



Il rilievo strumentale per la conoscenza analitica di stratificazioni storiche complesse: San Pietro in Vincoli

Daniele Calisi
Alessandra Centroni
Maria Grazia Cianci

Abstract

Il centro storico di Roma è una continua fonte di scoperte archeologiche e monumentali dovute alla millenaria stratificazione di strutture architettoniche. Tuttavia, se da un lato molti resti sono stati resi visibili al pubblico grazie a campagne di scavi e recupero a partire dalla seconda metà dell'800, dall'altro risultano ancora inglobati, e spesso ne sono fondamentali, negli apparati murari che nel corso dei secoli si sono ad essi sovrapposti. Riuscire a documentare, in modo adeguato, le varie stratificazioni è un'operazione molto delicata finalizzata a consentire una più facile lettura, ove possibile, dei diversi livelli che si sovrappongono orizzontalmente o che sono dovuti a ricuciture murarie. La Basilica di San Pietro in Vincoli è esempio emblematico di una complessità di sovrapposizioni ed incastri, soprattutto nello snodo della sacrestia vecchia, posta alle spalle della tomba di Giulio II e nel chiostro con gli ambienti annessi che ora sono in uso dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università La Sapienza. Un sistema così complesso deve prevedere per la campagna di rilevamento una progettazione mirata, realizzata con laser scanner, che minimizzi le zone d'ombra e che garantisca un collegamento sicuro tra le postazioni interne ed esterne in un labirinto intricato di sale, scale, corridoi e porticati. La ricerca qui presentata è il primo sviluppo di una più ampia analisi che prevede anche la ricerca storico archivistica, che aiuterà a comprendere meglio lo sviluppo temporale del complesso.

Parole chiave

Rilievo strumentale, Patrimonio, San Pietro in Vincoli, Stratificazione, Archeologia

Topic

Documentare



Sezione longitudinale sulla navata laterale di San Pietro in Vincoli (Elaborazione dell'autore).

Le stratificazioni storiche del complesso di San Pietro in Vincoli





La basilica di San Pietro in Vincoli, situata nell'attuale rione Monti, si trova su un'altura denominata anticamente *Faguta*, posta alle spalle del colle Oppio e con un forte declivio verso l'Argiletum e la Suburra. I rinvenimenti effettuati nell'area, nonché gli scavi novecenteschi eseguiti negli anni 1956-1960 sotto la direzione di Antonio Maria Colini che hanno previsto lo smantellamento della pavimentazione della navata centrale della basilica, hanno messo in luce le fasi precedenti al V secolo che testimoniano una diffusa presenza residenziale aristocratica. Si tratta infatti di diverse domus sovrapposte, di età repubblicana e imperiale del IV-III sec. a.C. e di alcune abitazioni della fine del II sec. a.C. con pregevoli mosaici policromi figurati; uno strato più superficiale testimonia l'esistenza di una grande domus di epoca probabilmente neroniana, di cui restano tre bracci di un criptoportico che circondava un cortile con giochi d'acqua e giardini (fig. 01).

Ci troviamo, pertanto, di fronte ad un elaborato processo di stratificazioni, presente al di



Legenda

Domus romane

-  2 Case Repubblicane I sec. (A-B con mosaici)
-  Resti classici (R-S)
-  Domus imperiale II sec.
-  Domus aula absidata seconda metà III sec.

Basilica





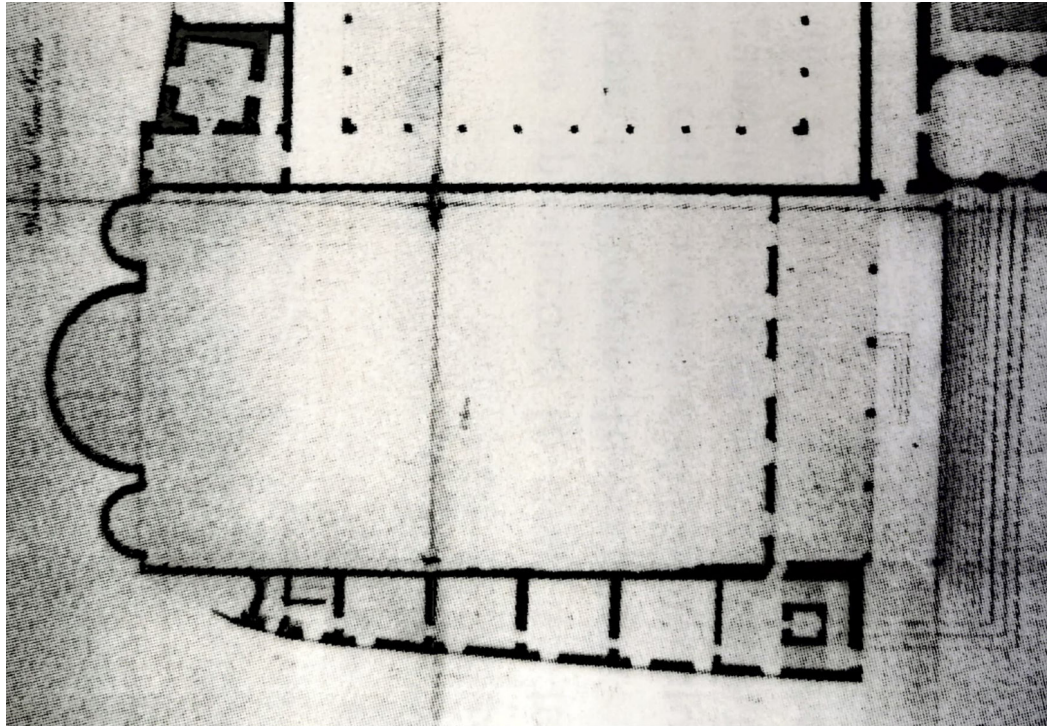
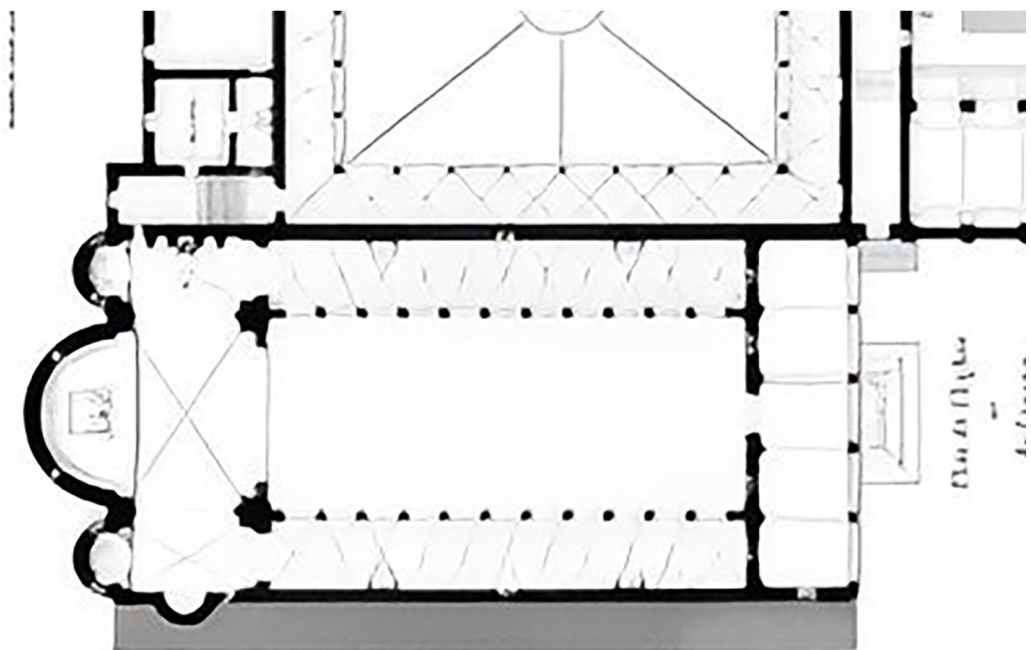
-  Prima costruzione fine IV inizi V sec.
-  Recinzione liturgica
-  Chiesa ricostruita da Sisto III (432-440)
-  Aggiunte rinascimentali

