che forse ne può agevolare gli sviluppi.

4.1. *Le rotonde.* Uno dei problemi con cui gli studiosi della antica basilica vaticana si sono dovuti confrontare è quello della corretta disposizione dei due mausolei tardo-antichi che affiancavano la basilica sul lato meridionale e che furono votati al culto cristiano con il nome di S. Petronilla, in onore della mitica figlia di s. Pietro, e di S. Andrea, dal nome dell'apostolo che di Pietro era fratello. Costruita circa nel 400 d.C., la rotonda di S. Petronilla sopravvisse fino al 1520: Tiberio Alfarano e Giacomo Grimaldi non fecero dunque in tempo a vederla e non ne esistono testimonianze grafiche. Vita più lunga e miglior fortuna documentaria ebbe invece la rotonda di S. Andrea (III sec. d.C.) che fu demolita nel 1776 per fare posto alla



14. Le rotonde basilicali nell'*ichnographia* di Tiberio Alfarano.



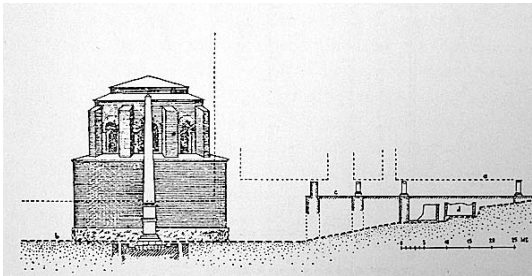
15. Pianta di Sible De Blaauw [*Cultus et decor*].

nuova Sacrestia e che è raffigurata in un particolare dell'*Adorazione del Bambino* di Piero di Cosimo (Toledo, Ohio, Museum of Art, ca. 1490-1500) nonché in due disegni del Kupferstichkabinett di Berlino, uno dei quali del noto artista neerlandese Maarten van Heemskerck²⁸. La precoce scomparsa di S. Petronilla determinò l'errata ipotesi planimetrica che l'Alfarano illustrò nella sua *ichnographia*: egli infatti non solo non distinse i diversi ordini di grandezza dei due templi ma commise anche un errore di ricostruzione dei corridoi di comunicazione delle due strutture con la chiesa principale, non essendo a conoscenza di un vestibolo esterno a S. Petronilla che rendeva S. Andrea immediatamente accessibile dal transetto²⁹. Nonostante tali errori si siano protratti fino a tempi

²⁸ Krautheimer, *Corpus*, p. 223, 226, 228; De Blaauw, *Cultus et decor*, Pinelli, «L'antica basilica», p. 42. Sulla rotonda, intitolata nel sec. XVI a S. Maria della Febbre, si veda S. De Blaauw, «Das Pantheon als christlicher Tempel», *Boreas*, XVII, 1994, p. 17-19.

²⁹ Del vestibolo dà notizia il Vegio in *De rebus antiquis memorabilibus*, IV, 127.

recenti, tanto da lasciare traccia di sé ancora nell'illustrazione del Brewer, oggi possediamo una planimetria ben più affidabile da cui partire per la nostra ricostruzione [fig. 15] e non mancano rilievi moderni del tempio di S. Andrea, i quali rielaborano le testimonianze pittoriche e grafiche di cui poc'anzi abbiamo dato conto [fig. 16]. Al contrario, il vuoto di informazioni e il silenzio degli studi che si ravvisano a proposito della rotonda di S. Petronilla ci hanno invitato, in via del tutto provvisoria, ad approntare una ricostruzione che tenesse conto delle specificità planimetriche indicate da De Blaauw, mentre per la forma esterna si è proceduto per analogia con la vicina rotonda di S. Andrea. Diversi colori marcano anche in questo caso quegli elementi la cui incertezza ricostruttiva invita a maggiore cautela. Va tenuto infine presente che, accogliendo la sollecitazione che proviene dalla pianta di De Blaauw, anche la nostra ricostruzione ha raccolto l'ipotesi di Thomas Bart sulla disposizione diagonale dell'asse dei due mausolei, sulla quale – per quanto ci è dato sapere – c'è accordo nella comunità degli studiosi³⁰.



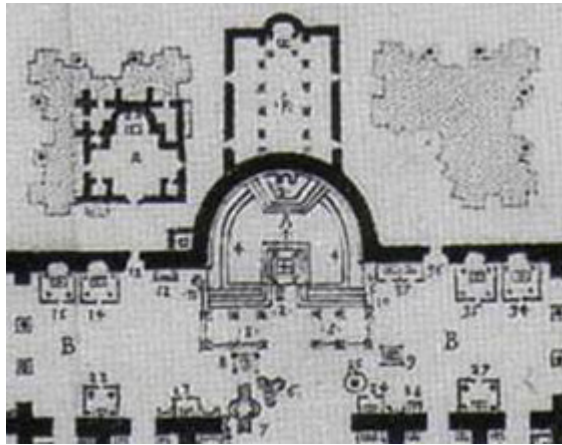
16-18. *In alto a sinistra*: obelisco vaticano e rotonda di S. Andrea secondo la ricostruzione di F. Castagnoli [tratto da Krautheimer, *Corpus*, p. 147].

