

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

Michelangelo, Della Porta e Luca Beltrami. Appunti per la conoscenza del progetto, della costruzione e della conservazione della Cupola di San Pietro attraverso le campagne di

*Original*

Michelangelo, Della Porta e Luca Beltrami. Appunti per la conoscenza del progetto, della costruzione e della conservazione della Cupola di San Pietro attraverso le campagne di restauro / DI SALVO, Marco. - STAMPA. - (2019), pp. 53-76. (Intervento presentato al convegno La forma nello spazio. Michelangelo architetto tenutosi a Caprese Michelangelo nel 5-6/10/2018).

*Availability:*

This version is available at: 11583/2993716 since: 2024-10-25T14:59:54Z

*Publisher:*

Centro Studi Mario Pancrazi, University Book

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

**Biblioteca del Centro Studi "Mario Pancrazi"**

**S/18**





# LA FORMA NELLO SPAZIO MICHELANGELO ARCHITETTO

a cura di **Matteo Martelli**

Biblioteca del Centro Studi "Mario Pancrazi"

**UB**  
UNIVERSITY BOOK

Con il patrocinio della Regione Toscana

REGIONE  
TOSCANA



Con il sostegno del Comune di Caprese, di Lab.Si, del Credito Cooperativo di Anghiari e Stia, del Lions Club di Sansepolcro



con il patrocinio dell'Università di Firenze  
si pubblicano gli Atti del Convegno *La forma nello spazio*, svoltosi a Caprese  
Michelangelo il 5 e il 6 ottobre 2018.

In copertina: Michelangelo Buonarroti, *La Chiesa di San Pietro* a Roma  
nell'ideazione di Michelangelo

In quarta di copertina: Lettera "A", dall'Alphabeta Dignissimo Antiquo di  
Luca Pacioli

In redazione: Matteo Martelli, Gabriella Rossi

Biblioteca Centro Studi "Mario Pancrazi" - S/18

[www.centrostudimariopancrazi.it](http://www.centrostudimariopancrazi.it)

facebook /centrostudimariopancrazi

Documentazione fotografica: Enzo Mattei

ISBN 978-88-97646-63-1

2019 © University Book di Digital Editor srl

Tutti i diritti sono riservati

Finito di stampare nel mese di ottobre 2019 dalla Digital Editor srl, Umbertide

*Progetto grafico*

Eva Giacchè - Digital Editor srl, Umbertide

*Stampa*

Digital Editor srl, Umbertide

*Per le riproduzioni fotografiche, grafiche e citazioni giornalistiche appartenenti alla proprietà di terzi, inserite in quest'opera, l'editore è a disposizione degli aventi diritti non potuti reperire. È vietata la riproduzione, anche parziale e ad uso interno didattico, con qualsiasi mezzo, non autorizzato.*

“Michelangelo [è] un grande moderno.  
Il primo, comunque, ad avere  
ed esprimere la tragica coscienza di esserlo”

(Giulio Carlo Argan)



# INDICE

Claudio Baroni 9  
*Premessa*

Matteo Martelli 11  
*Presentazione*

## PARTE PRIMA PROGETTI E REALIZZAZIONI

Silvia Catitti 17  
*La forma della scala nello spazio del Ricetto della Biblioteca  
Laurenziana da Michelangelo al Tribolo (1524-1550). Nuove  
osservazioni*

Alessandro Cecchi 39  
*Michelangelo, architetto militare al servizio della Repubblica*

Marco Di Salvo 53  
*Michelangelo, Della Porta e Luca Beltrami.  
Appunti per la conoscenza del progetto, della costruzione e della  
conservazione della Cupola di San Pietro attraverso le campagne  
di restauro*

Giovanni Cangi 77  
*Archi, volte e cupole nelle architetture rinascimentali a pianta centrale.  
Da Bramante e Raffaello a Michelangelo*



**PARTE SECONDA**  
**LA LINGUA DI MICHELANGELO**  
**IL RAPPORTO CON GIORGIO VASARI**

Andrea Felici	93
<i>I testi documentari come fonti di studio per la storia dell'arte e la storia della lingua. Il caso Michelangelo</i>	
Liletta Fornasari	123
<i>Vasari e Michelangelo</i>	
<i>Postfazione</i>	
Ilaria Finocchi	129
<i>Michelangelo e il nostro territorio</i>	
<b>APPENDICE</b>	
Alberto Maria Prina	131
<i>Lo spazio indicibile. Attualità della visione michelangelolesca</i>	
<b>CONVEGNO - PROGRAMMA</b>	134
<b>NOTIZIE SUGLI AUTORI</b>	137
<b>COMUNICATO</b>	
<b>CENTRO STUDI "MARIO PANCRAZI"</b>	155
<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b>	157
<b>a cura di Enzo Mattei</b>	

## Claudio Baroni\*

### *Premessa*

Come annota l'aretino Giorgio Vasari, la nascita di Michelangelo è stata un dono del «benignissimo Rettore del Cielo», che ha voluto «mandare in terra uno spirito, che universalmente in ciascheduna arte ed ogni professione fusse abile». Non solo nel *disegno*, nella *pittura* e nella *poesia*, bensì nella *scultura* e nel «rendere le abitazioni commode e sicure, sane, allegre, proporzionate, e ricche di vari ornamenti»: insomma nell'arte e nel mestiere dell'*architetto*.

Il «divino» comincia dal disegno, ritenuto fondamento di ogni progetto artistico, e in particolare in architettura, che non fu trascurata, bensì fu pensata e sperimentata in tutto l'arco della vita dal Maestro.

Come hanno documentato gli studiosi convenuti a Caprese il 5 e il 6 ottobre 2018, l'attenzione ai bisogni individuali e collettivi dello spazio, la sensibilità artistica nel progettare edifici religiosi e civili attingono all'idea tutta rinascimentale di operare per l'uomo e per i suoi bisogni. Soddisfare le esigenze del singolo e della comunità - dagli spazi religiosi alle ambientazioni di servizi civili e sociali, dalle chiese alle biblioteche alle mura urbane - come avviene oggi per noi amministratori, fu un imperativo costante nel corso dell'attività artistica del nostro concittadino.

È stato sottolineato nell'incontro capresano il significato civile, non solo artistico, delle realizzazioni architettoniche: dalla Biblioteca Laurenziana al progetto di intervento e di riedificazione delle mura cittadine a Firenze, alla sistemazione lungimirante della Piazza del Campidoglio a Roma. E per tutto questo la nostra Amministrazione, a nome di tutti i cittadini, non può che esprimere la piena soddisfazione e il più sentito ringraziamento.

Caprese ringrazia tutti gli studiosi che hanno partecipato al Convegno di cui si pubblicano gli Atti. Per due giorni, di fronte ad un pubblico motivato e attento, i relatori, i presidenti di sessione e gli intervenuti ci hanno guidato alla lettura dei manufatti architettonici del Maestro capresano, invitandoci a cogliere anche quanto era insito nell'immaginare quegli spazi e quelle strutture, che a distanza di 500 anni ci coinvolgono e ci commuovono.

\*Sindaco di Caprese

## Matteo Martelli

### *Presentazione*

Il Convegno di Caprese (5 e 6 ottobre 2018), come documentano questi Atti, ha rappresentato una preziosa occasione per studiosi di storia dell'architettura, storici dell'arte, geometri, architetti e ingegneri, che si sono confrontati sull'attività di Michelangelo Buonarroti architetto, a Firenze e a Roma, nel corso della sua vita.

Il grande Maestro della Cappella Sistina, lo scultore del *David*, della *Pietà di San Pietro* e della *Pietà Rondanini* ha dedicato energie e tempo alla progettazione di opere architettoniche di eccelso valore: dalla *Sagrestia Nuova* alla *Piazza del Campidoglio*, da *Palazzo Farnese* alla ideazione della *Cupola di San Pietro*. Senza dire del poeta che dagli inizi del 1500 agli ultimi giorni di vita ha affidato ai versi non solo la sua testimonianza di uomo e di intellettuale, bensì anche la sua ricerca di comunicazione poetica che segnasse una netta distanza dai rimatori contemporanei e affermasse la scelta di una lirica fatta di “cose” più che di “parole”.

La *forma nello spazio* è il corrispettivo in architettura della poetica scalfita nel noto sonetto “Non ha l'ottimo artista alcun concetto/c'un marmo solo in sé non circoscriva/ col suo superchio, e solo a quella arriva/la man che ubbidisce all'intelletto”. E la lunga storia dei progetti e delle realizzazioni architettoniche, sostenute e illustrate nella corrispondenza epistolare, ne è la illuminante conferma.

Nelle due giornate del Convegno capresano si sono alternati studiosi che hanno dedicato energie e intelligenza all'esame dell'opera architettonica di Michelangelo, come attestano i contributi pubblicati in questo volume. Nelle tre sessioni in cui si è articolata l'assise sono stati illustrati e discussi sia i disegni e le realizzazioni fiorentine, sia le progettazioni elaborate nella Città dei Papi negli ultimi trent'anni della vita del Maestro.

In particolare, il volume nella Prima Parte presenta l'esame di alcuni progetti e realizzazioni che il Buonarroti ha consegnato alla città di Firenze ed entra nel vivo della discussione sulla principale opera architettonica che domina il cielo di Roma: la Cupola di San Pietro. Nel corso delle giornate capresane non è mancato il riferimento al progetto della Facciata di San Lorenzo e alle realizzazioni nella Sagrestia Nuova, mentre Silvia Catitti ha discusso la storia del progetto e della realizzazione della scala del Ricetto nella Biblioteca Laurenziana, non mancando di riferirsi alle possibili ipotesi relative. In particolare, la studiosa si è soffermata sulla forma della scala, ricostruendo la «storia del progetto e della realizzazione del manufatto in pietra» per il quale Michelangelo non lasciò alcuna istruzione. Per rispondere alla domanda “Quale rapporto esiste tra i progetti michelangioleschi e i risultati finali”, Catitti ripercorre le varie fasi della progettazione della Biblioteca, a cominciare dal primo periodo (1524-25), per esaminare il contributo dell'artista dopo l'assedio di Firenze e prima della partenza per Roma (1532-34), quando disegna un progetto molto simile a quello comunicato a Vasari nel 1555, e realizzato da Ammannati nel 1559. Ancora *sub iudice* è il tentativo di Niccolò Pericoli detto il Tribolo di dare una scala alla Biblioteca seguendo gli indizi del progetto michelangiolesco del 1533. Ma risulta convincente l'ipotesi che nel 1559 l'Ammannati abbia demolito la piramide del Tribolo e abbia costruito una scala «assemblando materiale già consegnato sotto Michelangelo, aggiungendovi le parti mancanti».