Fig. 01. Pianta archeologica della Basilica di San Pietro in Vincoli (nella restituzione tratta da Bartolozzi Casti, G. (2013). *La Basilica di San Pietro in Vincoli*. Roma:Viella, Libreria editrice).

sotto della basilica, ma che deve estendersi anche al resto del complesso monumentale, con le successive aggiunte e modifiche in epoca medievale, poi rinascimentale sotto i pontificati di Sisto IV e Giulio II ed infine ottocentesca, con la trasformazione dell'area conventuale a sede della facoltà di Ingegneria. L'area retrostante la sepoltura di Giulio II, che comprende la vecchia sacrestia, costituisce il punto cruciale di tali trasformazioni. Analizzando le planimetrie storiche di questo "nodo" è evidente una diversa giacitura delle



a



b

Fig. 02. Incongruità e differenze dei profili murari tra navata laterale e anti-sacrestia in alcune delle piante storiche: a) anonimo del 1874 da A. Ippoliti (1999), Il Complesso di San Pietro in Vincoli e la committenza della Rovere (1467-1520), Roma; Archivio Guido Izzi; b) pianta di San Pietro in Vincoli secondo Paul Letarouilly da J. B. Bayley (2013), *Letarouilly on Renaissance Rome*, Dover Publications.

direttrici, che probabilmente si innestano su murature precedenti di cui si hanno parziali testimonianze negli scavi descritti e che evidenziano una complessa successione di costruzioni, trasformazioni e aggiunte. Per questo motivo si è reso necessario un rilievo strumentale tridimensionale che permettesse di capire al meglio le diverse giaciture, le altezze, gli spessori murari o gli aspetti più propriamente materici e geometrici di tale “nodo architettonico”.

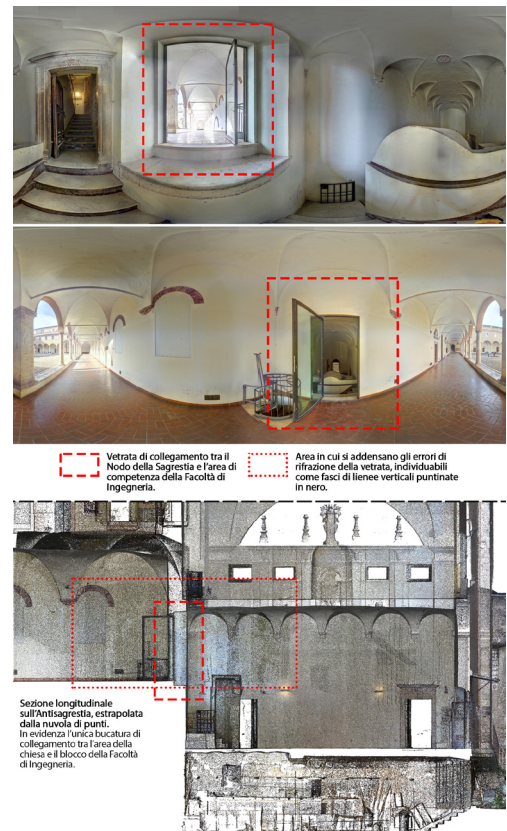
Il rilievo strumentale come base per la conoscenza

L'incarico per il rilevamento del complesso e stratificato sistema della sacrestia vecchia di San Pietro in Vincoli, effettuato per la Soprintendenza Speciale di Roma, scaturisce proprio dall'esigenza di comprendere determinati “incastri” e sovrapposizioni che la documentazione archivistica e bidimensionale non metteva chiaramente in evidenza [1]. In molti casi, infatti, nonostante la documentazione archivistica e storica precedente contenga informazioni che consentono una sequenza stratigrafica temporale attendibile, la sovrapposizione delle planimetrie risulta spesso non collimabile (fig. 02). Il rilievo più recente e di maggior precisione è quello realizzato da Giuseppe Papillo, condotto in due fasi. Nella prima si è eseguito un rilievo fotogrammetrico di dettaglio su appoggio topografico, restituendo gli elaborati con stereo-restitutore analitico *Wild*. Durante la seconda fase di rilevamento si è condotta la battitura topografica di dettaglio, affiancando anche un rilievo diretto fissato su caposaldi topografici. Il rilievo ha messo in risalto, tra le altre cose, l'ingrossamento del muro tra la tomba di Giulio II e l'anti sacrestia, evidenziato non solo dal taglio delle volte al di sopra e al di sotto (nella cantina), ma soprattutto dal recupero di alcune fotografie storiche datate 1862, che, a seguito della demolizione della facciata in questione verso il giardino, mostrano la sezione “a vivo” sulle volte stesse e la differente texture di mattoni nel ringrossamento. L'esigenza di un rilievo strumentale con laser scanner di dettaglio avrebbe messo ulteriormente in evidenza questi aspetti, estrapolando le informazioni dal modello tridimensionale.



Fig. 03. Piante in cad estrapolate dalla nuvola di punti densa e posizioni delle stazioni di presa. In tabella la numerazione progressiva delle stazioni divise per piani di calpestio e se o meno fuori campo (Elaborazione dell'autore).

Fig. 04. Problemi di collegamento tra il nodo della sacrestia, in uso alla basilica, e il blocco chiostro/uffici della Facoltà di Ingegneria de La Sapienza, attraverso una sola vetrata. Risoluzione dei problemi di rumore della nuvola dovuti alla rifrazione dei raggi di ripresa dalle stazioni (Elaborazione dell'autore).



porticato del chiostro, con estrema difficoltà di visibilità tra le postazioni. Inoltre, durante la fase di scansione all'interno degli ambienti ecclesiastici e nel chiostro si sono riscontrati dei difetti dovuti ai problemi di rifrazione del vetro, proprio in corrispondenza della finestra e dal lato del chiostro. È stato pertanto necessario pulire la nuvola di punti in post-produzione, lavorando di volta in volta con porzioni di nuvola scorporate attraverso un *clipping box* e facendo attenzione a non eliminare punti appartenenti alle porzioni architettoniche (fig. 04).