Di fianco: modellazione dell'ipotesi ricostruttiva di Alfano.

Sopra: modellazione dell'ipotesi ricostruttiva di S. De Blaauw. Si noti che sono colorate le sezioni sulle quali non si posseggono documenti certi e che sono dunque passibili di futuri interventi.

³⁰ W.N. Schumacher, «Das Baptisterium von Alt-St. Peter und seine Probleme. Mit einem Beitrag von Thomas Barth», *Studien zur spätantiken und byzantinischen Kunst Friedrich Wilhelm Deichmann gewidmet*, hrsg. O. Feld - U. Peschlow, Bonn, R. Habelt, vol. I, 1986, p. 215-233.

4.2. *Il mausoleo degli Anici*. Il Mausoleo degli Anici fu edificato tra il 390 e il 410 d.C. a ridosso della Confessione di S. Pietro per accogliere le spoglie di Sesto Petronio Probo, restauratore della *gens Anicia* e personalità di rilievo del panorama politico dei suoi tempi. Per la sua speciale collocazione esso fu tra primi i monumenti investiti dalle demolizioni di metà Quattrocento. L'unica testimonianza della sua esistenza proviene da un passo del *De rebus antiquis memorabilibus* di Maffeo Vegio,



da cui dipendono tutte le fonti successive. Sei mesi prima della sua distruzione, il lodigiano visitò il mausoleo e ne descrisse il totale abbandono e il pessimo stato di conservazione. Consapevole della sua imminente scomparsa, egli si premurò dunque di darne una succinta descrizione e di trascrivere due iscrizioni funerarie che correverano lungo gli architravi interni alla struttura³¹. Così scrive il Vegio:

In hoc ergo ego templum ante sex forte menses quam dirueretur, nescio quo spiritu agente, introivi. Videram enim characteres litterarum inscriptos marmoribus, quae columnis in fronte atque utroque ex latere superposita erant, quos magno cum labore (nam nato ibi musco undique pene obscurati erant) excepi³².

La nota sommaria sulla dislocazione dei versi epigrafici è l'unico elemento a nostra disposizione per cercare di inferire quale dovesse essere la struttura architettonica del mausoleo. Sulla scorta del Vegio, Tiberio Alfaraano tentò per primo una visualizzazione grafica nella sua *ichnographia* [fig. 19]; in tempi moderni il problema fu invece affrontato da Giovan Battista De Rossi nelle sue *Inscriptiones*:

Litteras Vegius vidit musco obscuratas, nihiloque minus sueta ei cura et labore descripsit e marmoribus, quae columnis in fronte atque utroque ex latere superposita erant, id est ex epistylis sive zophoro porticus interioris hac forma ∴∴∴ Sic in basilica ad corpus s. Felicis Nolae carmina musivo picta videmus in fronte et in utroque latere epistylis interioris. In ichnographia Alfarani frons porticus interioris et columnae in fronte sitae desiderantur: de eius formae auctoritate et fide dubito. Epigramma altero loco a Vegio descriptum incisum erat in epistylis frontis; versu enim primo poetam alloquitur: *Sublimes quisquis tumuli miraberis arces*³³.

L'ipotesi ricostruttiva dell'archeologo romano, da lui corroborata attraverso un confronto tipologico con il coevo mausoleo di S. Felice a Cimitile [fig. 20], precisa la pianta del beneficiato Tiberio e propone la presenza di un portico interno al mausoleo, le cui colonne dovevano essere sormontate da architravi³⁴. Così come a Cimitile, i versi funerari di Probo

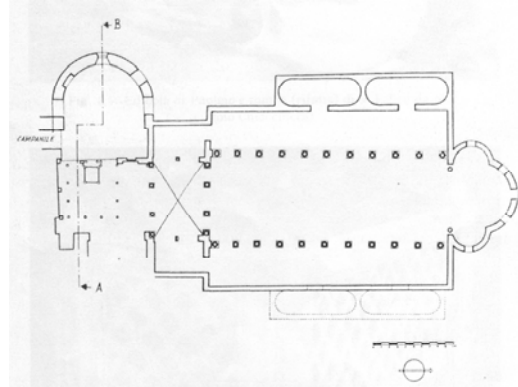
³¹ Per l'edizione degli epitafi e il prospetto degli interventi congetturali: *ICUR-NS* II, n°4219 a-b.

³² *De rebus antiquis memorabilibus*, IV, 108.

³³ *Inscriptiones christianae urbis Romae septimo saeculo antiquiores*, ed. I.B. De Rossi, Romae, II/1, 1888, p. 348.