Michelangelo Buonarroti, *La facciata di San Lorenzo*,  
nell'interpretazione di Tommaso Brogini

([www.nonfinito.it](http://www.nonfinito.it) -NonfinitoStudio&ArtGallery-Firenze - nonfinitoartgallery@gmail.com)

Dopo aver accennato alla vicenda delle mura fiorentine, a partire dal 1284, Alessandro Cecchi si sofferma sulle opere di fortificazione avviate nell'estate del 1528, nella cui progettazione viene coinvolto Michelangelo fin dal 1527. Il Maestro, da un decennio apprezzato come architetto militare, viene coinvolto già il 3 ottobre 1528 e attende alla realizzazione del bastione di San Miniato fino al 21 settembre 1529, quando lascia inspiegabilmente Firenze per rifugiarsi a Venezia e poi tornare in città a fine novembre, per occuparsi ancora (senza compenso) delle fortificazioni. Ma le sorti della Repubblica sono ormai segnate. E a Michelangelo non resta che nascondersi in attesa della grazia di papa Clemente VII.

Partito dalla voce (1743) che dava la *Cupola di San Pietro* prossima alla caduta, Marco Di Salvo affronta l'esame del progetto michelangiolesco e dell'aportiano, analizza i contributi di Beltrami (1925-31), discute la relazione «allarmata» dell'architetto Hafner risalente al 1924. Ricorda che Michelangelo intervenne sul progetto di Bramante, fissò le proprie idee con specifici disegni, realizzò un modello ligneo (1558-61), ma la cupola fu realizzata da Della Porta e Fontana, tra il 1588 e il 1590, producendo alterazioni significative.

Giovanni Cangini ha discusso, nella sua indagine, di archi e di volte, partendo dalla constatazione della loro vulnerabilità e ricercando nell'architettura storica le ragioni della loro possibile stabilità. "Archi e volte possono assumere forme e dimensioni diverse"; in particolare, le volte possono assumere configurazioni diverse, come avviene per la Cupola di San Pietro e per la volta della Cappella Sistina, ma possiamo "riconoscere in ciascuna di esse gli stessi meccanismi resistenti", così come possiamo individuare analogie nella configurazione degli archi. Le volte e le cupole "si possono scomporre in un sistema di archi intrecciati", come attestano le occasioni di dissesto. Se esaminiamo le cupole nelle architetture rinascimentali a pianta centrale, e anche nei dipinti dell'epoca (cfr. Perugino e Raffaello), notiamo che alcuni problemi furono affrontati prima da Bramante nel progettare la Cupola di San Pietro e poi da Michelangelo e quindi da Giacomo della Porta. La Cupola di San Pietro è frutto del genio dei progettisti, ma anche dell'abilità e della maestria degli esecutori. Senza dire che nel secolo XV Brunelleschi aveva elevato a Firenze la Cupola di Santa Maria del Fiore sdoppiando la cupola "in due elementi sovrapposti". Tale idea è stata ripresa a San Pietro con il sistema delle "volte sovrapposte, unite da nervature radiali di altezza crescente e pertanto collaboranti". Qui Michelangelo fa tesoro sia delle sue conoscenze architettoniche sia dell'esperienza di scultore, come

attesta la soluzione adottata nel dare assetto statico al suo *David* in Piazza della Signoria.

La Seconda Parte del volume degli Atti è dedicata all'esame della lingua di Michelangelo e al rapporto con Giorgio Vasari.

Oggetto dello studio di Andrea Felici sono gli scritti di Michelangelo esaminati dal punto di vista storico-linguistico. L'analisi parte dall'immenso materiale prodotto nel corso dell'espletamento della prima grande commissione in campo architettonico: il cantiere di San Lorenzo. Gli autografi dell'artista sono molto interessanti sia dal punto di vista linguistico, sia come testimonianze specifiche "per la ricostruzione delle dinamiche lavorative". Ripercorsa velocemente la storia degli studi relativi alla lingua dell'architettura e alla vicenda delle teorizzazioni, a partire da Leon Battista Alberti e da Francesco di Giorgio Martini, e registrato come si forma il lessico dell'architettura, Felici procede all'esame della lingua "delle cosiddette fonti non ufficiali" e, in particolare, mette a fuoco la lingua michelangiolesca con un'analisi dettagliata e puntuale. Lo studio di parole e verbi utilizzati da Michelangelo, e da artisti come Leonardo da Vinci, lo conduce a conclusioni di estremo interesse: pur di fronte alle note lacune degli strumenti lessicografici a disposizione, l'esame della "lingua viva e ancora sporca di cantiere" ci permette di entrare nel vivo della progettazione e realizzazione delle opere architettoniche.

Liletta Fornasari si sofferma sull'esame del rapporto Michelangelo-Vasari fin dai primi contatti datati 1524-1527. L'artista aretino ha chiara la grandezza di Michelangelo fin dalla prima edizione delle *Vite*, ma nell'edizione del 1568 indica nell'opera michelangiolesca il vertice artistico assoluto, sperimentato nella lunga amicizia e devozione dell'aretino e teorizzato nella tesi del superamento della dimensione artigianale da parte del Genio di Caprese.

In **Appendice** si pubblica una nota che merita un'attenta lettura: Alberto di Maria Prina ci illustra l'attualità della visione michelangiolesca nell'interpretazione dello spazio.

Marco Di Salvo

*Michelangelo, Della Porta e Luca Beltrami.  
Appunti per la conoscenza del progetto, della  
costruzione e della conservazione della Cupola di  
San Pietro attraverso le campagne di restauro*

## Introduzione

«Si è sparsa per Roma una voce, non posso dire se a caso o ad arte, che la cupola di S. Pietro in Vaticano attualmente rovina, e che se adesso non vi si prende riparo, la troveremo scesa in chiesa a ringraziare i fondamenti che l'hanno retta tanti anni» (Beltrami, 1929, 94; Fig. 1, p. 54). Così scrisse mons. Giovanni Bottari (1689-1775) nella lettera del 1743 indirizzata al marchese e fisico Giovanni Poleni (1683-1761)<sup>1</sup>.

Il brano comunicava, con sarcasmo, la generale diffidenza verso la stabilità del monumento michelangiotesco e dellaportiano ritenuto, a torto, prossimo alla rovina<sup>2</sup>. Allo stesso modo, negli anni Venti del Novecento, rinnovati ma invariati timori avevano destato l'attenzione di papa Pio XI, nato Achille Ratti (1857-1939), che «col promuovere [la relazione di Luca Beltrami (1854-1933)]<sup>3</sup> ed ordinare le conseguenti provvidenze, volle assicurare alla integrità l'efficace presidio di una più intima conoscenza del monumento» (Beltrami, 1929, VI)<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Le indagini condotte da Poleni sulla cupola petriana confluirono nel volume *Memorie istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro divise in libri cinque* (Poleni, 1748). Per la propria indagine, il marchese approfondì i dissesti ed i rimedi, proposti o attuati, per la cupola di Santa Maria del Fiore, informandosi sulla dimensione delle catene previste per cingere la struttura (e mai poste in opera) e delle cause pro e contro la loro installazione (Di Teodoro, 2011, 164-165; Di Teodoro, 2012, 335)

<sup>2</sup> Già prima del 1680, più voci paventavano il collasso della cupola petriana (Di Teodoro, 2011, 159).

<sup>3</sup> Si veda anche la nota 74, p. 59.

<sup>4</sup> I ripetuti timori e le corrispettive indagini sono comuni alla "sorella" fiorentina (Barbi, Di Teodoro, 1983).





Fig. 1 - Città del Vaticano, *Cupola di San Pietro* (Hafner, 1924, 2).

In questa sede affronterò la consistenza e la qualità di queste conoscenze suddividendo l'intervento in tre fasi: il progetto michelangiolesco e dellaportiano, i contributi di Beltrami pubblicati tra il 1925 e il 1931 e l'inedita ed "allarmante" relazione dell'architetto Victor Hafner (1892-1947) del 1924.



Fig. 2 - Alzato parzialmente sezionato della cupola petriana (Serlio, 1540, XL).

## I. 1547-1590

Nel 1547 papa Paolo III incaricò Michelangelo (1475-1564) di ultimare la «stupenda», ma «imperfetta» Fabbrica di San Pietro (Beltrami, 1929, 62)<sup>5</sup>. Sette anni prima, Sebastiano Serlio (1475-1554) attestava il cantiere alla quota dei quattro colossali archi sopra i quali «ci andava una tribuna [cioè il tamburo] molto ornata di colonne con la sua cuppola sopra, e questa ordinò Bramante prima ch'ei morisse» nel 1514 (Serlio, 1540, XXXVIII). Tale «cuppola», diversa da quella edificata, sopravvive nelle ben note incisioni dei ff. 39-40 del *Terzo Libro* (Serlio, 1540, XXXIX-XL): una pianta e un alzato parzialmente sezionato (Fig. 2, p. 55). Allo stesso modo, restarono su carta il progetto raffaellesco, noto nella copia del Codice Mellon (New York, Morgan Library, ff. 71v-72r), e quello sangallesco (Firenze, G.D.S.U., ff. 66A e 259A). Lo stesso disegno michelangiolesco aveva risentito di alcune modifiche, ormai accettate dalla storiografia<sup>6</sup>, operate da Giacomo Della Porta (1532-1602) coadiuvato da Domenico Fontana (1543-1607)<sup>7</sup>. Queste correzioni interessano sia l'autografia del monumento sia la struttura, di cui discuterò a breve.

Dal 1514 al 1547, il cantiere si attestava alla quota dei citati quattro archi sui quali, in aggiunta ai pennacchi<sup>8</sup>, avrebbero gravato - in ordine - un basamento circolare, o sopralzo, scavato internamente da un andito, il tamburo coronato dalle trentadue colonne corinzie binate, un anello murario esternamente decorato a festoni, la cupola a doppia calotta con sedici costoloni, il lanternino e, in ultimo, la sfera dorata sormontata dalla croce. Inoltre, tutta la massa avrebbe gravato sulle possenti pile, impostate

<sup>5</sup> «Bramante al suo tempo dette principio a la stupenda fabrica del tempio di San Pietro di Roma, ma interrotto da la morte lassò non solamente la fabrica imperfetta; ma anchora il modello rimase imperfetto in alcune parti, per il che diversi ingegni si affaticarono intorno a tal cosa» (Serlio, 1540, XXXVI).

<sup>6</sup> La questione della curvatura della cupola, quindi della corrispondenza tra modello e progetto michelangiolesco, ha stimolato vivaci discussioni nella storiografia, manifestate *in primis* nelle contrapposte interpretazioni di de Tolnay e Wittkower (Wittkower 1964 e Brandi, 1969, 66). Sulla questione del modello si veda anche la nota 72, p.57.

<sup>7</sup> Di recente, Baldrati, Bellini e Carusi hanno ragionato sulla struttura della cupola e sulle modifiche apportate dal Della Porta giungendo a tre distinte conclusioni (Baldrati, 2014; Bellini, 2013; Carusi, 2014).

<sup>8</sup> La questione dei pennacchi è ripresa da Di Teodoro (*Sulla questione dei pennacchi per la cupola di San Pietro*) nel recente convegno "Inventor e luce della buona e vera architettura": Bramante e gli "ordini nuovi" nell'architettura del Cinquecento e oltre, a cura di F.P. Di Teodoro e J. Niebaum (Roma, Accademia Nazionale di San Luca, 2-4 ottobre 2014). Ringrazio il professor Di Teodoro per avermi inviato il proprio contributo in anticipo sui previsti atti del convegno.