Durante il primo sopralluogo si è evidenziata una discordanza nelle planimetrie storiche inerente il muro posto tra la tomba di Giulio II e l'anti sacrestia che risulta essere, in realtà, trapezoidale. Pertanto, in accordo con la Soprintendenza, si è resa necessaria anche la scansione della tomba di Michelangelo, per verificare la variazione degli spessori murari, da confrontare con i rilievi precedentemente effettuati. A causa della dovizia di apparati decorativi e di modanature presenti negli ambienti in questione, il rilievo è stato particolarmente dettagliato e, partendo dalla navata laterale e arrivando al transetto, è stato possibile determinare gli spessori murari effettivi della chiesa con la sacrestia e il chiostro (fig. 05). L'allineamento e la collimazione delle singole nuvole di punti sono stati garantiti passando attraverso le due piccole porte laterali alla tomba, con un numero adeguato di postazioni, permettendo una doppia verifica dai due accessi. La nuvola di punti finale, a seguito dell'allineamento e collimazione delle varie postazioni, ha evidenziato come proprio in corrispondenza dell'anti sacrestia avviene una rotazione della giacitura dei muri portanti in modo da posizionarsi parallelamente rispetto alla sacrestia vecchia, per tornare al tessuto parallelo rispetto alla chiesa negli ambienti adiacenti al chiostro della Facoltà di Ingegneria. I due differenti tessuti potrebbero derivare da precedenti impianti risalenti all'epoca romana, come testimoniano anche gli scavi visibili nelle cantine al sotto della sacrestia vecchia. In questi ambienti si sono riscontrate numerose criticità da affrontare. In particolare, nella seconda cantina, al di sotto della sacrestia vecchia, il problema principale era soprattutto pratico, di connessione tra esterno ed interno, a causa di una sola apertura di comunicazione larga appena 40 cm e alta circa 120 cm. In questo caso, si è reso necessario un infittimento delle scansioni prima, nel mezzo e dopo l'apertura, per garantire una buona sovrapposizione delle nuvole e diminuire l'errore nell'allineamento. Anche in questo ambiente ipogeo gli scavi hanno permesso la scansione dell'intera sala, eccetto per il tunnel che si irradia al di sotto della sacrestia stessa. In entrambe le cantine, la poca luce disponibile non permette di apprezzare i colori reali, ma è ovviamente limitata ai valori RGB registrati dalle HDR ad alta risoluzione dello spazio illuminato debolmente e in modo artificiale (fig. 06). Per poter accedere a questi ambienti è stato necessario uscire dall'anti sagrestia verso il giardino posteriore. Durante la prima visita, la corte esterna era infestata da graminacee e gli arbusti necessitavano una potatura inevitabile per permettere il rilievo con laser, sia per ottenere un piano di calpe-

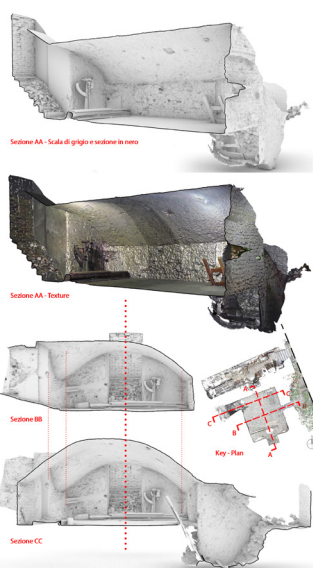


Fig. 06. Cantina sotto la sacrestia. Sezioni longitudinali e trasversali. Visualizzazione in scala di grigio e texturizzata della mesh ad alta risoluzione risultante dalla nuvola di punti (Elaborazione dell'autore).

Fig. 07. Panoramiche HDR registrate con il laser scanner con le postazioni di collegamento tra il chiostro e gli uffici della Facoltà di Ingegneria (Elaborazione dell'autore).



stio solido e rilevabile, sia per consentire la visibilità tra le postazioni esterne. Inoltre, queste scansioni hanno reso possibile anche la determinazione degli spessori murari degli ambienti oggetto di studio. A causa della posizione terrestre e dell'andamento radiale dei raggi di scansione, le parti alte degli edifici, in corrispondenza degli uffici della facoltà di ingegneria, sono risultate più rarefatte, ma comunque sufficienti per la completezza del rilievo stesso.

Altra problematica da risolvere è stata quella di riuscire a collegare gli ambienti ecclesiastici con quelli della Facoltà di Ingegneria, ovvero ambienti uffici, ripostigli, galleria dei libri e vano scale, che si trovano esattamente sopra la sacrestia, la navata laterale e il portico del chiostro. Un incastro difficilmente apprezzabile dalle planimetrie storiche e di faticosa lettura dal vero, con l'ulteriore ostacolo che i primi e secondi ambienti non sono mai comunicanti. Pertanto, pur realizzando delle scansioni delle due porzioni, esse non si sarebbero collimate e incastrate senza determinare aree comuni che ne permettessero il collegamento reciproco. L'unica possibilità per allineare le due diverse nuvole di punti era usare il chiostro stesso come zona comune sia per la sacrestia, che affaccia su di esso tramite una sola vetrata, come già descritto, sia per gli ambienti superiori, la cui galleria dei libri guarda il chiostro attraverso alcune finestre. Per le postazioni nel chiostro si sono impostati valori di scansione elevati, per permettere ai raggi proiettanti di entrare nelle finestre della galleria in modo più diffuso e dettagliato, mentre si sono programmate delle scansioni in mezz'ora delle bucatore per ottenere scansioni di dettaglio verso entrambe le direzioni (esterno e interno) e garantire un ottimo allineamento con quelle del chiostro, ma anche con quelle della galleria stessa (fig. 07). La nuvola di punti ottenuta dalle 120 postazioni ha messo in luce la complessità delle stratificazioni non evidenti precedentemente. Infatti, la scelta di restituire le planimetrie ad una quota definita esclude molte informazioni di questo gioco di incastri e sovrapposizioni. Disegnare determinate piante e sezioni aiuta nella comprensione del nodo dal punto di vista dimensionale; tuttavia, è sembrato evidente che servissero elaborati tridimensionali per una visione formale più globale. In realtà lo strumento migliore a tal fine è esattamente il *clipping plane* di ReCap, che permette



Fig. 08. Vista prospettica da point cloud del blocco chiostro/sacrestia/uffici di Ingegneria de La Sapienza. Piano sezione gestito in ReCap (Elaborazione dell'autore).

di spostare il piano sezione nelle tre dimensioni e verificare le giaciture murarie e gli ambienti affiancati o sovrapposti (fig. 08).

Oltre alla tomba di Giulio II, oggetto del rilievo è stata la sacrestia vecchia realizzata su volontà di Giuliano della Rovere (futuro papa Giulio II) e i locali adiacenti. Questi ambienti, attualmente non visitabili, vantano diverse manufatti di pregio. Gli affreschi sono riprodotti negli ortofotopiani che accompagnano le sezioni bidimensionali ed è stata anche restituita una pianta di dettaglio delle coperture per la sacrestia. Il rilievo ha permesso innanzitutto la digitalizzazione dettagliata di un prezioso bene del patrimonio culturale, includendo anche una graficizzazione accurata delle pavimentazioni, degli apparati decorativi e degli affreschi ivi presenti, finalizzata alla loro analisi, studio, recupero e restauro. Attualmente è stato fatto un lavoro di pulizia accurata della nuvola di punti, per poter creare una mesh dettagliata di tutto il nodo. Tuttavia, il peso eccessivo del file ha costretto l'attuazione di una doppia soluzione: una mesh unica di tutto il complesso ad una risoluzione minore, e la creazione di mesh di dettaglio, invece, per i singoli ambienti e blocchi estrapolati dalla nuvola stessa. La gestione di elementi separati ha permesso alla Soprintendenza di poter manipolare digitalmente i singoli ambienti, sovrapporli e aggiungerli usando una stessa origine, nonché avere una visione chiara del nodo della sacrestia (figg. 09, 10).