³⁴ P. Testini, «Note per servire allo studio del complesso paleocristiano di S. Felice a Cimitile (Nola)», *Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité*, 97, 1985, p. 329-371, da cui si desume la pianta del Chierici, realizzata nel 1942 e qui adottata per maggiore comodità di lettura. Studi più aggiornati e più precisi rilievi sono oggi disponibili in *Cimitile e Paolino di Nola: la tomba di s. Felice e il centro di pellegrinaggio, trent'anni di ricerche*, Atti della

correvano lungo gli architravi medesimi, uno dei quali era collocato *in fronte* – cioè nella direzione della confessione di Pietro – e due *ex utroque latere*, cioè disposti parallelamente alle pareti laterali, così da ricreare un effetto di suddivisione per navatelle. In questo modo il componimento «Exuviis resolutus, in aetheris aequore tutum» (15 distici) era collocato nel lato interno dell'architrave mentre il componimento «Sublimes quisquis tumuli miraberis arces» (9 distici) ne occupava il lato esterno.



20. G. Chierici, complesso di S. Felice in Cimitile [tratto da Testini, *Note per scrivere*, p. 357]. La memoria del santo è collocata a sud.

Nel 1964 Richard Krautheimer ritornava sulla questione³⁵. Accordando maggiore fiducia alla pianta dell'Alfarano, che a suo avviso tradiva una visione diretta almeno delle fondamenta del tempio, lo storico dell'arte tedesco ipotizzava una suddivisione dell'aula in tre navate, e intedeva il *frons* del Vegio non come il fronte di un epistilio, ma «either the inner facade of the nave or the apse»³⁶. Il modello di riscontro tipologico era per il Krautheimer la cripta di S. Maria in Cosmedin che, secondo la sua opinione, avrebbe fatto rivivere in età carolingia il modello tardo-antico del mausoleo degli Anici. Krautheimer rifiutava anche la possibilità che i distici fossero incisi sui due lati dell'epistilio e ne propose piuttosto una dislocazione sugli architravi che sovrastavano le due file di colonne centrali («free-standing columns of the nave») e su quelli che invece dovevano collocarsi sopra delle lesene addossate alle pareti laterali («half columns and architraves ... applied to the aisle walls as well»³⁷). Una discussione filologica delle posizioni presentate esula dalle nostre competenze e dagli obiettivi del presente lavoro. Tuttavia dobbiamo constatare che rispetto alla chiara proposta del De Rossi, quella del Krautheimer risulta più confusa e assai meno visualizzabile, così come ci appare poco convincente una dislocazione dei versi su quattro architravi paralleli che ne romperebbe la continuità con l'esito di un'improbabile frammentazione. Ci limitiamo dunque a dare una forma visiva all'interpretazione che il De Rossi dà del passo del Vegio, nella speranza che future ricerche e collaborazioni competenti possano apportare un miglioramento alla nostra ricostruzione e un contributo alla storia dell'architettura tardo-antica. Dato che l'illustre archeologo non si è espresso chiaramente sulla tipologia degli architravi, offriamo due diverse letture. La prima tiene conto del confronto da lui stesso istituito con S. Felice in Cimitile, dove le colonne sono sormontate da archi secondo una tipologia ben attestata per quel periodo [fig. 21-22]³⁸; la seconda propone invece una ricostruzione con colonne sormontate da una trabeazione marmorea, come nel di poco più tardo Battistero lateranense in Roma, già proposto per un confronto tipologico dal Krautheimer [fig. 23-24].

Giornata tematica dei seminari di archeologia cristiana (École française de Rome, 9 marzo 2000), a c. di H. Brandenburg-L. Pani Ermini; con la collaborazione di P.M. Barbini, Città del Vaticano, Pontificio istituto di archeologia cristiana, 2003 e soprattutto in T. Lehmann, *Paulinus Nolanus und die Basilica Nova in Cimitile/Nola: Studien zu einem zentralen Denkmal der spätantik-frühchristlichen Architektur*, Wiesbaden, L. Reichert Verlag, 2004.

³⁵ R. Krautheimer, «The crypt of Sta. Maria in Cosmedin and the mausoleum of Probus Anicus», *Essays in Memory of Karl Lehmann*, New York, J.J. Augustin, 1964, p. 171-174.

³⁶ Krautheimer, «The crypt», 174.

³⁷ *Ibidem*.

³⁸ Come mi suggerisce Sible De Blaauw, ne costituisce un ottimo esempio il Mausoleo di S. Costanza, di qualche decennio precedente.



21-22. Memoria di San Felice in Cimitile vista da sud-est [immagine tratta da «www.flickr.com», ultimo accesso 16.06.2011] e ricostruzione digitale del Mausoleo degli Anicii secondo l'ipotesi del De Rossi. Tipologia «ad archi».



23-24. *A destra*: Battistero lateranense
[immagine tratta da
«www.it.wikipedia.org/wiki/Battistero_lateranense,
ultimo accesso 16.06.2011].