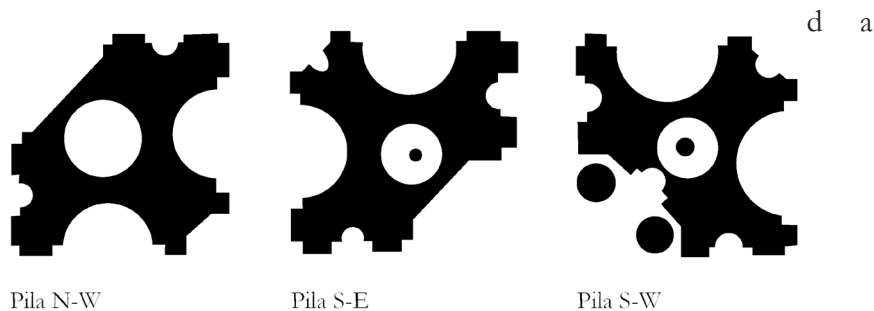


Fig. 3 - Pila N-W, S-E e S-W della basilica petriana (Firenze, Gallerie degli Uffizi, G.D.S.U., f. 20A). Ridisegno di M. Di Salvo.

Bramante e vincolanti il diametro della cupola<sup>9</sup>.

A questa complessa configurazione si aggiunge che quattro ampie scale coclidi avrebbero scavato la massiccia muratura dei pilastri per circa 1/8 degli stessi (Firenze, G.D.S.U., f. 20A; Fig. 3, p. 57). Donato Bramante (1444-1514) aveva, probabilmente, derivato questa soluzione dalle lumage della basilica di Sant'Andrea a Mantova di Leon Battista Alberti (1404-1472), in cui chiocchie doppie svuotano la muratura<sup>10</sup>.

Le scale avrebbero ridotto la sezione utile dei piedritti, cioè l'area su cui avrebbe gravato il carico. Questa condizione dovette destare non pochi timori in Michelangelo che, per aumentare la consistenza degli elementi verticali, colmò i vuoti e dispose le scale elicoidali lungo il perimetro della Basilica (Beltrami, 1929, 91). In merito, segnalo il f. 1130A (Firenze, G.D.S.U) di cui non rilevo precedenti collegamenti con le coclidi michelangeloesche e che contiene indicazioni dimensionali ed annotazioni tecniche per la messa in opera di queste scale (Fig. 4, p. 58).

Oltre ai lavori sulle pile, Michelangelo aveva demolito i deambulatori innalzati da Antonio da Sangallo il giovane, ridimensionando il progetto della Basilica e concentrando tempo ed energie sulla porzione del tamburo e della cupola. Consapevole dell'età avanzata e, perciò, dell'impossibilità di seguire i lavori alla cupola, l'architetto fissò le proprie idee con alcuni disegni<sup>11</sup> (Haarlem, Teylers Museum, f. A29; Lille, Musée des Beaux-Arts, Wicar, ff. 93-94) e con un modello ligneo datato al 1558-1561, ma alterato in più occorrenze (fig. 5, p. 61)<sup>12</sup>.

<sup>9</sup> Sulla struttura di Bramante si veda il contributo di Di Teodoro (Di Teodoro, 2012, 338-341).

<sup>10</sup> In merito agli studi sulle *lumage* del Sant'Andrea si vedano i saggi di Johnson e Volpi Ghirardini (Johnson, 1975; Volpi Ghirardini, 2008; 2009).

<sup>11</sup> Bellini dubita che con «un artista come Michelangelo abbia senso parlare di un progetto definitivo, e non piuttosto di un pensiero artistico cui è accaduto, per varie contingenze, di essere definito e talora portato in opera» (Bellini, 2008, 175).

<sup>12</sup> La storiografia non esprime un giudizio unanime sulla consistenza delle modifiche apportate.

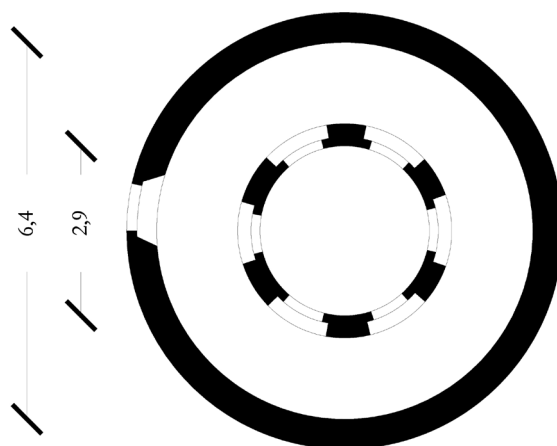


Fig. 4 - Pianta quotata, in metri, delle scale coelidi michelangeloesche (Firenze, Gallerie degli Uffizi, G.D.S.U., 1130A). Ridisegno di M. Di Salvo.

Morto Michelangelo nel 1564, il cantiere subì un'ulteriore battuta d'arresto, fino a quando, tra il 1588 e il 1590, Della Porta e Fontana voltarono la cupola. La rapida esecuzione dei lavori e le modifiche apportate ingrossarono la lista delle possibili cause del dissesto, riecheggiando poi nel dibattito novecentesco. Le riassumo in un breve elenco specificando, fin da subito, che furono lette come alterazioni strutturali oltre che formali:

1. correzione della curvatura della cupola, non più emisferica, ma rialzata;
2. mancata installazione delle statue a coronamento delle colonne binate del tamburo (Fig. 5, p. 61);
3. soppressione delle mensole rovesce inserite nell'anello murario decorato a festoni (Fig. 5, p. 61).

Ne emergono due temi: la paternità della cupola, già discussa nell'articolo del 1876 di Charles Garnier (1825-1898), l'architetto dell'Opéra di Parigi<sup>13</sup>, e la configurazione strutturale.

---

Brandi sostiene che la curvatura rialzata appartenesse fin da subito al modello (Brandi, 1969). Di contro, Bellini opta per una sostituzione della calotta esterna nel Settecento, mentre Baldrati la ritiene dell'aportiana (Bellini, 2006; Baldrati, 2014, 144). Secondo un'altra ipotesi, alle prime modifiche dell'aportiana della fine del XVI secolo ne sarebbero seguite altre condotte da Luigi Vanvitelli alla metà del XVIII secolo (Baldrati, 2014, 144).

<sup>13</sup> Si vedano le note 83 e 84 app. 61-62

## II. 1925-1931

Nel 1927, papa Pio XI nominò Beltrami architetto della Fabbrica di San Pietro<sup>14</sup> e gli commissionò un'analisi sulle condizioni statiche della cupola in seguito ai «rinnovati allarmi – diffusi specialmente dalla stampa estera alla vigilia dell'Anno Santo [del] 1925» (Beltrami, 1930, 12)<sup>15</sup>.

Nella premessa alla prima relazione, inedita<sup>16</sup> e priva delle previste «calcolazioni strettamente matematiche» dell'ing. Antonio Federico Jorini (1853-1931)<sup>17</sup>, Beltrami fissò gli obiettivi, ripresi poi nelle edizioni successive: avrebbe placato le terribili opinioni sull'imminente collasso, ma avrebbe altresì delineato le vicende progettuali e costruttive della Fabbrica principiando dalla sua fondazione (Beltrami, 1929, 4)<sup>18</sup>.

<sup>14</sup> La nomina seguiva precedenti collaborazioni tra Beltrami e l'allora Ratti per «pubblicazioni erudite [e] nel riordino della Pinacoteca Ambrosiana» (Bellini, 2014, 31).

<sup>15</sup> Gli «allarmi» seguirono la pubblicazione de *The dome of St. Peter's cathedral at Rome*.

<sup>16</sup> Nella prima versione, inedita (Milano, Castello di Milano, RdA, A.P.L.B., D.III.47), Beltrami intese associare, per «quanto sia oggi possibile, le condizioni statiche di questi vari elementi [della cupola]» con «la nozione delle vicende attraversate dalla costruzione durante il secolo trascorso [l'Ottocento], dalla posa della prima pietra delle fondazioni, sino alla posa della croce che domina la Basilica» (Beltrami, 1929?, 1-2). Nelle conclusioni si apprende che «giunto al piano d'imposta di questa [cupola], [...] si apre il campo per risolvere il quesito della intrinseca solidità in relazione al diametro e spessore del tamburo, alla curvatura dei costoloni, e al peso della lanterna, ricorrendo a calcolazioni strettamente matematiche», mai integrate nel testo (Beltrami, 1929?, 5). Per questo motivo, il contributo del 1929, privo dell'appendice tecnica, rimanda ad un futuro ed esclusivo studio sulle «calcolazioni» (Beltrami, 1929, 119). La prima versione della relazione (A.P.L.B., D.III.47) appartiene alla Raccolta di Carte Beltrami, conservate presso la Biblioteca d'Arte del Castello Sforzesco di Milano (Bellini, 2006; Serio, 2014).

<sup>17</sup> La repentina scomparsa di Jorini arrestò le previste «calcolazioni». Quest'assenza ha determinato la marginalizzazione, ma anche l'esclusione, di studi sul rapporto tra Jorini e Beltrami. Al contrario, emerge una duratura collaborazione tra i due, iniziata con i lavori al Castello Sforzesco, dove Jorini realizzò i serbatoi idrici nelle torri angolari, e proseguita con le indagini sulle fondazioni del campanile di piazza San Marco a Venezia (Di Biase, 2014). I calcoli, scriveva Beltrami, «volle cortesemente eseguire l'ingegnere Federico A. Jorini, professore al Politecnico di Milano [per determinare] la reazione del terreno assoggettato» al carico della torre campanaria (Beltrami, 1903, 62). Inoltre, in qualità di professore, l'ingegnere pubblicò un manuale sulla *Teoria e pratica della costruzione dei ponti in legno, in ferro e in muratura* (Tori, Savone, 2011, 38).