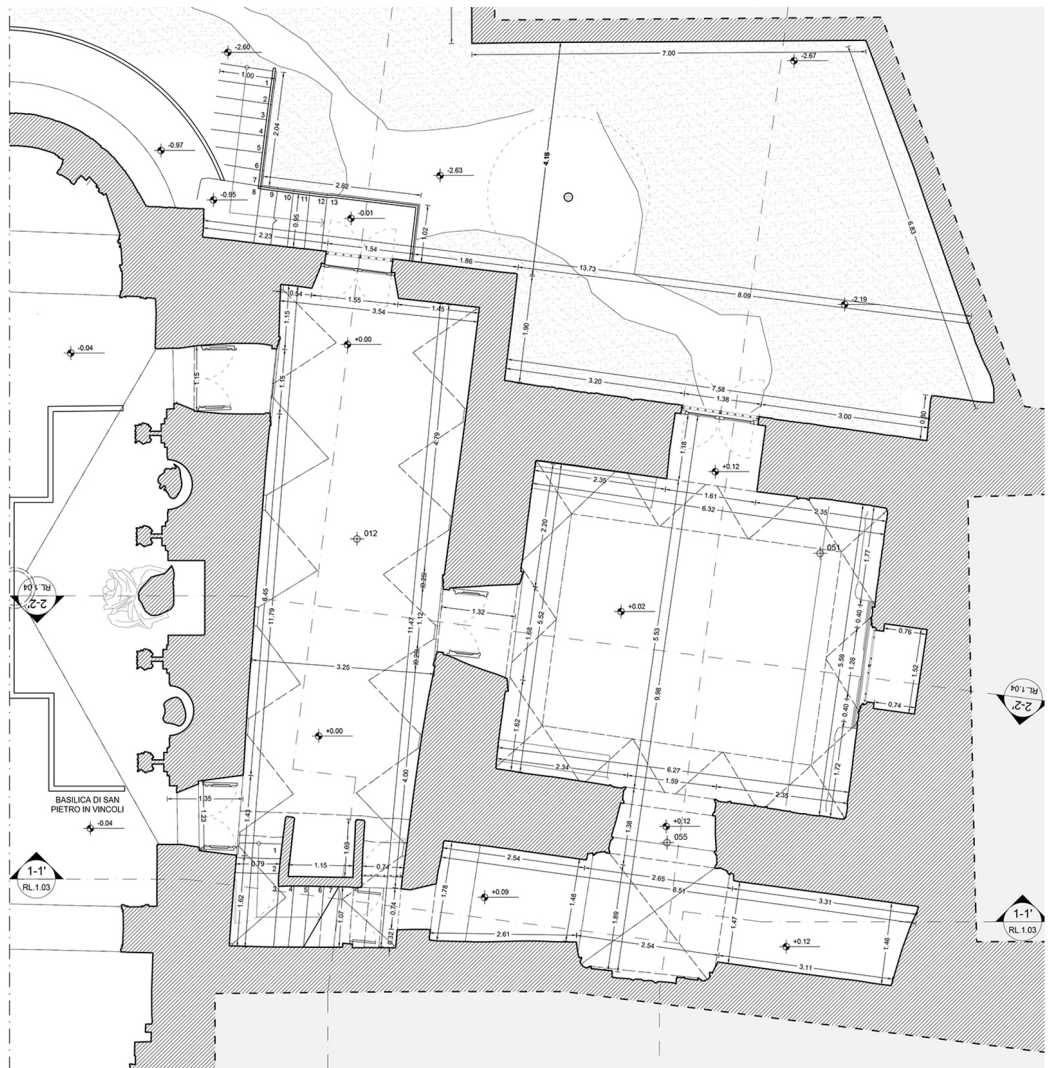


Fig. 09. Restituzione planimetrica da nuvola di punti, richiesta alla scala di dettaglio 1:50 (Elaborazione dell'autore).

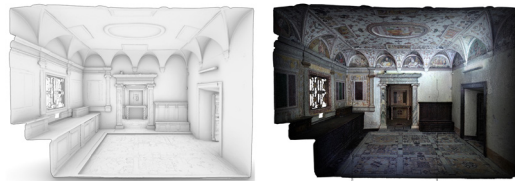
Conclusioni

Il rilievo della sacrestia vecchia, degli ambienti ad essa annessi e della tomba di Giulio II commissionato dalla Soprintendenza Speciale di Roma costituisce un importante approccio innovativo volto alla documentazione, digitalizzazione e catalogazione del patrimonio culturale. L'esigenza di un rilievo strumentale di dettaglio che aiutasse la comprensione del "nodo" della sacrestia di San Pietro in Vincoli, unitamente alla ricerca storico-archivistica, è stata anche l'occasione per l'acquisizione e la rappresentazione di alcuni dei tesori artistici ivi contenuti (fig. 11). Rimangono tuttavia ancora aperti alcuni approfondimenti analitico-geometrici sugli affreschi e le volte, che consentiranno una restituzione più fedele delle fasi di costruzione e delle successive fasi trasformative, che hanno portato alla configurazione attuale e che saranno oggetto di future collaborazioni e ricerche.

Fig. 10. Sezione della nuvola di punti che evidenzia la sequenza Mosè/antisacrestia/sacrestia del nodo da rilevare. Restituzione mesh della sacrestia vecchia in scala di grigio, per apprezzare le forme, e un render che evidenzia il ciclo di affreschi e la pavimentazione cosmatesca (Elaborazione dell'autore).



Fig. 11. Vista prospettica, da point cloud, della Chiesa di San Pietro in Vincoli, sezionata sulla sacrestia vecchia. Alcune nuvole sono state nascoste per evidenziare la tomba di Giulio II e gli ambienti della sacrestia (Elaborazione dell'autore).



Note

[1] Il rilievo è stato commissionato all'Arch. Daniele Calisi dalla Soprintendenza Speciale di Roma Archeologia Belle Arti e Paesaggio, con il supporto scientifico della Prof.ssa Maria Grazia Cianci, nell'ambito dei lavori di restauro che si stanno effettuando nei locali della Sacrestia Vecchia con fondi ordinari (A.F. 2019), di cui è Responsabile del Procedimento e Direttore dei lavori l'Arch. Alessandra Centroni. Si ringraziano gli architetti Matteo Molinari e Stefano Botta per la collaborazione e il prezioso aiuto nella fase di restituzione bidimensionale da point cloud.

Riferimenti Bibliografici

- Almagro A. et al. (1999) *Verso la Carta del Rilievo Architettonico – Testo di base per la definizione dei Temi, in occasione del Seminario Internazionale di Studio "Gli strumenti di conoscenza per il progetto di restauro"*, Valmontone, RM.
- Baglioni, L., Inglese, C. (2015). Il rilievo integrato come metodo di studio: il caso di San Bernardino a Urbino. In *Disegnare Idee / Immagini n. 51*. Roma: Gangemi editore.
- Bartolozzi Casti, G. (2013). *La Basilica di San Pietro in Vincoli*. Roma:Viella, Libreria editrice.
- Campi, M., Cappellini, V. (2009). *Funzionalità e potenzialità del rilievo strumentale nei processi di analisi urbana e architettonica. Il rilievo del teatro San Carlo di Napoli*. In *Atti 13° Conferenza Nazionale ASITA*. Bari 1- 4 dicembre 2009.
- Chiavoni, E., Docci, M., Filippa, M. (2011). *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Roma: Gangemi editore.
- Cundari, C. (2015). *Il rilievo architettonico. Ragioni, fondamenti, applicazioni*. Potenza: Ermes.
- De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Flaccovio Dario.
- De Luca, L. (2012). *Methods, Formalisms and Tools for the Semantic-Based Surveying and Representation of Architectural Heritage*. In *Applied Geomatics*, no. 1866-9298, pp. 1-25.
- Ippoliti, A. (1999). *Il Complesso di San Pietro in Vincoli e la committenza della Rovere (1467-1520)*. Roma: Archivio Guido Izzi.
- Papillo, G. (2003). Il rilievo architettonico come contributo critico per la lettura del Monumento Funebre del Papa Giulio II. In *MdIR Monumentidiroma Anno 1 - Fasc.1/2003. Quaderni della Soprintendenza per i beni architettonici ed il paesaggio e per il patrimonio storico-artistico e demoetnoantropologico di Roma*. Viterbo: BetaGamma Editoria.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2013). Dalla fotografia digitale al modello 3D dell'architettura storica. In *DisegnareCon*, 6(12), XI-14, 2013.