In basso: ricostruzione digitale del Mausoleo degli Anici secondo l'ipotesi del De Rossi. Tipologia «a trabeazione».



5. Dal testo all'immagine, dall'immagine alla realtà virtuale

L'ambiente di lavoro in un *software* di computer-grafica 3D è costituito da uno spazio tridimensionale dotato di un sistema di riferimento assoluto, pertanto la posizione di ogni elemento nello spazio può essere espressa in funzione di coordinate globali fisse³⁹. Lungi dall'essere una scelta ideologica a favore di una visione assoluta dello spazio, si tratta di un mero espediente pratico che rende più agevole il flusso di lavoro. Se da un lato però la nozione comune di spazio vuole che questo sia un continuo (in una retta reale⁴⁰ tra due generiche posizioni n e m , vi sono infinite altre posizioni e , soprattutto, non vi sono lacune), attraverso un calcolatore elettronico è possibile ottenere solamente un'approssimazione numerica che lo renda discreto (solo alcune posizioni sono possibili) ma abbastanza denso (le lacune sono, per quanto concerne l'utilità pratica, irrilevanti). Dal momento che tale differenza non è macroscopicamente apprezzabile, tratteremo d'ora in avanti il nostro spazio come uno spazio euclideo continuo a tre dimensioni⁴¹.

Sebbene superfluo per i nostri scopi, è previsto anche il controllo della coordinata temporale in un modo che ricorda molto da vicino il funzionamento della macchina da presa.

All'interno dello spazio è possibile inserire degli elementi, la cui specifica posizione è identificata da un vettore a tre componenti. Un vettore è un oggetto matematico che potremmo paragonare ad un contenitore e le sue componenti ne sono il contenuto. Per indicare una posizione nello spazio tridimensionale abbiamo bisogno di una terna di valori che in un sistema di assi cartesiani sono denominati convenzionalmente x , y e z . Questi valori sono immagazzinati nelle tre componenti del vettore posizione di cui sopra. Ogni vettore posizione (uno per ogni elemento presente nello spazio) identifica l'origine di un nuovo sistema di riferimento, diverso dal sistema di riferimento assoluto e specifico per quel singolo elemento.

Possiamo quindi notare come un ambiente di lavoro nella computer-grafica 3D sia strutturato sul modello della fisica classica, compreso il determinismo che assicura l'invarianza di ogni informazione numerica rispetto al tempo (sarebbe infatti problematico se la posizione di un elemento oscillasse casualmente in un intervallo di valori).

5.1. *Primitive, poliedri, spline, NURBS*. Gli elementi più semplici sono chiamati "primitive". Fra le primitive rientrano quegli elementi che è possibile costruire sulla base di pochi parametri dati: per costruire un cubo basta conoscere la lunghezza del suo lato, per una sfera basta il raggio, per un toroide bastano il raggio del cerchio massimo e il raggio della sezione circolare e così via.

Un oggetto più complesso non può però essere costruito sulla base delle sole primitive: sarebbe difficile, ad esempio,



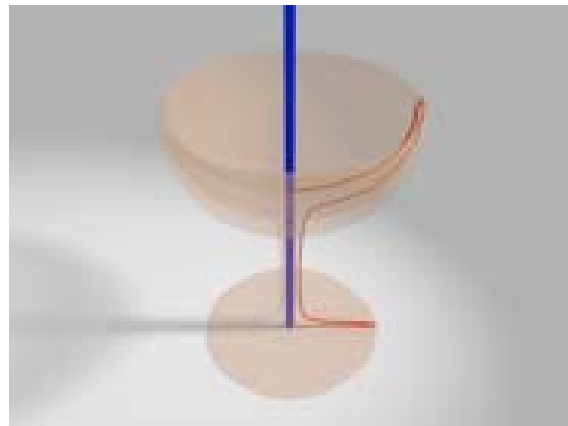
25. Un solido di rotazione molto comune: il calice.

³⁹ Con "elemento" intendiamo un oggetto tridimensionale (come un cubo), bidimensionale (come un triangolo), unidimensionale (come un segmento) o adimensionale (come un punto).

⁴⁰ L'aggettivo «reale» in questa circostanza è utilizzato in un'accezione matematica, in riferimento all'omonimo insieme numerico.

⁴¹ Per approfondimenti W. Rudin, *Principles of mathematical analysis*, Singapore, McGraw – Hill Book C., 1986.

creare un capitello corinzio verosimile, utilizzando cubi e sfere. A questo scopo introduciamo un altro tipo di elemento detto *mesh*. Si tratta di un poliedro in cui ogni vertice è identificato da un vettore posizione e da una lista di vertici a cui è connesso. Rispetto a una primitiva, che richiede poche informazioni per essere generata, una *mesh* ha associata una quantità di dati direttamente proporzionale alla sua complessità⁴². Il principale vantaggio di una *mesh* è quello di poter assumere virtualmente qualsiasi configurazione, dal momento che il modellatore ha totale libertà di scelta sulla posizione di ogni singolo vertice.