<sup>18</sup> La biblioteca di Beltrami, confluita nella Raccolta, si compone di più opere inerenti la Fabbrica di San Pietro e che, probabilmente, furono consultate per la stesura della relazione. Seguendo l'ordine delle segnature si formula un breve elenco: Geymüller, Enrico 1882 *Cento disegni di architettura d'ornato e di figure di Fra' Giovanni Giocondo riconosciuti e descritti*, Firenze, Parigi, Vienna, Fratello Bocca, J. Baudry, Lehmann e Wentzel (segn. 514 (I, 7)); Visconte, P. E. 1828, *Metrologia Vaticana ossia ragguaglio delle dimensioni della meravigliosa Basilica di S. Pietro secondo le varie misure usate nelle diverse città d'Italia e di Europa. Si premette un cenno storico intorno all'edificazione di essa*, Roma, Litografia dell'ape Romana – Santarelli e Sella f. (segn. 964 (D II, 92)); Geymüller, Heinrich 1875, *Die ursprünglichen Entwürfe für Sankt Peter in Rom von Bramante, Raphael Santi, Fra Giocondo, Den Sangallo's u.a.m.* Vienna, Parigi, Lehmann e Wentzel, J. Baudry (segn. 1124 (Inf 2)); Poleni, Giovanni 1748, *Memorie istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro divise in libri cinque*, Padova, Stamperia del seminario (segn. 1134 (Inf 12)); Geymüller, Heinrich 1880, *Les project primitifs pour*

Ad ora, sei documenti, redatti tra il 1925 e il 1931, riguardano il monumento: tre relazioni (una del 1929 e l'altra del 1930, oltre all'inedita già citata), due articoli del 1925 e del 1931<sup>19</sup>, ed alcuni appunti sul testo di Hafner<sup>20</sup>. Un breve elenco dà conto dei temi più ricorrenti:

- la fondazione della Fabbrica, dove «Bramante si propose di competere colla navata maggiore della Basilica di Massenzio» (Beltrami, 1925);
- l'intervento buonarrotiano, in cui «Michelangelo volle rivaleggiare colla Rotonda di Adriano», cioè il Pantheon (Beltrami, 1925)<sup>21</sup>;
- la paternità del monumento, quindi la risposta a Garnier e la rilettura delle alterazioni dellaportiane (Beltrami, 1929, 68, 75);
- la riesamina dei pareri settecenteschi sulle condizioni statiche e le relative proposte dei matematici Thomas Le Seur (1703-1770), François Jacquier (1711-1788), Ruggero Giuseppe Boscovich (1711-1787) e del fisico Poleni (Fig. 6, p. 63)<sup>22</sup>;

---

*la basilique de Saint-Pierre de Rome par Bramante, Raphael Sanzio, Fra Giocondo, Les Sangallo, etc.* Parigi, Vienna, J. Baudry, Lehmann et Wentzel (segn. 1165 (Inf 43)); Bonanni, Filippo 1700, *Tempio Vaticano*, Roma, Tipografia Domenico Antonio Ercoli (1166 (Inf 44)) (Bellini, 2006, 372, 541, 597, 601, 608-609).

<sup>19</sup> Una precedente versione dattiloscritta dell'articolo del 1925, *La cupola di S. Pietro è veramente di Michelangelo? A proposito del Museo Petriano*, è conservata nella Raccolta Beltrami. Milano, Castello Sforzesco, BdA, A.P.L.B., A.III.80 (per l'edizione a stampa si veda la nota 83, p. 61).

<sup>20</sup> «Il pensionato [cioè Hafner] dopo di aver fatto il rilievo [...] del modello volle completare il Suo Studio, di natura scolastica con una relazione [...] con alcune considerazioni sulle lesioni nei [«nel» nel testo originale] contrafforti accompagnate da proposte per porvi rimedio» (Milano, Castello Sforzesco, BdA, A.P.L.B. (copia digitale), V. 2232, f. 273-278).

<sup>21</sup> Il confronto con il Pantheon è ripreso anche da Wright, ma con un tono opposto (si veda la nota 85, p. 62).

<sup>22</sup> Beltrami, prima, e Di Pasquale, in tempi più recenti, sollevano alcune obiezioni sull'operato di Poleni. I «relativi rimedi [alle condizioni statiche, scrive Beltrami,] si ridussero al provvedimento di aggiungere altre cerchiature in ferro alle tre messe in opera durante la costruzione della cupola. [...] A tali rinforzi però è riservata una efficacia relativa, limitata al caso di forte movimento tellurico, del quale potrebbero soltanto contrastare le immediate conseguenze: mentre si debbono ritenere inefficaci come contrasto a spinte esercitate alla base della cupola o da non meno ipotetico sfiancamento degli spicchi, il che in realtà non potrebbe verificarsi, data la struttura a doppia calotta, con costoloni intermedi» (Beltrami, 1932, 23-24). Di Pasquale opera, invece, un confronto metodologico tra i risultati dei tre matematici e quelli di Poleni. Deduce che «i Matematici avevano già trovato la soluzione teorica del problema [come sostiene anche Capecchi], e Poleni ne era a conoscenza; il fatto che l'esperimento gli fornisse un valore di poco superiore a sei, come era il  $2\pi$  trovato dai Matematici, avrebbe potuto spingerlo a riconoscerlo, tra tanti dubbi, una certezza sulla validità del procedimento teorico. Al contrario egli sembra non essersi reso conto del fatto che i suoi esperimenti stavano, di fatto, fornendo la prova della correttezza del ragionamento teorico sviluppato dai Matematici» (Di Pasquale, 1994, 276-277). Inoltre, a differenza dei matematici che condussero sopralluoghi, rilievi e studi accurati sui materiali, Poleni assunse «i pesi così determinati [...] per le proprie analisi» (Di Pasquale, 1994, 278), ma trasse i disegni dai rilievi di Vanvitelli (Ca-



Fig. 5 - Modello della cupola con le mensole e i bozzetti delle statue  
(Hafner, 1924, 55).

- la critica alle conclusioni di Hafner e alle proposte dell'ing. Nicola Romeo (1876-1938).

Riconduco questi cinque punti al binomio iniziale: autografia e concezione strutturale.

---

pecchi, 2010, 19). A discapito di Le Seur, Jacquier, Boscovich (con uguali competenze scientifiche), «il responso di Poleni fu molto meno pessimista di quello dei tre matematici anche se il principale rimedio proposto fu sostanzialmente lo stesso: la messa in opera di nuove catene» (Capecchi, 2010, 13). L'intervento di Poleni è pertanto definito «inutile perché il risultato che egli ottiene sarebbe stato lo stesso se avesse assegnato a ciascuna delle sferette un peso proporzionale a quello dell'intero anello corrispondente della cupola» (Di Pasquale, 1994, 278). Del resto, la proposta di Poleni non appariva innovativa, ma assecondava i provvedimenti suggeriti nel volume *Il Tempio Vaticano e la sua origine* di Carlo Fontana «ove [come ricorda Di Teodoro] un capitolo tratta della cupola brunelleschiana e, più in generale, si illustra l'impiego delle catene per sanare cupole affette da lesioni» (Barbi, Di Teodoro, 1983, 16). Alle relazioni dei tre matematici e di Poleni, insieme ad altre indicate da Capecchi per gli anni 1680-1767, si aggiunge quella di Giovanni Amico che, tuttavia, non si basa su un rilievo diretto del monumento (Schlimme, 2006, Capecchi, 2010, 19-21).



Il primo aspetto riguarda l'analisi storica e include l'articolo di Garnier<sup>23</sup>. Il secondo interessa la consistenza statica, quindi la relazione di Hafner, la proposta di Romeo e i restauri settecenteschi, di cui rimando ai molteplici e recenti contributi sul tema.

Emerge ora un quesito: cosa scrisse Garnier? Con l'articolo del 1876 l'architetto parigino biasimò con fermezza la costruzione. Traduco: «non dovrebbero troppo felicitarsi gli architetti che costruirono questa cupola, perché questa non resiste che grazie alle successive addizioni di ferri e di rinzaffi» (Garnier, 1876, 200-201)<sup>24</sup>. «Ignorance of structure», aggiungerà a posteriori Frank Lloyd Wright (1867-1959) criticando il Buonarroti (Ballon, 2005, 133)<sup>25</sup>.

In aggiunta, Garnier aveva identificato l'artefice della cupola in Della Porta, eliminando dalla scena il Buonarroti. Così facendo, la polemica investì in pieno Michelangelo, giudicato ignorante del linguaggio architettonico.

<sup>23</sup> Il 15 marzo 1925 la rivista *Il Marzocco* pubblicava, in prima pagina, l'articolo *La cupola di S. Pietro è veramente di Michelangelo?*, di cui esiste l'inedita versione dattiloscritta nella Raccolta di Carte Luca Beltrami (si veda la nota 79, p. 60). Contrariamente alla forma interrogativa del titolo, l'autore affermava pienamente la paternità michelangelolesca della cupola. Questo contributo rispondeva, tardivamente, all'articolo di Charles Garnier sulla *Gazette des beaux-arts* del 1876 (Beltrami 1925; 1930, 11; Ferretti, 2014, 82), che criticava la statica del monumento e l'autografia dell'opera (Garnier, 1876, 200-201).

<sup>24</sup> «Pourtant il ne faudrait pas trop féliciter les architectes qui ont construit ce dôme, puisqu'il n'a résisté que grâce à des additions successives de ferrures et de renformis» (Garnier, 1876, 201).

<sup>25</sup> Sulla questione delle critiche intervengono più fattori a spiegare l'astio nei confronti di Michelangelo (*Modern Architecture Being the Kahn Lectures for 1930*: 83, Ballon, 2005, 131-133, Ferretti 2014, 82). In una prima fase, Wright svilisce l'opera di Michelangelo: «[he] built the first skyscraper I suppose, when he hurled the Pantheon on top of the Pantheon. The Pope named it St. Peter's and the world called it a day, celebrating the great act ever since in the sincerest form of human flattery possible. As is well known, that form [the dome] is imitation» (Ballon, 2005, 130-131). In secondo luogo, seguendo le opinioni di Victor Hugo, John Ruskin e Eugène Viollet-le-Duc, Wright attacca, in generale, il Rinascimento: non sarebbe, infatti, una “rinascita”, ma «a compilation of dead styles» (Ballon, 2005, 131). A questo punto interviene con un affondo su Michelangelo: «first, Wright accused him [Michelangelo] of thinking the biggest building is the best. After praising the low, “deep seated” domes of Persia, the flat vaults of ancient Rome, and even one big dome, Hagia Sophia, Wright projected the skyscaping ambitions of the 1920s onto the Renaissance architect: “Buonarroti got his dome up higher than all others – got it out of the building itself up onto stilts.” Wright either did not remember or chose to ignore Giorgio Vasari whom he had read in 1910 while living in Florence and who explained that Michelangelo placed no premium on height. In fact, Michelangelo lowered the profile of St. Peter's compared to alternative schemes by designing a hemispherical dome» (Ballon, 2005, 131). Si badi, tuttavia, che «the facts did not interest Wright. Not only was the dome of St. Peter's built after Michelangelo's death and according to a revised design, but the story of emergency repair was pure fiction. True, metal reinforcements were used in the dome, but was common building practice in arched construction» (Ballon, 2005, 131). Il profondo risentimento deriverebbe, tuttavia, da uno scontro ideologico tra Wright e Le Corbusier. Il contrasto tra i due architetti, esternato in più occasioni, condusse Wright a criticare Michelangelo che, invece, era elogiato ne *Towards a New Architecture* (Ballon, 2005, 133).

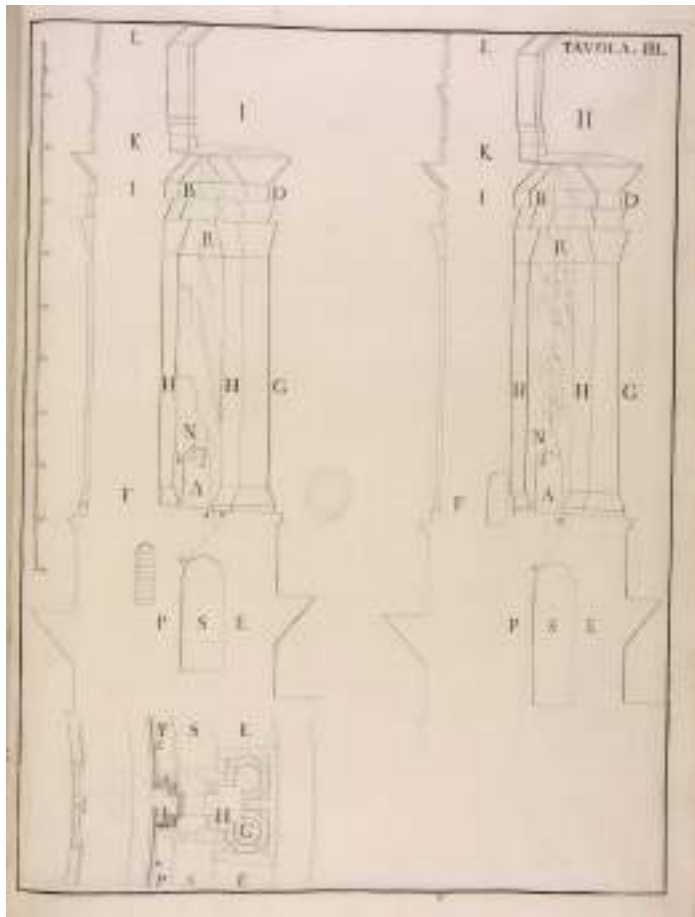


Fig. 6 - Rilievo delle fessurazioni sui “contrafforti” (Poleni, 1748, tav. III).