Autori

Daniele Calisi, daniele, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre, calisi@uniroma3.it
Alessandra Centroni, Soprintendenza Speciale di Roma, Archeologia Belle Arti Paesaggio alessandra.centroni@beniculturali.it
Maria Grazia Cianci, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre, mariagrazia.cianci@uniroma3.it

Per citare questo capitolo: Calisi Daniele, Centroni Alessandra, Cianci Maria Grazia(2022). Il rilievo strumentale per la conoscenza analitica di stratificazioni storiche complesse: San Pietro in Vincoli/The instrumental survey for the analytical knowledge of complex historical stratifications: San Pietro in Vincoli. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 221-240.



The instrumental survey for the analytical knowledge of complex historical stratifications: San Pietro in Vincoli

Daniele Calisi
Alessandra Centroni
Maria Grazia Cianci

Abstract

The historic center of Rome is a continuous source of archaeological and monumental discoveries due to the millenary stratification of architectural structures. However, if on the one hand many remains have been made visible to the public thanks to excavation and recovery campaigns starting from the second half of the 19th century, on the other hand they are still incorporated, and often they are foundations, in the walls that during the centuries have superimposed on them. Being able to adequately document the various layers is a very delicate operation aimed at allowing easier reading, where possible, of the different levels that overlap horizontally or that are due to masonry stitching. The Basilica of San Pietro in Vincoli is an emblematic example of a complexity of overlaps and joints especially in the junction of the old sacristy, located behind the tomb of Julius II and the cloister with the annexed rooms that are now in use by the Faculty of Engineering of the La Sapienza University. Such a complex system must provide for a targeted design for the survey campaign, carried out with a laser scanner, which minimizes the shadow areas and guarantees a safe connection between the internal and external stations in an intricate labyrinth of rooms, stairs, corridors and arcades. The research presented here is the first development of a broader analysis that also includes archival historical research that will help to better understand the temporal development of the complex.

Keywords

Instrumental survey, Heritage, San Pietro in Vincoli, Stratification, Archeology

Topic

Documenting



Longitudinal section on the side nave of San Pietro in Vincoli (Author's elaboration).





The historical stratifications of the San Pietro in Vincoli complex

The basilica of San Pietro in Vincoli, located in the current Monti district, is located on a hill formerly called *Fagutal*, located behind the Oppio hill and with a steep slope towards the *Argiletum* and the *Suburra*. The findings carried out in the area, as well as the twentieth-century excavations carried out in the years 1956-1960, under the direction of Antonio Maria Colini, which involved the dismantling of the pavement of the basilica central nave, have brought to light the phases prior to the fifth century which testify a widespread aristocratic residential presence. There are in fact several superimposed domus, from the republican and imperial ages of the IV-III century B.C. and some houses of the end of the second century B.C. with valuable figured polychrome mosaics; a more superficial layer testifies to the existence of a large domus from the Neronian era, of which three arms of a cryptoporticus that surrounded a courtyard with water features and gardens remain (fig. 01). We are therefore faced with an elaborate process of stratifications, present below the ba-



Legenda

Domus romane

-  2 Case Repubblicane I sec. (A-B con mosaici)
-  Resti classici (R-S)
-  Domus imperiale II sec.
-  Domus aula absidata seconda metà III sec.

Basilica





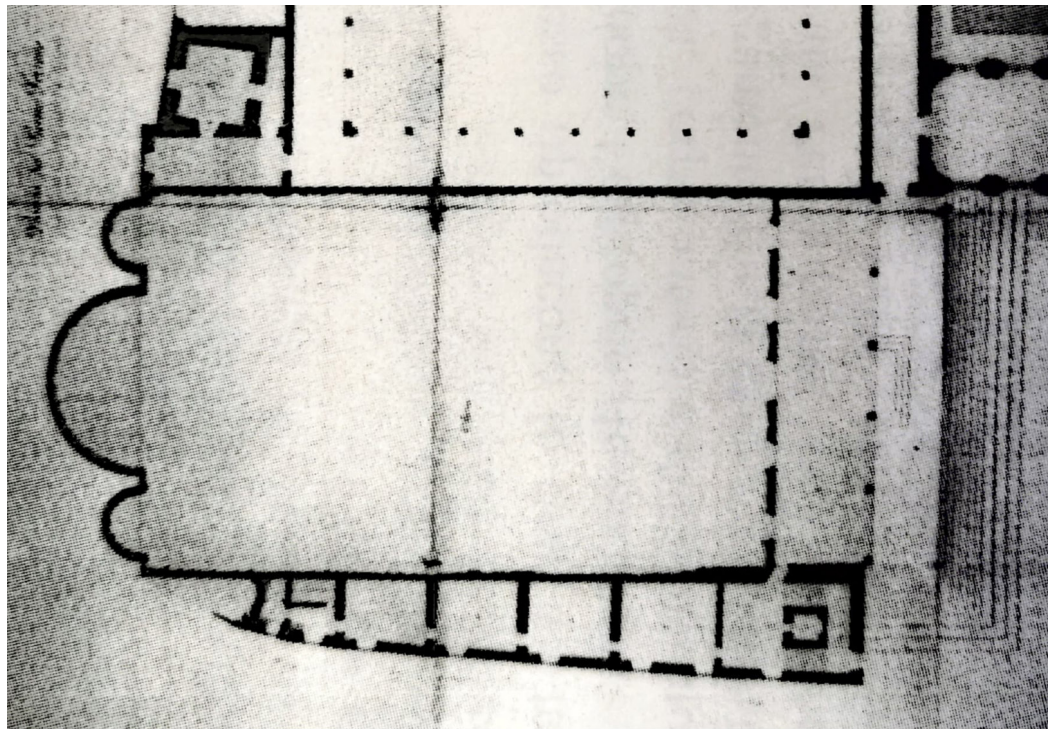
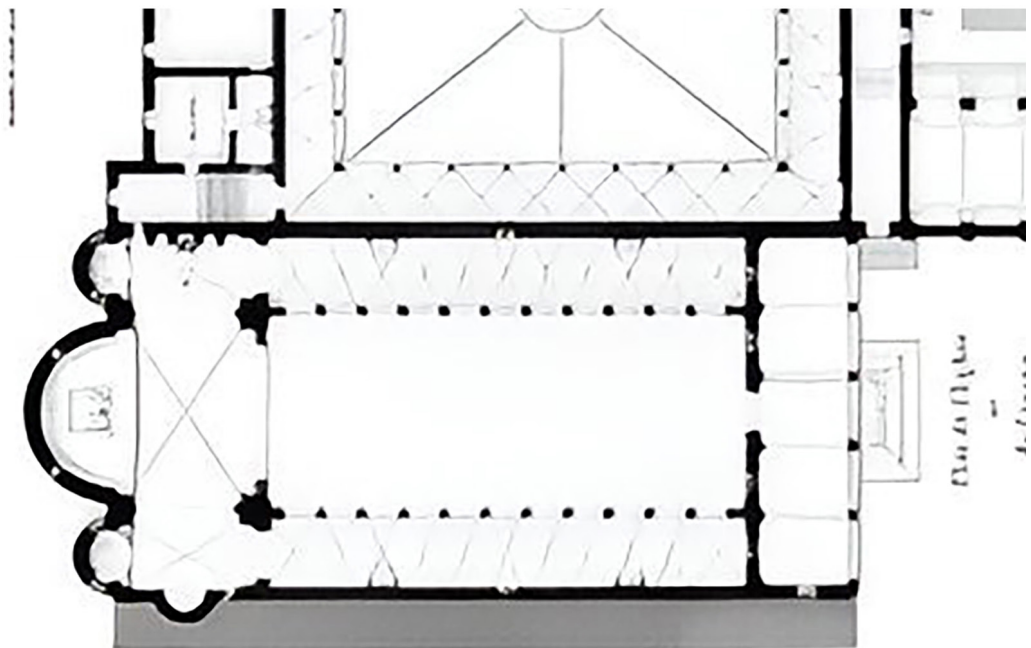
-  Prima costruzione fine IV inizi V sec.
-  Recinzione liturgica
-  Chiesa ricostruita da Sisto III (432-440)
-  Aggiunte rinascimentali