26. Il calice scomposto nei suoi elementi costitutivi: in rosso il profilo spline e in blu l'asse di rotazione.

Qualora il modellatore lo ritenesse utile, è possibile intervenire anche sugli spigoli della *mesh*, cosa che equivale ad intervenire contemporaneamente su due vertici collegati, o sulle facce, cioè intervenire nello stesso momento su n vertici, chiusi a formare un poligono. A seconda del *software* utilizzato, vi sono poi diversi strumenti che facilitano il flusso di modellazione, cioè algoritmi il cui unico compito è calcolare velocemente le trasformazioni di un gruppo finito di vertici.

Il terzo elemento che andiamo ad analizzare è la *spline*. In termini matematici si tratta di una funzione costituita da un insieme di polinomi raccordati che viene utilizzata per interpolare una serie di punti dati nello spazio⁴³. Utilizzata quando ancora i calcoli venivano fatti a mano per disegnare la carrozzeria delle automobili, la *spline* può contare ora sul supporto del calcolatore elettronico, che lo rende uno strumento estremamente versatile ed immediato.

Dalle *spline* è possibile ottenere ulteriori tipi di elementi parametrici chiamati NURBS⁴⁴, ma per brevità ne tratteremo solamente un sottoinsieme semplice e al contempo significativo: quello dei solidi di rotazione. Questi sono particolari solidi apparentemente complessi che possono però essere determinati da un numero relativamente esiguo di parametri, al pari delle primitive. Consideriamo ad esempio un calice [fig. 20]: la sua forma può essere ricavata dalla rotazione di una sua sezione attorno all'asse verticale. Tutto ciò che occorre specificare per ottenere un solido di rotazione è dunque il suo profilo, che si riduce essenzialmente ad una *spline*, e l'asse attorno cui esso ruota [fig. 21].

5.2. *Rendering*. Il fine nella computergrafica 3D è quello di ottenere una rappresentazione grafica degli oggetti modellati nello spazio che, a seconda delle esigenze, può possedere un minore o maggiore grado di realismo. Tale rappresentazione rende conto del punto di vista dell'osservatore ideale e restituisce una visione prospettica della scena creata. Inoltre il *software* è in grado di elaborare parametri reali come la temperatura di colore⁴⁵ o l'intensità di una sorgente luminosa e, se debitamente istruito, può simulare la reazione di un oggetto a tale sorgente, il che equivale all'assegnazione di un materiale specifico. Questo processo di

⁴² Una misura della complessità di una *mesh* può essere data dal numero dei suoi vertici.

⁴³ In questo contesto, per «interpolazione» si intende il calcolo di una linea curva senza discontinuità passante per ognuno dei punti dati.

⁴⁴ Acronimo per *Non Uniform Rational B-Splines*.

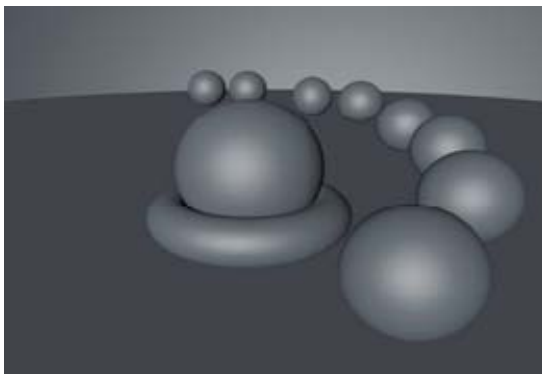
⁴⁵ La temperatura di colore è una grandezza misurata in gradi Kelvin che associa le emissioni luminose di un corpo nero alla sua temperatura.

restituzione grafica prende il nome di *rendering* e la sua definizione teorica è espressa dall'equazione integrale che segue:

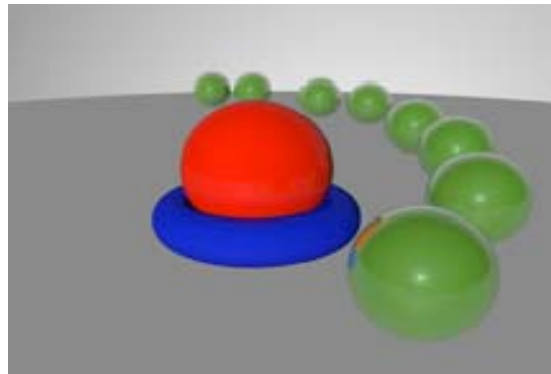
$$I(x,x') = g(x,x') [\epsilon(x,x') + \int_s \rho(x,x',x'') I(x',x'') dx'']$$

L'equazione dice che la luce uscente da uno specifico punto in una specifica direzione è la somma tra la luce emessa e la luce riflessa in quel punto⁴⁶. La luce riflessa è a sua volta legata alla luce che entra da tutte le direzioni e al coefficiente di riflessione. Data la sua estrema generalità, sarebbe impensabile impiegare l'equazione direttamente per il calcolo pratico del *rendering*. Vengono perciò adottati algoritmi specifici che possono essere visti come forme particolari dell'equazione generale. Il calcolo viene affidato ad un motore di *rendering*, che spesso è un vero e proprio *software* a sé stante. Nel corso degli anni, sono state sviluppate principalmente due categorie di motori, detti *biased* e *unbiased*.