La tardiva risposta di Beltrami si articolava in almeno due sezioni: suggeriva un carattere omogeneo della porzione tamburo/cupola (riconosciuta come espressione di un unico “genio”) e analizzava le differenze tra il progetto michelangiolesco e la realizzazione dell'aportiana. In questa fase, ritengo che Beltrami abbia consapevolmente risolto gli aspetti, per lui, secondari con brevi osservazioni<sup>26</sup>. Mi riferisco alla rapidità con cui

<sup>26</sup> «Si tratta dell'opera che più di ogni altra esalta e diffonde la fama di Michelangelo come architetto: la logica struttura del tamburo e della cupola che su questo innesta la meravigliosa sua linea, formano un assieme di così inscindibile armonia, da persuaderci che un'unica mente, e solo una mente di genio abbia potuto risolvere con tanta organica genialità il problema di piantare nelle quattro poderose arcate, colle quali Bramante si propose di competere colla navata maggiore della Basilica di Massenzio, la cupola colla quale Michelangelo volle rivaleggiare colla Rotonda di Adriano» (Milano, Castello Sforzesco, BdA, A.P.L.B., A.III.80). Si veda nota 79, p. 60.

affrontò il tema delle fondazioni, costretto a poche righe<sup>27</sup>. Lo stesso argomento aveva invece goduto di approfonditi studi nei contributi sul Pantheon, del 1898, e sul campanile di San Marco a Venezia, del 1903 (Beltrami, 1898; 1903). Di fatto, Beltrami si riservò la possibilità di future ricerche sul tema, laddove le condizioni l'avrebbero richiesto. Cosa che fece, in effetti, nel 1930, ma solo per delineare un Bramante più prudente i cui «appunti di negligenza e di scarsa perizia costruttiva [...] non sono da accogliere senza qualche riserva» (Beltrami, 1929, 10)<sup>28</sup>. Come avrò modo di spiegare, anche quest'affermazione rispondeva ad un'altra accusa, rivolta da Hafner a Bramante.

Risolta la porzione inferiore della Fabbrica, Beltrami poteva così concentrare l'attenzione sulle alterazioni dell'aportiane, cioè la soppressione delle mensole rovesce e delle statue e la modifica della curvatura della cupola<sup>29</sup>.

L'applicazione delle mensole avrebbe garantito, a suo giudizio, una parziale distribuzione dei carichi ai contrafforti «giacché le mensole rovesce, per esercitare un vero ufficio statico, avrebbero dovuto già essere intimamente collegate ai piedistalli sottostanti i costoloni della cupola» (Beltrami, 1925)<sup>30</sup>.

<sup>27</sup> Beltrami sposta l'attenzione alla cupola evitando l'indagine sulle fondazioni poiché «incerti e non facilmente controllabili i dati relativi alle fondazioni originarie ed ai successivi rinforzi, ai quali si è fatto cenno, possiamo esonerarci, per ora, dall'esaminare direttamente la condizione statica, per il fatto che l'area di resistenza al carico dei quattro piloni – pur tenendo conto dei difetti conseguenti da negligenze di costruzione, e dai ripieghi di parziali riempimenti nella loro massa originaria – offra una non dubbia esuberanza rispetto al carico che vi incombe» (Beltrami, 1929?, 5). Al contrario, il criticato Hafner, ragiona sulle fondazioni: «the land in the vicinity of St. Peter's was formed by rising of sea bottom in volcanic times, when Mt. Albano was in eruption. The character of the soil is sand and marl. In the near of St. Peter's, in what is known as the valley of the Inferno, are the great brick plants of Rome, where practically all the bricks of Rome were made. Upon such soil rest the foundations of St. Peter's. The topography of the land back of the Cathedral is fanshaped, and the resulting water shed [a]ccumulates water and its seepages under the f[ou]ndations» (Hafner, 1924, 107). E ancora: «the condition of the soil under the great piers as they found it, is of vital importance in our study of the causes of the fractures in the Cupola» (Hafner, 1924, 21).

<sup>28</sup> Beltrami insiste sull'infondatezza delle accuse: «in realtà, non risulta che il perimetro dei piloni sia stato ampliato, mentre i surriferiti appunti di negligenza e di scarsa perizia costruttiva, rivolti a Bramante, non sono da accogliere senza qualche riserva» (Beltrami, 1929, 10). Non rileva però la diminuzione delle coelidi interne nei pilastri, quindi al proporzionale aumento della superficie utile.

<sup>29</sup> Un passaggio riassume il senso del lavoro di Beltrami: «accennare ad opere di restauro ad una cupola, implica l'idea di provvedimenti di carattere esclusivamente statico e di particolare gravità: cosicché si presenta necessario, volendo precisare e limitare questa gravità, indagare le cause più o meno remote dei danni che si stanno riparando» (Beltrami, 1932, 22). Questa affermazione spiega la ragione dell'indagine: «non rimane che da riassumere le vicende della cupola nel corso di oltre tre secoli, per giungere al periodo dei lavori di restauro ai sedici contrafforti, attualmente in corso per munifica disposizione del regnante Pontefice Pio XI» (Beltrami, 1932, 22).

<sup>30</sup> «L'enorme carico venuto all'atto del disarmo a gravare sulla muratura dell'imposta, costituente il

Ne *La cupola di San Pietro*, Roberto Di Stefano (1926-2005) ha contestato l'azione spingente dei contrafforti verso il tamburo basandosi sull'andamento delle fenditure, inclinate verso l'esterno (Fig. 6, p. 63)<sup>31</sup>.

Del resto, lo stesso Beltrami dubitava della loro funzione. Ciò gli permise di rigettare la proposta dell'ing. Romeo, cioè un «provvedimento ideato [...] da un punto di vista industriale, [...] senza tener conto delle condizioni

---

tamburo della cupola, avrebbe dovuto logicamente distribuirsi regolarmente anche sui sedici contrafforti che irradiano da quella muratura circolare: nel fatto, il peso complessivo della cupola ebbe a gravare esclusivamente sull'imposta, essendo mancato un efficace collegamento sui contrafforti, quale avrebbe potuto attendersi dalla disposizione di mensoloni rovesci in corrispondenza del poderoso attivo del tamburo stesso, da Michelangelo progettati, come si vede nel suo modello: mensoloni che all'atto della costruzione vennero omissi, del pari che le grandi statue di profeti, e ciò probabilmente per affrettare i lavori della cupola» (Beltrami, 1932, 23). In merito alle statue si veda la nota 93, p. 66.

<sup>31</sup> Di Stefano non attribuisce «alcun compito statico o di contenimento di spinta» ai contrafforti, che sarebbero «elementi puramente figurativi della composizione architettonica». «Tale funzione è denunciata anche dalla loro stessa forma che mostra, dalla parte della parete del tamburo dove sono apparse le lesioni, una zona di spessore assai limitato e per giunta forata dal vano di passaggio, laddove si sarebbe potuto ottenere – se Michelangelo avesse voluto – uno spessore quasi doppio, collegando direttamente i due semipilastri ivi esistenti. [...] Alcuni studiosi, dai “tre matematici”, dal Vanvitelli e da altri di cui ci ha riferito il Poleni, fino al Nicolosi [quindi Giovannoni], al d'Elia ed al Gioseffi [per arrivare alla recente opinioni di Baldrati], hanno sostenuto la tesi secondo la quale i contrafforti avrebbero funzione statica e sarebbero sollecitati dalla spinta della cupola a ruotare verso l'esterno, intorno, cioè alla base delle colonne binate. Che questa tesi (contrastante con lo schema statico individuato nel presente lavoro) non sia valida, risulta, tra l'altro, proprio dall'andamento della direttrice fessurativa dei contrafforti esattamente opposta a quella che avremmo dovuto avere in quel caso. Il Beltrami ammette una funzione statica (sia pure non fondamentale) di quelle membrature, esaminandone il comportamento sotto l'azione della spinta della cupola, perviene ad indicare come attendibile un andamento lesionativo inclinato verso l'esterno. Essendosi, in realtà, verificate lesioni inclinate verso l'interno, il ragionamento del Beltrami risulta errato e vale, invece, a maggior ragione, a rafforzare il convincimento – già espresso anche dal Poleni e da altri di cui abbiamo detto più sopra – che i contrafforti con le colonne abbinata abbiano una funzione puramente decorativa» (Di Stefano, 1980, 82-83; Di Pasquale, 1997, 388). L'opinione di Di Stefano non è accolta totalmente dalla storiografia che ripropone le idee giovannoniane (Giovannoni, 1942, 16; Baldrati, 2014, 251). L'andamento delle fessurazioni dei “contrafforti”, e il conseguente distacco, suggerisce un abbassamento della porzione del tamburo così come avviene con i setti murari fondati su un terreno disomogeneo. Anche Hafner giudicò le colonne di travertino degli elementi non spingenti: «the ornamental exterior ribs of the dome are of travertine from Tivoli» (Hafner, 1924, 78). Lo stesso travertino è considerato strutturale (Zanchettin, 2009, 184) o meno (Bruschi, 1984, 21). Scamozzi, come ricorda Bruschi, ne deprecava l'utilizzo citando, tra i cattivi esempi, la Fabbrica petriana (Bruschi, 1984, 21). Sulle tipologie di pietre serve richiamare un passo dell'Alberti: «albus quisq(ue) lapis facilius fusco e(st): tralucidus opaco ductibilior; et quo quisq(ue) magis imitabitur salem, eo erit intractabilior. Harena inspersus lapis collustranti asper est. Aureae si intermicabunt scintille, contumax; nigrantes si ut ita loquar scatent puncti, indomitus. Qui guttis estangularibus aspersus, is erit firmior q(uam) qui globosis; et guttae quo erunt minores, eo erit lapis tollerantior; et quo cuiq(ue) color purgatior atq(ue) limpidior, eo aetior, et lapidi quo vena(trum) aderit minus, eo integrior et quo vena ipsa contiguo lapidi colore congruentior, eo aequabilior, et quo tenuior, eo morosior; et quo amfractor et volutior, eo austerior; et quo internodiosior, eo acerbiore» (Alberti, 1485, 29r; Alberti-Bonelli e Portoghesi, 1966, 136-137).