Fig. 01. Archaeological plan of the Basilica of San Pietro in Vincoli (in the restitution taken from Bartolozzi Casti, G. (2013). *La Basilica di San Pietro in Vincoli*. Roma: Viella, Libreria editrice).

silica but which must also extend to the rest of the monumental complex, with subsequent additions and modifications in medieval times, then Renaissance under the pontificates of Sixtus IV and Julius II and finally the nineteenth century with the transformation of the convent area into the site of the Faculty of Engineering. The area behind the burial of Julius II, which includes the old sacristy, is the crucial point of these transformations. Analyzing the historical plans of this "node" it is evident a different position of the lines, which probably



a



b

Fig. 02. Incongruity and differences in the wall profiles between aisle and anti-sacristy in some of the historical plans: a) anonymous of 1874 from A. Ippoliti (1999), *Il Complesso di San Pietro in Vincoli e la committenza della Rovere (1467-1520)*. Roma: Archivio Guido Izzì; b) plan of San Pietro in Vincoli according to Paul Letarouilly from J. B. Bayley (2013), *Letarouilly on Renaissance Rome*, Dover Publications.

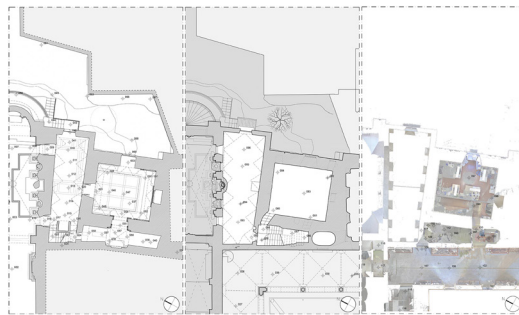
are grafted on previous walls of which there is partial evidence in the excavations described and which highlight a complex succession of constructions, transformations and additions. For this reason, a three-dimensional instrumental survey was necessary in order to better understand the different positions, the heights, the wall thicknesses or the more strictly material and geometric aspects of this "architectural node".

The instrumental survey as a basis for knowledge

The task for the survey of the complex and stratified system of the old sacristy of San Pietro in Vincoli, carried out for the Special Superintendency of Rome, arises precisely from the need to understand certain "joints" and overlaps that the archival and two-dimensional documentation did not clearly show in evidence [1].

In many cases, in fact, although the previous archival and historical documentation contains information that allows a reliable temporal stratigraphic sequence, the overlapping of the plans is often not collimable (fig. 02).

The most recent and most accurate survey is the one made by Giuseppe Papillo, carried out in two phases. In the first, a detailed photogrammetric survey was carried out on a topographic support, returning the drawings with Wild analytical stereo-restitutor. During the second survey phase, the topographical typing of detail was carried out, alongside a direct survey fixed on topographical cornerstones. The survey highlighted, among other things, the enlargement of the wall between the tomb of Julius II and the anti-sacristy, highlighted not only by the cut of the vaults above and below (in the cellar) but above all by the recovery of some historical photographs dated 1862. This pic, following the demolition of the façade in question towards the garden, show the "live" section on the vaults themselves and the different brick texture in the thickening. The need for an instrumental survey with a detailed



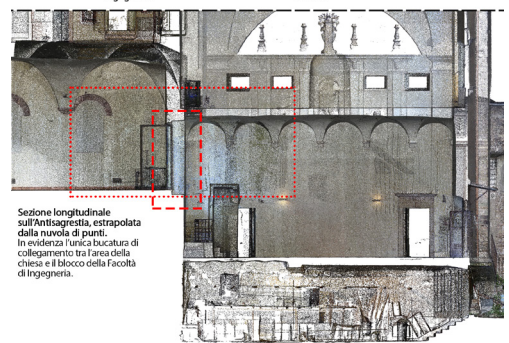
P-01	074 (Fuori Campo)	014	020 (Fuori Campo)
045	075 (Fuori Campo)	015	021 (Fuori Campo)
059 (Fuori Campo)	P08	016	022 (Fuori Campo)
060	001	017	023 (Fuori Campo)
061	002	018	024 (Fuori Campo)
062 (Fuori Campo)	003	019	025
063	004 (Fuori Campo)	020	026 (Fuori Campo)
065	005 (Fuori Campo)	021	027 (Fuori Campo)
066	006 (Fuori Campo)	022	028
067	007	023	029
068	008	024	040
069	009	025	041
070 (Fuori Campo)	010	026	042
071 (Fuori Campo)	011	027	043
072 (Fuori Campo)	012	028 (Fuori Campo)	044
073 (Fuori Campo)	013	029 (Fuori Campo)	046
047	079	095	110
048	080	096	111
049	087	P92	112
050	P91	097	113
051	081	098	114
052	082	099	115
053	083	100	116
054	084	101	117
055	085	102	118
056	086	103	119
057	089	104 (Fuori Campo)	120
058	090	105 (Fuori Campo)	
INTERPIANO SCALA	091	106	
076	092	107	
077	093	108	
078	094	109	

Fig. 03. Cad plants extrapolated from the dense point cloud and positions of the gripping stations. The table shows the progressive numbering of the stations divided by floors and whether or not they are out of range (Author's elaboration).

Fig. 04. Problems of connection between the node of the sacristy, used by the basilica, and the cloister / office block of the Faculty of Engineering of La Sapienza, through a single window. Resolution of cloud noise problems due to the refraction of the laser rays from the stations (Author's elaboration).



Vetrata di collegamento tra il Nodo della Sagrestia e l'area di competenza della Facoltà di Ingegneria. Area in cui si addensano gli errori di rifrazione della vetrata, individuabili come fasci di linee verticali puntinate in nero.



Sezione longitudinale sull'Antisagrestia, estrapolata dalla nuvola di punti. In evidenza l'unica buca di collegamento tra l'area della chiesa e il blocco della Facoltà di Ingegneria.

laser scanner would have further highlighted these aspects, extrapolating the information from the three-dimensional model. The first inspection of the site highlighted a spatial complexity that would have limited the survey campaign from different points of view and which therefore needed a project that could connect all the environments, on multiple levels and different jurisdictions, and at the same time it guaranteed a high detail, an exact overlap and the absence of shadow areas in the detectable spaces. Some problems were immediately encountered which concerned, as we shall see promptly, the occupation of some rooms, the presence of excavations, the connection of stations in rooms with low mutual visibility, the management of shooting in areas of different skills. Finally, the need to determine the masonry position required a further work effort that would also include external areas in the survey but adjacent to the assigned "node" in order to specify the thickness and orientation of the wall system.