I primi utilizzano algoritmi che simulano, attraverso espedienti più o meno sofisticati, il comportamento della luce: in questo modo diminuiscono i tempi di calcolo, ma si introduce un errore (in inglese «bias») sotto forma di artefatti. I secondi utilizzano invece complessi modelli basati sulle reali leggi dell'ottica che, nonostante richiedano tempi di calcolo estremamente lunghi anche per una macchina, sono tuttavia in grado di offrire un elevato fotorealismo. Per i motori *unbiased*, la configurazione dei parametri per il *rendering* è relativamente semplice ed è assimilabile alla preparazione di un apparato fotografico professionale; al contrario, per i motori *biased* la questione è più complessa: per raggiungere diversi gradi di realismo dell'immagine è necessario infatti impostare gli algoritmi necessari a regola d'arte, spesso adattandoli a seconda dell'inquadratura [fig. 22-25].

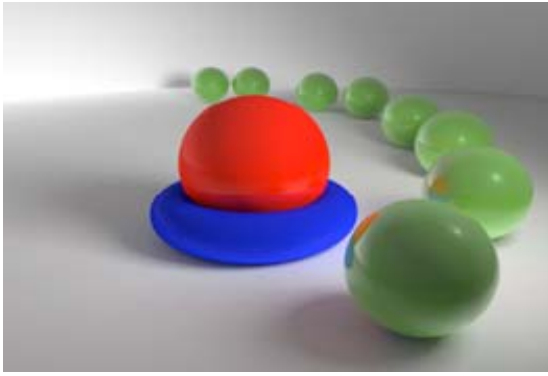


27. *Shading* semplice con luce e materiali predefiniti (tempo di *rendering*: circa 0.3 sec.).

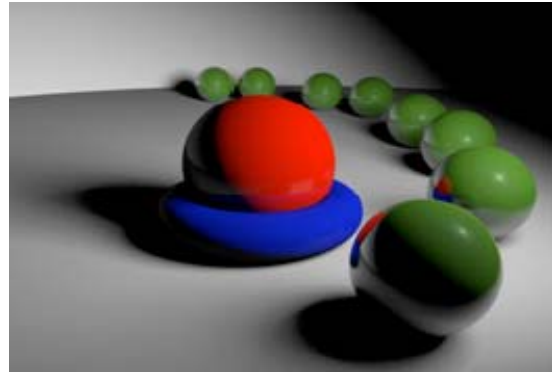


28. Aggiunta di materiali specifici (tempo di *rendering*: circa 1 sec.).

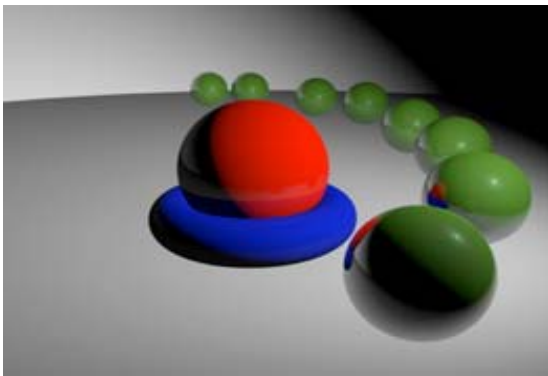
⁴⁶ James T. Kajiya, «The rendering equation», *Proceedings of the 13th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, New York, ACM Press, 1986, p. 143-150.