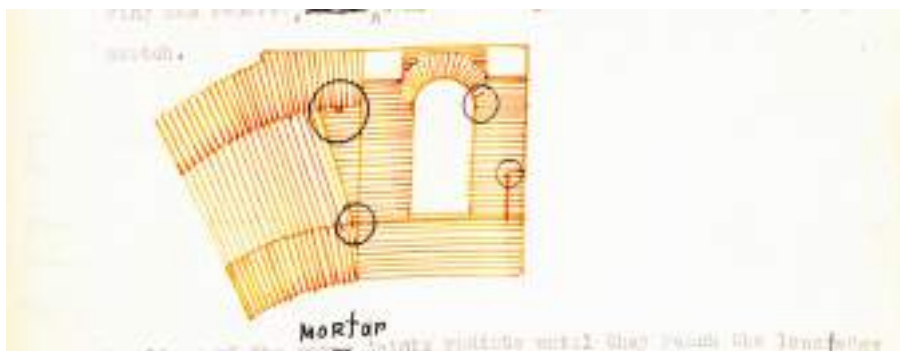


Fig. 7 - Particolare, in sezione, dell'innesto tra un costolone e l'anello d'imposta del lanternino (Hafner, 1924, 78).

del monumento, [che] proponeva di risolvere il problema [dei dissesti] traforando diagonalmente i contrafforti per introdurre delle barre di acciaio» (Beltrami, 1929, 12, 113)<sup>32</sup>.

Beltrami «constat[ò] come l'averne soppresso, dopo la morte di Michelangelo, le mensole e statue del modello (Fig. 5, p. 61)<sup>33</sup>, non [avesse] avuto un sensibile effetto nei riguardi della solidità<sup>34</sup> – mentre ne ebbe dal punto di vista estetico, per il crudo risalto dei contrafforti dalla linea della cupola – [ma che rimanevano] da esaminare gli effetti e le conseguenze dell'altra modificazione [cioè la correzione della curvatura], destinata a dare maggiore sviluppo alla cupola» (Beltrami, 1929, 80).

La successiva argomentazione sollevò Michelangelo dalle responsabilità per i danni<sup>35</sup>. Questi non avrebbero avuto luogo, sempre secondo Beltrami,

<sup>32</sup> La proposta di Romeo, il fondatore dell'omonima industria automobilistica, rievocava quella vanvitelliana, confutata da Poleni e mai messa in opera (Bellini, 1997).

<sup>33</sup> «After the model was removed [scrive Hafner] H. E. Cardinal Ehrle wisely gave instruction that the room in which it had stood for centuries should be left undisturbed. He kindly allowed me to sweep the rubbish of the floor together, and in doing so I found under a bench an ~~additional~~ *other* statue broken into many pieces. Upon carefully sifting the rubbish, I discovered thirty four additional pieces which I assembled» (Hafner, 1924, 75). Inoltre, «on the model which has been reproduced under my direction for the University of Cincinnati, Ohio, I restored the broken statuettes in accordance with the supposed original condition» (Hafner, 1924, 75). Le statuette originali, invece, sono attribuite a Giovanni Battista da Carrara (Hafner, 1924, 70). Di queste statue, una fu realizzata in base a un «pagamento, fatto il 12 settembre 1592, a "Ippolito scultore" per la "statua di greta che fa per modello per mettere sopra le imposte delle colonne della cupola" che egli fa per conto e ordine di Jacopo Della Porta» (Di Stefano, 1980, 77).

<sup>34</sup> «Sta di fatto che la rinuncia [alle mensole] dovette essere decisa all'atto stesso di avviare la costruzione dell'attico, e quindi sino dal tempo di Gregorio XIII, giacché le mensole rovesce, per esercitare un vero ufficio statico, avrebbero dovuto già essere intimamente collegate ai piedistalli sottostanti i costoloni della cupola» (Beltrami, 1929, 78).

<sup>35</sup> La strenua difesa di Michelangelo ha suscitato le severe critiche di Giovannoni che non stenta a paragonare le osservazioni di Beltrami con l'ipotesi «del viaggio di Leonardo in Armenia immaginata dallo Strzygowsky» (Giovannoni, 1942, 12).

immaginando il monumento nelle «sue condizioni originarie: vale a dire, [con] un carico che avrebbe dovuto risultare minore [per via della cupola emisferica], e ad una disposizione di contrafforti maggiormente solidale col muro perimetrale del tamburo [con l'uso delle mensole]» (Beltrami, 1929, 113).

In conclusione, Beltrami riassegnò al Buonarroti l'ideazione del monumento salvaguardandolo dalle critiche<sup>36</sup>. Della Porta, allievo di Michelangelo, aveva sì voltato la cupola, potendosi perciò definire l'artefice dell'opera (come voleva Garnier), ma era incorso in alterazioni tali da produrre i noti dissesti, sui quali ragionò l'architetto Hafner.

### III. 1924

«Furono queste considerazioni [per il consolidamento del tamburo] – formulate nella circostanza del saggio scolastico dell'architetto V. Hafner sulla cupola di S. Pietro, e delle proposte da lui fatte nella Relazione [...] – che misero in rilievo la opportunità di uno studio organico della cupola, tenendo conto della sua genesi e delle particolari condizioni nelle quali Michelangelo ebbe ad innalzare, sui quattro arconi di Bramante, il tamburo destinato a reggere la cupola» (Beltrami, 1929, 116).

Il brano, estratto dalla relazione di Beltrami, aveva definito i motivi delle indagini ma, al tempo stesso, aveva ridimensionato la ricerca di Hafner definita una «semplice esercitazione scolastica» (Beltrami, 1930, 12)<sup>37</sup>.

<sup>36</sup> Beltrami limitò il restauro alla sostituzione delle lastre di travertino danneggiato; in seguito, invece, Giovannoni avviò «importanti indagini diagnostiche per il controllo e il consolidamento statico della cupola» (Curuni, 1997, 412): i «lavori [furono] progettati e seguiti dall'ingegnere Giuseppe Nicolosi, allora divenuto titolare della cattedra di Architettura e Composizione Architettonica alla Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma». Questi lavori, del 1942, consistono in «opere di consolidamento del tamburo, tendenti a scaricare una parte del peso della cupola sui davanzali delle finestre» (Di Stefano, 1980, 22).

<sup>37</sup> Contrariamente all'opinione di Beltrami, Hafner basò le sue osservazioni sulla comparazione del modello con la cupola, compì sopralluoghi (vedi nota 102, p. 71) e condusse un parziale rilievo per misurare la differenza di quota tra le pile (Hafner, 1924, 60, 78-79, 84, 104; Beltrami, 1930, 12). «With the kind permission of H. E. Cardinal Merry del Val, I removed  $\pi$  portions of the plaster, which covers the entire surface between the shells. I made *in all* eleven cuttings into three of the ribs. 120° apart, as shown in *the* diagram (Ribs 1, 6 and 11). Some cuttings were made at the junction of the outer shell and rib, others at the junction of the inner shell and rib. This was done to determine whether or not the ribs were built independently of the shells. It was found that in some places the outer shell passed over the rib and the lower shell was bonded; in another case both outer and inner shells were bonded with the rib; in another the outer but not the inner shell was bonded with the rib; in another the outer shell passed the rib and the inner shell abutted the rib; and in still another the rib passed both shells (see fig. A, B, C, D, E.)» (Hafner, 1924, 78-79). Il motivo di queste differenze nell'innesto tra le calotte e i costoloni è suggerito poc'oltre: «the radius of the outer shell is bigger than the radius of the inner shell. This means that more bricks could be placed in the outer rib in a given angle from its center than in the inner rib in the same angle

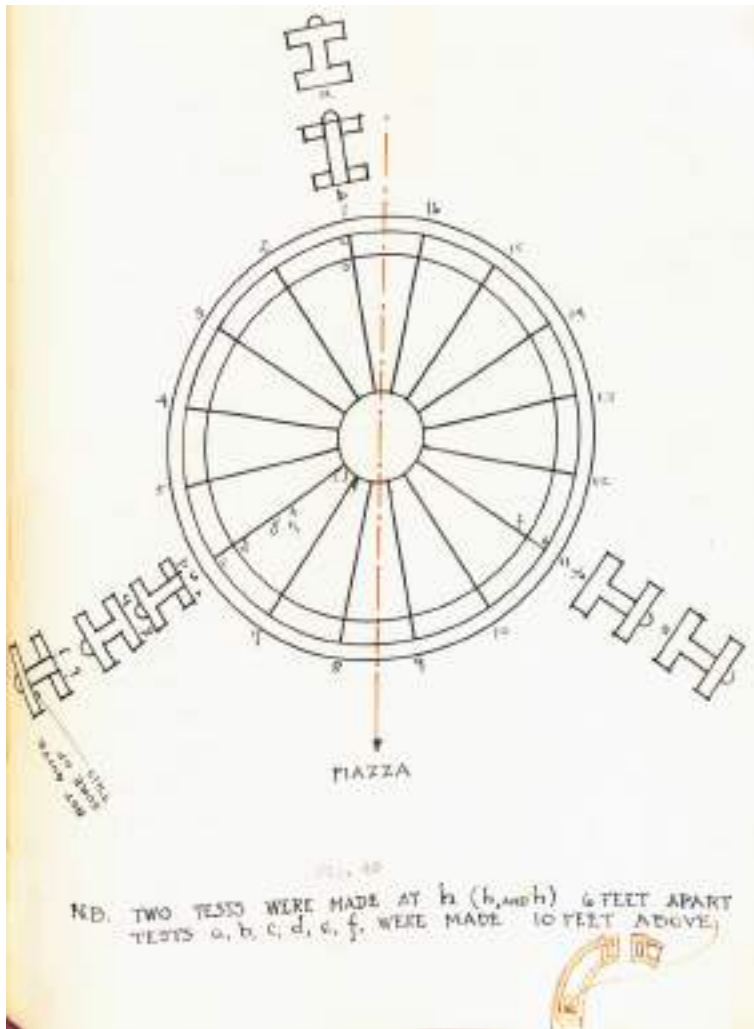


Fig. 8 - Schemi dell'ammorsamento tra i costoloni e le calotte  
(Hafner, 1924, 79).

Un'effettiva *damnatio memoriae* investì l'architetto: all'infuori dei contributi di Beltrami (solo parzialmente studiati), la storiografia contemporanea ha taciuto sulla “terribile” relazione dell'architetto americano, intitolata *The dome of St. Peter's cathedral at Rome*. L'unico recente riferimento, a parte un conciso accenno di Di Stefano (Di Stefano, 1980, 22)<sup>38</sup>, è segnalato da Emanuela Ferretti nel suo contributo per il catalogo della mostra

---

from its center. Often the joints did not coincide, and in that case bonding was not possible. The general effect, however, is a fairly good bond between ribs and shells and, in calculating the thrust of the dome, the ribs and shells have been considered as acting in unison» (Hafner, 1924, 84).