The station positioning project was carefully prepared on three floor plans with different floors, which however could not fully explain the complex overlapping of floors at always different heights, introducing the need for three-dimensional views in axonometry and perspective (fig. 03). The rooms of the old sacristy of San Pietro in Vincoli are used by the Lateran Regular Canons, however the rooms above and adjacent to the side, as well as the cloister, are in use at the Faculty of Engineering of La Sapienza. However, access to these

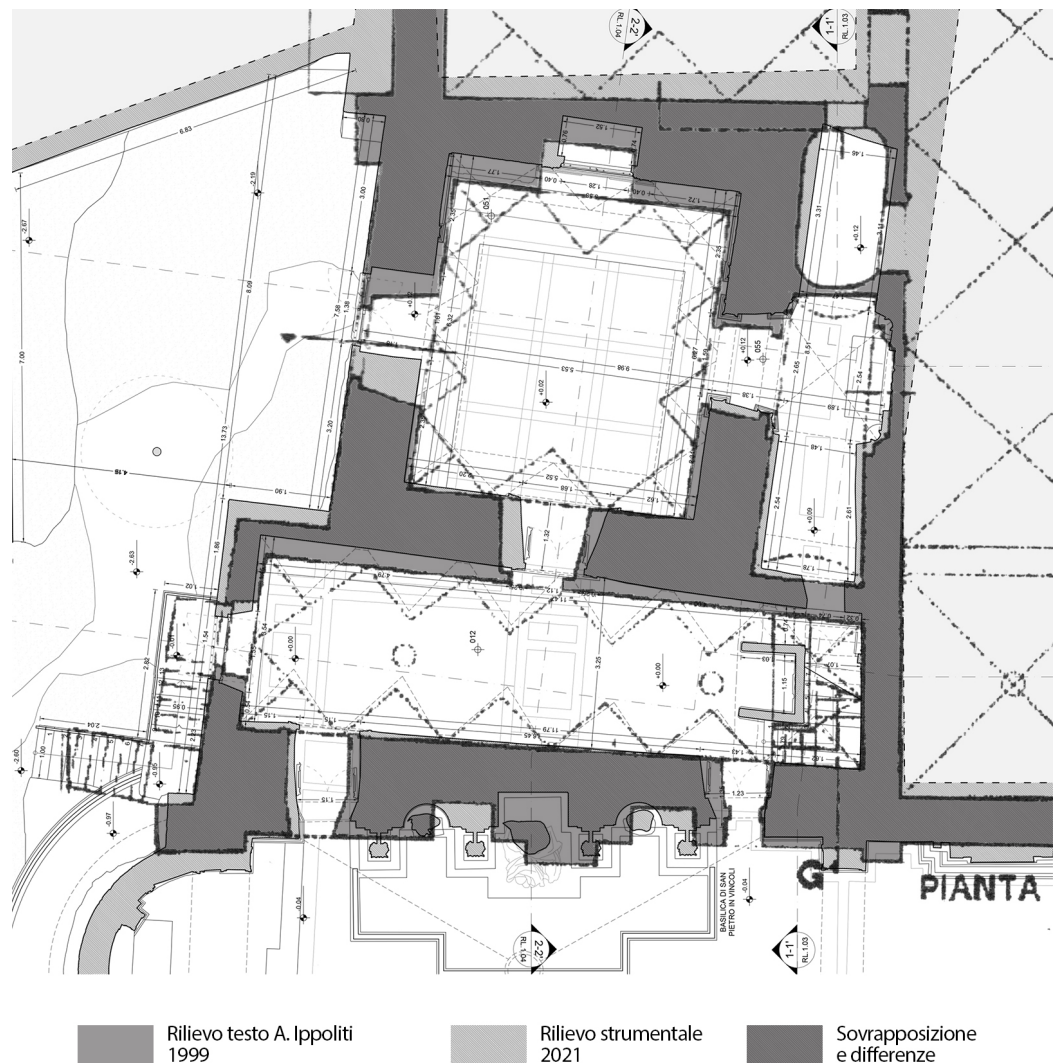


Fig. 05. Superimposition of the survey taken from the volume by A. Ippoliti (1999) and the instrumental survey performed with laser scanner technology. The comparisons have highlighted numerous inconsistencies and discrepancies with the previous surveys (Author's elaboration).

latter spaces was essential for the completeness of the survey. The connection between the two sectors was only possible through a narrow window with a pivot opening between the anti-sacristy and the north corner of the cloister portico, with extreme difficulty in visibility between the positions. Furthermore, during the scanning phase inside the ecclesiastical rooms and in the cloister, defects were found due to the refraction problems of the glass, right at the window and on the side of the cloister. It was therefore necessary to clean the point cloud in post-production, working from time to time with portions of the cloud separated through a clipping box, and taking care not to delete points belonging to the architectural portions (fig. 04). During the first inspection, a discrepancy was highlighted in the historical plans concerning the wall placed between the tomb of Julius II and the anti-sacristy which is actually trapezoidal. Therefore, in agreement with the Superintendency, it was also necessary to scan Michelangelo's tomb, to verify the variation in the wall thickness, to be compared with the previously surveys carried out. Due to the abundance of decorative elements and moldings present in the additional spaces, the survey was particularly detailed and, starting from the aisle and arriving at the transept, it was possible to determine the actual wall thicknesses of the church with the sacristy and the cloister (fig. 05). The alignment and collimation of the individual point clouds were ensured by passing through the two small side doors to the tomb, with an adequate number of positions, allowing a double check from the two entrances.

The final point cloud, following the alignment and collimation of the various positions, highlighted how, precisely in correspondence with the anti-sacristy, a rotation of the position of the load-bearing walls takes place so as to position themselves parallel to the old sacristy, to return to the parallel fabric to the church in the rooms adjacent to the cloister of the Faculty of Engineering. The two different fabrics could derive from previous systems dating back to Roman times, as evidenced by the excavations visible in the cellars under the old sacristy.

In these spaces there were numerous critical issues to be addressed. In particular, in the second cellar, below the old sacristy, the main problem was above all practical, of connection between the outside and the inside, due to a single communication opening just 40 cm wide and about 120 cm high. In this case, it was necessary to thicken the scans before, in the middle and after the opening to ensure a good overlap of the point clouds, and to reduce the alignment error. Even in this underground environment, excavations have allowed the entire room to be scanned except for the tunnel that radiates below the sacristy itself.

In both cellars, the little light available does not allow the real colors to be appreciated, but is obviously limited to the RGB values recorded by the high-resolution HDRs of the dimly and artificially lit space (fig. 06).

In order to access these rooms, it was necessary to exit the anti-sacristy towards the rear

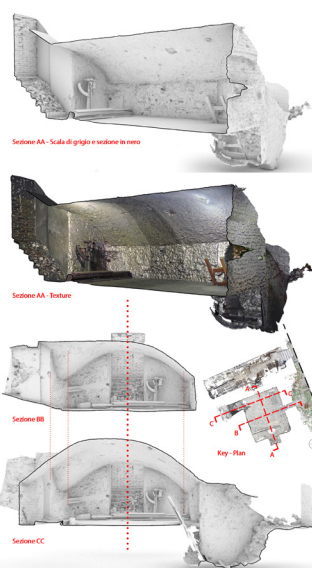


Fig. 06. Cellar under the sacristy. Longitudinal and transverse sections. Gray-scale and textured display of the high-resolution mesh resulting from the point cloud (Author's elaboration).