29. Aggiunta di una sorgente di luce che non proietta ombre (tempo di *rendering*: circa 1 sec.).

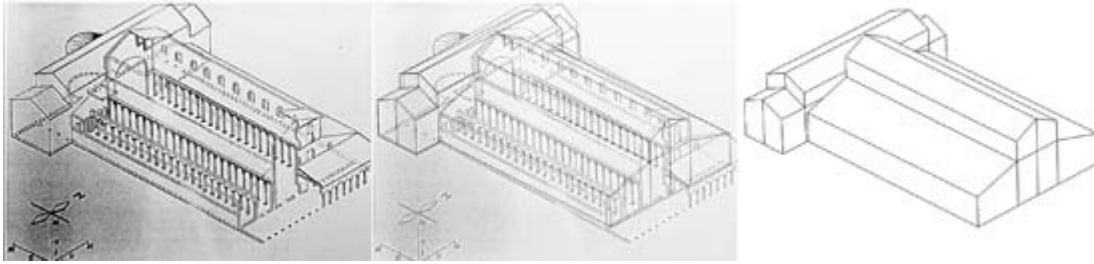


30. Aggiunta delle ombre (tempo di *rendering*: circa 10 sec.).



31. Aggiunta della *Global Illumination* (tempo di *rendering*: circa 43 sec.).

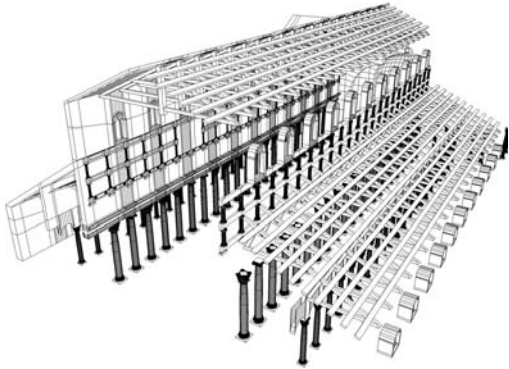
5.3. *Metodi di ricostruzione.* Come già è stato detto, la ricostruzione della struttura esterna della basilica vaticana è stata effettuata a partire da un prospetto di Hugo Brandenburg che, attraverso la creazione di uno spazio virtuale assonometrico opportunamente configurato, viene trasferito dalla pagina al *software*. È importante notare che, a differenza dell'assonometria del Brandenburg in cui l'informazione sulla terza dimensione può essere intuita solamente dalla potenza immaginativa umana, un'assonometria digitale è in grado di immagazzinare le informazioni sulla posizione (tridimensionale) di ogni singolo punto dell'oggetto modellato. In questo modo il *software* è in grado di passare automaticamente dalla visuale assonometrica a quella prospettica con una semplice e praticamente istantanea applicazione delle regole della geometria. Possiamo constatare come l'intervento umano resti essenziale per decodificare il messaggio portato da un'assonometria cartacea, e come l'utilità della macchina risieda nella precisione metrica e nella velocità di calcolo che permette di ottenere istantaneamente la visione prospettica di un oggetto da qualsiasi punto di vista.



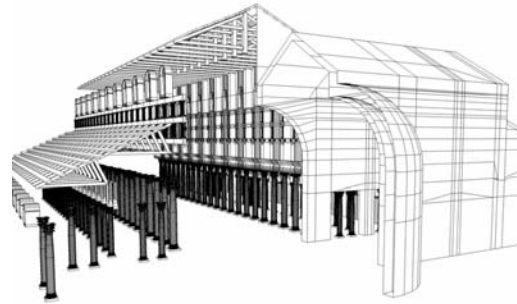
32. Fasi del processo di ricostruzione digitale dell'assonometria del Brandenburg.

Una volta ottenuto lo scheletro esterno della basilica, è stata operata una primitiva procedura di minimizzazione dell'inevitabile errore: la media. Se si vuole conoscere la lunghezza di un'asse di legno con una certa precisione, occorre effettuare diverse misurazioni che andranno, in un secondo momento, «mediate». Se alcune fra queste misurazioni risultassero sospette perché palesemente diverse dalle altre, potranno essere escluse dalla media e liquidate come casi isolati dovuti ad errori non connessi alla precisione dello strumento di misurazione. Una logica equivalente ci può portare ad affinare l'oggetto ottenuto dall'assonometria del Brandenburg e a confrontarlo con le altre fonti a nostra disposizione. Intuitivamente siamo portati ad escludere dal confronto le fonti puramente illustrative: questo equivale al rigetto di una misura considerata sospetta. Le fonti con pretese di rigore geometrico hanno invece un ruolo attivo nella media, tanto più rilevante quanto più vengono considerate attendibili. Dal confronto sono emerse discrepanze minime e non abbastanza grandi da superare il limite posto dall'incertezza media del lavoro di ricostruzione nella sua totalità. In uno sviluppo futuro del presente progetto di modellazione, si renderà assolutamente necessario uno studio matematico dell'errore nelle fonti con l'obiettivo di diminuire la soglia di incertezza.

Per la loro specificità, alcuni casi hanno tuttavia richiesto una diversa modalità di intervento. L'altare dei SS. Simone e Giuda, ad esempio, è stato modellato attraverso l'unica fonte che ne tramandi memoria, il rilievo prospettico del Tasselli la cui precisione (fatti salvi elementi di dettaglio) è fortunatamente assai elevata. Nonostante la maggiore complessità della prospettiva rispetto all'assonometria, è comunque possibile trovare un'inquadratura prospettica nello spazio virtuale che coincida con un dato quadro prospettico. Il processo può essere totalmente empirico – basato cioè su tentativi e progressive correzioni – o, grazie all'analisi delle linee di fuga, parzialmente automatizzato: proprio a causa della forte suscettibilità d'errore, questa parte del lavoro è certamente la più delicata. Una volta ritrovato il quadro prospettico, si procede, quando possibile, al rilievo degli elementi che abitano la figura (colonne, basamenti, soffitti etc.) la cui scala e posizione sono determinate in modo univoco dal *software* di modellazione in funzione delle regole della prospettiva.