<sup>38</sup> «L'americano V. Hafner, in un suo saggio, esprime preoccupazioni circa la stabilità della cupola»

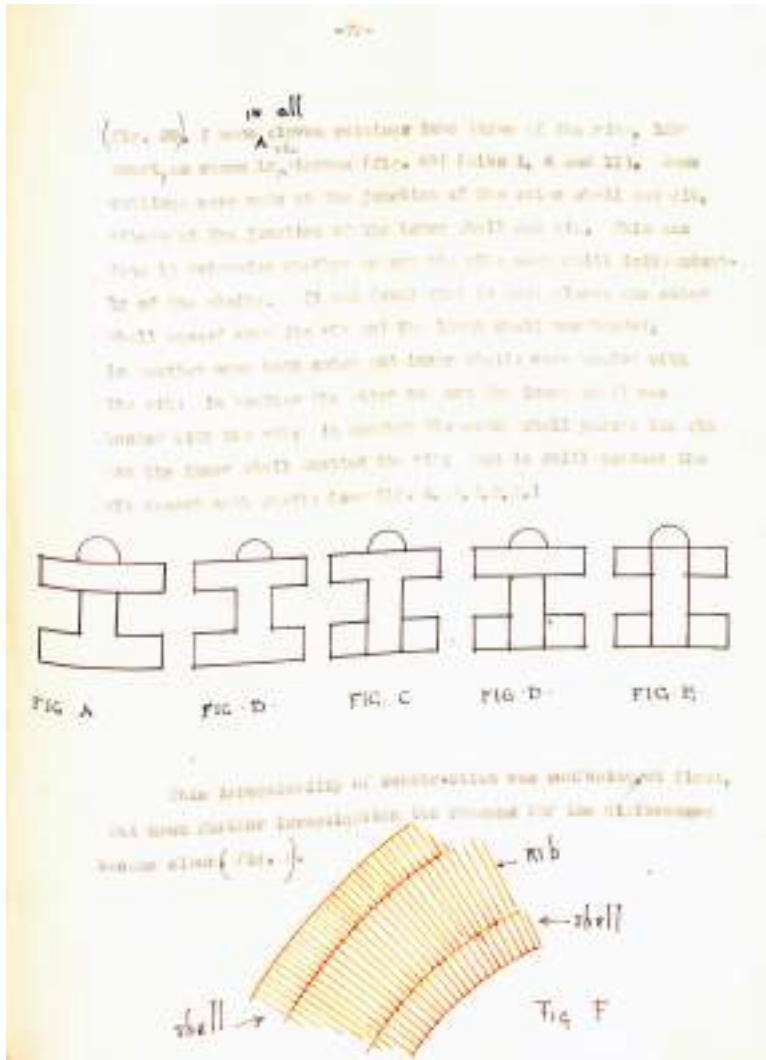


Fig. 9 - Schemi dell'ammorsamento tra i costoloni e le calotte (Hafner, 1924, 83).



*Michelangelo e il Novecento* (Ferretti, 2014, 100)<sup>39</sup>.

Il dattiloscritto, diffuso in pochi esemplari, è inedito e, in questa occasione, ne darò una breve descrizione, rimandando la disamina del contenuto ad un prossimo e più consistente studio *ad hoc*. Per l'occasione ho consultato la copia conservata nella biblioteca dell'American Academy a Roma, presso cui Hafner era pensionato.

Il retro della copertina porta la dedica a Mr. Gorham P. Stevens (1876-1963), direttore dell'American Academy dal 1917 al 1932 e destinatario di quest'esemplare, poi donato alla biblioteca nel febbraio del 1926. Più annotazioni informano sulle carenze dell'apparato fotografico, ridotto a sole tre immagini su cinquantasei. Almeno altre quattro fotografie appartengono alla fototeca dell'American Academy mentre, per le altre, mi riservo di continuare la ricerca.

«Victor Hafner, Of Irvington, Architect, Dies» recitò il periodico *The Herald Statesman* il 28 aprile del 1947. Un breve necrologio ricordava i momenti salienti della vita dell'architetto: la partecipazione alle guerre mondiali, la collaborazione al progetto del Goelet Building e gli studi sulla cupola<sup>40</sup>. Traduco: «durante i suoi tre anni là [a Roma], Mr. Hafner aveva condotto uno studio approfondito sulla cupola di San Pietro e nel 1924 aveva concluso che questa era in condizioni instabili. Le autorità vaticane avevano replicato che le fessurazioni nella cupola non costituivano un pericolo, ma che sarebbero state studiate da un comitato Internazionale [cioè Luca Beltrami] per rassicurare i fedeli di tutto il mondo».

Cosa fece il «comitato Internazionale», cioè Beltrami? In primo luogo, l'architetto della Fabbrica accusò Hafner di aver considerato reali i provvedimenti vanvitelliani per i contrafforti<sup>41</sup>, mai messi in opera, quindi di aver tratto le proprie conclusioni solo dal modello della cupola. Personalmente non concordo con l'affermazione di Beltrami perché diversi passi del testo ed alcuni disegni dimostrano il contrario. Ad esempio:

<sup>39</sup> Ringrazio la professoressa Ferretti per l'utile e fruttuosa segnalazione.

<sup>40</sup> Tra il 1930 e il 1932, Hafner collaborò con l'ingegnere Edward Hall Faile alla costruzione del palazzo della famiglia Goelet all'angolo nord dell'isolato della 49esima strada (Gray, 2010).

<sup>41</sup> Hafner ritenne realizzato il provvedimento vanvitelliano perché presente sul modello: «the buttresses are held to the drum by means of a frame work of wrought iron imbedded in the buttres[s] es. This is shown in the movable section of the model» (Hafner, 1924, 78). Considerando reali i rimedi di Vanvitelli, Hafner consiglia di murare le aperture dei «contrafforti», di forare le colonne in verticale, inserirvi delle barre d'acciaio e collegarle, attraverso dei tiranti, al tamburo. Si veda anche la nota 92, p. 66.

- la disposizione dei laterizi nell'innesto tra i costoloni e l'anello di base del lanternino, (Hafner, 1924, 78; Fig. 7, p. 66)<sup>42</sup>;
- uno schema dell'ammorsamento tra i costoloni e le calotte, studiato attraverso alcuni saggi eseguiti da Hafner con il permesso del cardinale Merry (Hafner, 1924, 79, 83; Fig. 8, p. 68 e Fig. 9, p. 69)<sup>43</sup>;

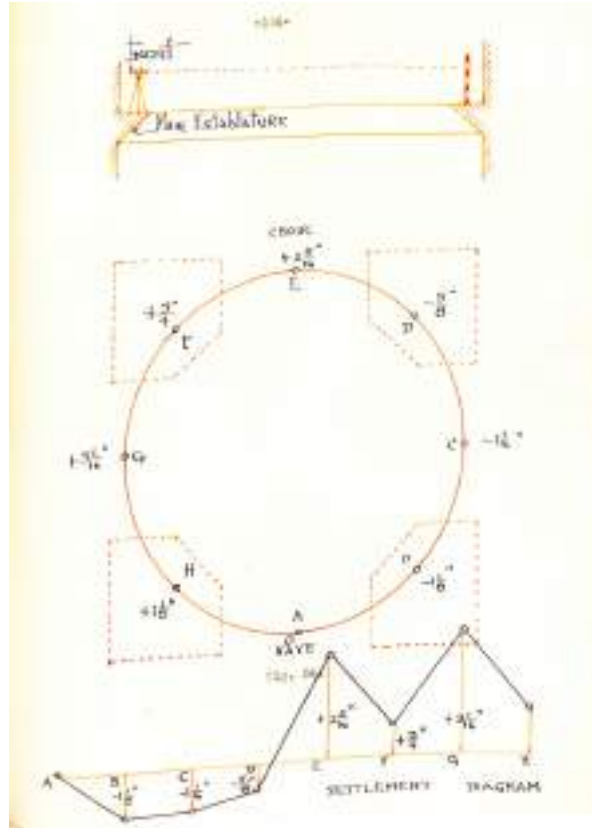


Fig. 10 - Rilievo della differente quota delle pile all'altezza del transetto (Hafner, 1924, 104).

- l'individuazione delle aperture rettangolari alla sommità della cupola (Hafner, 1924, 87-88);

<sup>42</sup> Hafner lascia alcuni disegni della tessitura muraria tra il costolone e l'ultimo anello (Hafner, 1924, 78). La disposizione orizzontale dei laterizi nella porzione inferiore dell'anello solleva alcuni dubbi sulla correttezza della rappresentazione. A questo proposito, sostiene che «in all probability a ring of travertine at the base supports the ring of brick above» (Hafner, 1924, 78).

<sup>43</sup> Si veda nota 97, p. 67. In tempi più recenti, Baldrati esamina questa porzione della struttura (Baldrati, 2014, 259 e 265).

- le misurazioni delle quote raggiunte dalle quattro colossali pile (Hafner, 1924, 104; Fig. 10, p. 71).

Ritengo, anzi, che Beltrami avesse potuto derivare alcune osservazioni dal testo di Hafner. Do un breve elenco:

- modifica del modello ligneo (Hafner, 1924, 58);
- omissione delle mensole rovesce e delle statue (Hafner, 1924, 67)<sup>44</sup>;
- infondatezza dell'accusa di Bernini (Hafner, 1924, 102)<sup>45</sup>;
- riferimento alle ricerche settecentesche dei tre matematici, cioè Thomas Le Seur, François Jacquier, Ruggero Giuseppe Boscovich (Capecchi, 2010), e del fisico Giovanni Poleni (Hafner, 1924, 103).

In ultimo, evidenzio alcune differenze tra le conclusioni di Hafner e quelle di Beltrami: il primo, ammirando Michelangelo, gli attribuì la paternità dell'intervento, ridimensionando le capacità progettuali di Bramante ed assegnando un ruolo secondario ai «practical engineer», cioè Della Porta e Fontana<sup>46</sup> (Hafner, 1924, 18, 45, 69-70)<sup>47</sup>. Beltrami, invece, precisò con chiarezza gli interventi dellaportiani e fontaniani e “riabilitò” Bramante, ma non intraprese indagini sulle fondazioni e sulle pile, che, invece, erano

<sup>44</sup> «Della Porta omitted two features, which would have added greatly to the beauty of the exterior: as already mentioned they are the omission of the curved consoles and the statues of the Apostles over the buttresses. The curved brackets connect the buttresses with the spring of the vault, and their omission gives a stilted effect to the cupola by separating the vertical lines of the drum and attic from the line of the cupola. [...] The omission of the curved buttresses, or consoles, and the statues above the buttresses is the most important difference between the model and the dome» (Hafner, 1924, 67).

<sup>45</sup> Secondo Hafner l'accusa a Bernini era infondata (Hafner, 1924, 102). «Il Baldinucci [nella biografia del Bernini?] ci narra che l'anno 1680 per alcune lesioni osservatesi nella Cupola e suo Tamburo, insorse un nembo di popolari tempeste contro il Bernini che lo accagionarono de' lavori fatti nei Piloni. Queste voci furono sanzionate da chi ebbe a esaminarli, ed il danno specialmente si ripeteva dalle quattro scale a chiocciola praticate nell'interno de' Piloni. Ed è vergogna che tanta falsa opinione circoli tutto di sul labbro non del volgo, lo perché non sa, ma sul labbro di persone che pur si vantano di sapere. È vero che il Bernini alleggerì il peso dei Piloni coll'aprire le dette scale, ma questa sottrazione di peso che è mai in confronto dell'immensa loro massa?» (Burri, 1849, 19-20).

<sup>46</sup> Hafner scrive brevemente che «the cupola above the drum was completed by Della Porta and Fontana from July 15th, 1588 to May 19th, 1590» (Hafner, 1924, 45), mentre «after carefully studying the model and comparing it with the dome as it stands today, we may safely conclude that the dome in its present form is Michelangelo's conception, and that Della Porta and Fontana departed in no important particulars from his design. Michelangelo deserves all the credit ad an imaginative builder and as a practical engineer in so far as the dome of St. Peter's is concerned» (Hafner, 1924, 69-70).

<sup>47</sup> «Bramante, however, was more successful with building of a smaller scale size; he had not the imagination of Michelangelo, who thought on a grand scale» (Hafner, 1924, 18).

«di vitale importanza nel[lo] studio [di Hafner per comprendere le] cause delle fratture nella cupola» (Hafner, 1924, 21)<sup>48</sup>. Quest'interesse emerge nel corposo apparato iconografico prodotto da Hafner (di cui difettano le relazioni di Beltrami) in cui l'architetto documenta, attraverso schemi, disegni e fotografie, le proprie indagini.

Mi arresto qui prefiggendomi la completa disamina della relazione in un prossimo futuro, ma sulla base dei concisi riferimenti qui esposti, il testo di Hafner potrà efficacemente implementare, insieme ai poco studiati contributi di Beltrami, la conoscenza della «stupenda» Fabbrica Vaticana.

## BIBLIOGRAFIA

Alberti, Leon Battista, *Leonis Baptiste Alberti de re aedificatoria*, impressum opera Magistri Nicolai Laurentii Alamani, Florentiae, 1485.

Alberti, Leon Battista – Renato Bonelli e Paolo Portoghesi (a cura di), *De re aedificatoria*, introduzione di Portoghesi P., traduzione di Orlandi G., Il Polifilo, Milano, 1966, vol. II.

Baldrati, Barbara, *La cupola di San Pietro. Il metodo costruttivo e il cantiere*, Ed. Studium, Roma, 2014.

Ballon, Hilary, *Frank Lloyd Wright and Michelangelo*, Haughey, P. e altri (a cura di), *Concerto Barocco: essays in honor of Henry Millon*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2005, pp. 130-140.

Barbi, Luciano e Di Teodoro, Francesco Paolo, *Le lesioni della Cupola di Santa Maria del Fiore: una proposta di datazione*, “Bollettino ingegneri”, 31, 1983, 9, pp. 13-18, mens.

Bellini, Amedeo, *Luca Beltrami architetto della Fabbrica di San Pietro*, Spagnesi, G. (a cura di), *L'architettura della Basilica di San Pietro. Storia e costruzione. Volume in Memoria di Giuseppe Zander*, Bonsignore, Roma, 1997, pp. 395-409.

Bellini, Amedeo, *Il fondo di carte e libri “raccolta Beltrami” nella biblioteca d'arte del castello sforzesco di Milano*, C.A.S.V.A., Milano, 2006.

Bellini, Federico, *La cupola di San Pietro da Michelangelo a Della Porta*, Satzeinger, G. e Schütze, S. (a cura di), *Sankt Peter in Rom 1506-2006*, Hirmer, München, 2008, pp. 175-194.

<sup>48</sup> In particolare, il pilastro detto della Veronica (Hafner, 1924, 107).

Bellini, Federico, *L'organismo costruttivo della cupola di San Pietro da Bramante a Della Porta*, Conforti, C. e Gusella, V. (a cura di), *Aid Monuments. Conoscere progettare ricostruire*, Aracne, Roma, 2013, pp. 53-72.

Bellini, Amedeo, *Un borghese esemplare nella Milano dell'Ottocento*, Paoli, S. (a cura di), *Luca Beltrami (1854-1933). Storia, arte e architettura a Milano*, Silvana Editoriale, Milano, 2014, pp. 15-46.

Beltrami, Luca, *Il Pantheon*, Tipografia Umberto Allegretti, Milano, 1898.

Beltrami, Luca, *Gli studi per la ricostruzione del Campanile di S. Marco a Venezia*, "L'edilizia moderna", XII, 1908, pp. 59-64, mens.

Beltrami, Luca, *La cupola di S. Pietro è veramente di Michelangelo?*, "Il Marzocco", XXX, 15 marzo 1925, 11, p. 1, mens.

Beltrami, Luca, *Introduzione allo studio delle condizioni statiche nella Cupola di S. Pietro in Roma*, s.T., s.l., s.a. [sed 1929?].

Beltrami, Luca, *La cupola vaticana*, tipografia poliglotta vaticana, Città del Vaticano, 1929.

Beltrami, Luca, *Relazioni delle indagini e dei lavori di restauro alla Cupola Vaticana dal maggio 1928 al marzo 1930*, tipografia poliglotta vaticana, Città del Vaticano, 1930.

Beltrami, Luca, *La cupola della Basilica di San Pietro e i lavori di restauro in corso di esecuzione*, "L'Illustrazione Vaticana", II, 31 ottobre 1931, 20, pp. 17-26, quind.

Brandi, Cesare, *Michelangiolo e la curva della cupola di San Pietro*, Accademia di Belle Arti di Carrara (a cura di), *Momenti del marmo*, Mario Bulzoni Editore, Roma, 1969, pp. 65-80.

Bruschi, Arnaldo, *Una lunga storia*, De Sessa, C. (a cura di), *Il travertino romano di Tivoli*, ANIS, Roma, 1984, pp. 9-21.

Burri, Romolo, *Saggio sulla stabilità della cupola di S. Pietro in Vaticano: memoria*, Dalla Tipografia Salviucci, Roma, 1849.

Capecchi, Danilo (a cura di), *Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero Giuseppe Boscovich. Perizie di statica*, Commissione Scientifica per l'Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero Giuseppe Boscovich, Nova Milanese, 2010.

Carusi, Marta, *Analisi indiretta e diretta. Presupposti fondamentali in ogni processo di conoscenza; la cupola di S. Pietro in vaticano*, "Progetto restauro", 19, 2014, 69, pp. 22-33, tr.

Curuni, Spiridone Alessandro, *Gustavo Giovannoni architetto della fabbrica di S. Pietro*, Spagnesi, G. (a cura di), *L'architettura della Basilica di San Pietro. Storia e costruzione. Volume in Memoria di Giuseppe Zander*, Bonsignore, Roma, 1997, pp. 409-412.

Di Biase, Carolina, *Strutture in calcestruzzo armato nel Castello Sforzesco di Milano (1904-1956)*, Catalano, A. e Sansone, C. (a cura di), *Progetto e tecnologia per il costruito tra XX e XXI secolo*, IMREADY, Galazzano, pp. 45-55.

Di Pasquale, Salvatore, *Giovanni Poleni tra dubbi e certezza nell'analisi della Cupola Vaticana*, VII, "Palladio", 1994, 14, pp. 273-278, bim.

Di Pasquale, Salvatore, *La cupola, le fratture, le polemiche*, Spagnesi, G. (a cura di), *L'architettura della Basilica di San Pietro. Storia e costruzione. Volume in Memorie di Giuseppe Zander*, Bonsignore, Roma, 1997, pp. 381-388.

Di Stefano, Roberto, *La cupola di San Pietro. Storia della costruzione e dei restauri*, ed. Scientif. Ital., Napoli, 1980.

Di Teodoro, Francesco Paolo, *Giovanni Poleni, Domenico Maria Manni e le catene per la cupola di Santa Maria del Fiore: per la storia delle fratture e dei previsti risarcimenti alla "grande macchina" di Filippo Brunelleschi*, "Annali di architettura", XXIII, 2011, 157-177, an.

Di Teodoro, Francesco Paolo, *Geometria, sostegni e cupole tra Quattro e Cinquecento*, Garbarino, G.B. e Morresi, E. (a cura di), *Una chiesa bramantesca a Roccaverano, Santa Maria Annunziata (1509-2009)*, Impressioni Grafiche, Acqui Terme, 2012, pp. 335-351.

Ferretti, Emanuela, "La matematica del marmo". *Michelangelo fra storiografia e architettura nell'Italia del primo Novecento*, Ferretti, E. e altri (a cura di), *Michelangelo e il Novecento*, Silvana Editoriale, Milano, pp. 79-102.

Garnier, Charles, *Michel-Ange Architecte*, "Gazette des beaux-art", 1, 1876, 13, pp. 187-203, sem.

Giovannoni, Gustavo, *La cupola di S. Pietro*, Reale Istituto di Studi Romani, Roma, 1942.

Gray, Christopher, *The Bland and the Beautiful*, "The New York Times", 25 luglio 2010.

Hafner, Victor L.S., *The Dome of St. Peter's Cathedral*, s.T., s.l., 1924.

Iori, Tullia e Savone, Fraziano, *La costruzione di un mito. La vera storia del ponte del Rinascimento*, Iori, T. e Poletti, S. (a cura di), *SIXI. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia 3*, Gangemi, Roma, 2011, pp. 34-61.

Johnson, Eugene J., *S. Andrea in Mantua. The building history*, Pennsylvania State University Press, University Park (PA) / London, 1975.

Milani, Giovan Battista, *L'ossatura murale. Studio statico costruttivo ed estetico-proporzionale degli organismi architettonici, con speciale riferimento alle strutture elastiche nelle loro varie e moderne applicazioni pratiche*, C. Crudo & C., Torino, 1920.

Poleni, Giovanni, *Memorie storiche della Gran Cupola del Tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro, divise in libri cinque. Alla santità di nostro signore papa Benedetto XIV*, nella Stamperia del Seminario, Padova, 1748.

Ruschi, Pietro, *Michelangelo architetto nei disegni della Casa Buonarroti*, Silvana Editoriale, MilaSchlimme, Hermann, Giovanni Amico commenta i danni della cupola di S. Pietro in Vaticano, "Lexicon", 3, 2006, pp. 57-62.

Serio, Nicoletta, *Aspettando primavera: la formazione della Raccolta Beltrami nella Biblioteca d'Arte del Castello Sforzesco*, Paoli, S. (a cura di), *Luca Beltrami (1854-1933). Storia, arte e architettura a Milano*, Silvana Editoriale, Milano, 2014, pp. 273-280.

Volpi Ghirardini, Livio, *Le scale a chiocciola del Sant'Andrea di Leon Battista Alberti. Rilievi e nuove osservazioni*, Hubach, H. e altri (a cura di), *Reibungspunkte. Ordnung und umbruch in architektur und kunst*, Michael Imhof Verlag, Petersberg, 2008, pp. 301-306.

Volpi Ghirardini, Livio, *Il Sant'Andrea dell'Alberti. Questioni aperte*, Calzona, A. (a cura di), *Leon Battista Alberti. Architetture e committenti*, Olschki, Firenze, 2009, pp. 709-742.

Zanchettin, Vitale, *Il tamburo della cupola di San Pietro in Vaticano*, Mussolin, M. (a cura di), *Michelangelo architetto a Roma*, Silvana Editoriale, Milano, 2009, pp. 180-199.