33. Spaccato frontale della basilica con struttura poligonale.



34. Spaccato posteriore della basilica con struttura poligonale.



35. Vista interna della basilica con struttura poligonale.

Conclusioni

Le ricostruzioni tridimensionali di antichi edifici storici che imperversano sul *web* o in televisione colpiscono per la loro capacità di ricreare atmosfere lontane e perdute e agiscono sull'immaginazione del fruitore spesso senza alcuna pretesa di rigore scientifico. Si tratta naturalmente di una scelta precisa e legittima che predilige l'aspetto della divulgazione a quello della ricerca. Altra cosa sono invece i rilievi tridimensionali di opere d'arte tutt'ora esistenti che sono condotti principalmente per scopi conservativi e che sfruttano tecnologie sempre più raffinate, come la modellazione stereometrica. Il progetto che abbiamo qui presentato si apparenta piuttosto a quello ben più ambizioso del *Virtual Lab* nel volere porre la tecnologia informatica al servizio di scienze umane come la filologia e l'archeologia, con il proposito non solo di allestire per la prima volta una riproduzione «ideale» di uno dei più venerati e longevi complessi artistici dell'antichità, ma anche di offrire uno strumento utile per ragionare di nuovo su nodi critici e irrisolti della sua storia artistica ed architettonica. Come il lettore avrà avuto modo di notare, forse appuntandosi alcune ingenuità metodologiche o soffermandosi su aspetti che potevano essere meglio e diversamente trattati, quello che proponiamo è ancora un progetto «pilota», che necessita di apporti specialistici che contribuiscano ad una sua crescita coerente e il più possibile improntata al rigore. È necessario quindi un investimento di capitali umani e finanziari che consenta di aprire il gruppo di ricerca a storici dell'arte, a storici dell'architettura e ad archeologi e che permetta anche agli autori di liberare risorse di tempo e di intelletto per

dedicarvisi con la dedizione e la serenità dovute. Va infatti tenuto presente, a costo di cadere nell'ovvietà, che la macchina con i suoi *software* di modellazione è al servizio dello studioso e dell'informatico di cui agevola il lavoro, senza assolverlo. La fase della ricerca non si esaurisce con le istruzioni che lo storico dà all'informatico per la realizzazione di un rilievo ma continua nella fase di modellazione, nella quale competenza, esperienza e buon senso consentono all'informatico di proporre al *team* correzioni di rotta o ipotesi di lavoro differenti. L'informatico a cui noi ci rivolgiamo è di fatto un architetto che sostituisce al tecnigrafo e alla matita il computer e il mouse.

Augurandoci che il lettore avvertito voglia collaborare con noi o persino farsi nostro mecenate, gli ricordiamo un antico detto latino, che non potrebbe meglio adattarsi allo stato della Ricerca di inizio millennio: *homo sine pecunia est imago mortis*.

BIBLIOGRAFIA

Cultural VR Lab: <http://www.cvrlab.org>.

ANDALORO M., *La pittura medievale a Roma, 312-1431. Atlante, percorsi visivi*, Milano, Jaca Book, 2006.

BRANDENBURG H., *Roms frühchristliche basiliken des 4. Jahrhunderts*, München, Wilhelm Heyne Verlag, 1979, p. 130-131;

BRANDENBURG H., *Die frühchristlichen Kirchen Roms vom 4. bis zum 7. Jahrhundert. Der Beginn der abendländischen Kirchenbaukunst*, Fotos von A. Vescovo, Regensburg, Schnell-Steiner, 2004, p. 278.

DE BLAAUW S., *Cultus et Decor. Liturgia e architettura nella Roma tardoantica e medievale*, vol. II, Città del Vaticano, Biblioteca Apostolica Vaticana [Studi e Testi, 356], 1994.

PINELLI A., «L'antica Basilica», *La Basilica di S. Pietro in Vaticano*, a c. di A. Pinelli, Modena [Mirabilia Italiae, 10], I, 2000.

KAJIYA J.T., «The rendering equation», *Proceedings of the 13th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, New York, ACM Press, 1986, p. 143-150.

KRAUTHEIMER R. - CORBETT S. - FRAZER A.K., *Corpus basilicarum christianarum Romae. The early christian basilicas of Rome (IV-IX cent.)*, Città del Vaticano, P. Istituto di Archeologia Cristiana - Institute of Fine Arts, New York University, vol. V, 1977, p. 165-279.

RUDIN W., *Principles of mathematical analysis*, Singapore, McGraw – Hill Book C., 1986.