Fig. 07. HDR panoramas recorded with the laser scanner with the connection stations between the cloister and the offices of the Faculty of Engineering (Author's elaboration).



garden. During the first visit, the external courtyard was infested with grasses and the shrubs needed an inevitable pruning to allow the survey with laser scanner; both to obtain a solid and detectable walking surface, and to allow visibility between the external positions. Furthermore, these scans also made it possible to determine the wall thicknesses of the spaces under study. Due to the terrestrial position and the radial pattern of the scanning rays, the upper parts of the buildings, corresponding to the offices of the engineering faculty, were more rarefied, but still sufficient for the completeness of the survey itself. Another problem to be solved was to be able to connect the ecclesiastical spaces with those of the Faculty of Engineering, i.e. offices, closets, book gallery and stairwell that are located exactly above the sacristy, the side aisle and the porch of the cloister. An interlocking difficult to appreciate from the historical plans and difficult to read it from life, with the further obstacle that the first and second rooms are never communicating. Therefore, while making scans of the two portions, they would not be collimated and interlocked without determining common areas that would allow mutual connection. The only possibility to align the two different point clouds was to use the cloister itself as a common area both for the sacristy, which overlooks it through a single window, as already described, and for the upper rooms, whose gallery of books look at the cloister through some windows. For the positions in the cloister, high scan values were set, to allow the projecting rays to enter the windows of the gallery in a more diffuse and detailed way, while scans were programmed in the center of the openings to obtain detailed scans in both directions. (external and internal) and ensure excellent alignment both with those of the cloister but also with those of the gallery itself (fig. 07). The points cloud obtained from the 120 stations highlighted the complexity of the stratifications, not so clear before. In fact, the decision to return the plans to a defined height excludes much information from this interlocking and overlapping game. Drawing certain plans and sections helps in understanding the node from a dimensional point of view; however, it seemed evident that three-dimensional drawings were needed for a more global



Fig. 08. Point cloud perspective view of the cloister / sacristy / engineering offices of La Sapienza. Section plan managed in ReCap (Author's elaboration).

formal vision. In reality, the best tool for this purpose is exactly the ReCap clipping plane, which allows to move the section plane in three dimensions and check the wall layouts and the side by side or overlapping spaces (fig. 08).

In addition to the tomb of Julius II, the object of the survey was the old sacristy built at the behest of Giuliano della Rovere (future Pope Julius II) and the adjacent rooms. These rooms, currently not open to visitors, boast various prestigious manufactories.

The frescoes are reproduced in the orthophotoplanes that accompany the two-dimensional sections and a detailed plan of the roofs for the sacristy has also been returned. The survey allowed first of all the detailed digitization of a precious asset of the cultural heritage, also including an accurate graphing of the floors, decorative elements and frescoes present there, aimed at their analysis, study, recovery and restoration. Currently, a thorough cleaning of the point cloud has been done, in order to create a detailed mesh of the whole node. However, the excessive weight of the file forced the implementation of a double solution: a single mesh of the whole complex at a lower resolution, and the creation of detail meshes, instead, for the individual rooms and blocks extrapolated from the cloud itself. The management of separate elements has allowed the Superintendency to be able to digitally manipulate the individual rooms, overlap and add them using the same origin, as well as having a clear view of the node of the sacristy (figg. 09, 10).

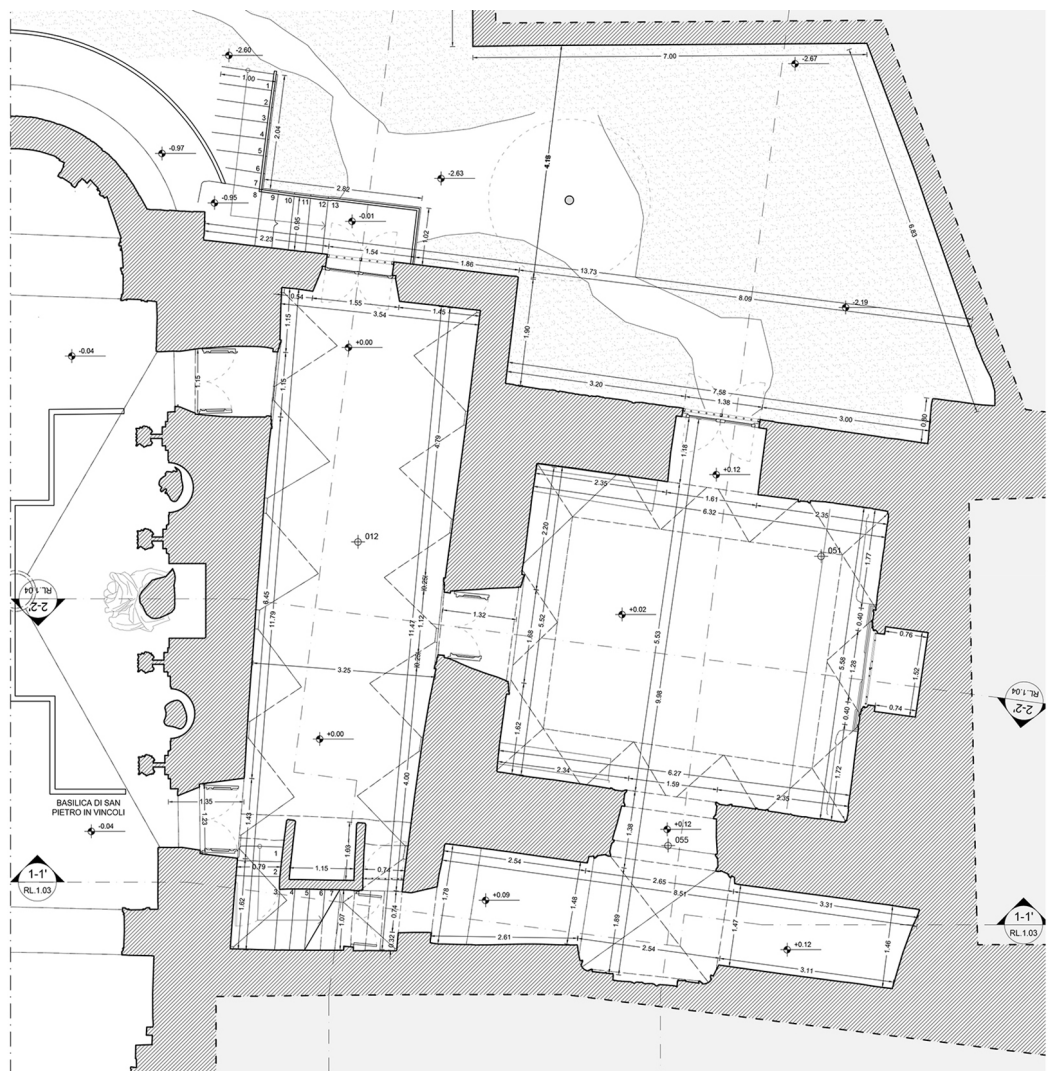


Fig. 09. Planimetric rendering from a point cloud, requested at the detail scale of 1:50 (Author's elaboration).

Conclusions

The survey of the old sacristy, of the rooms annexed to it and of the tomb of Julius II commissioned by the Special Superintendency of Rome constitutes an important innovative approach aimed at the documentation, digitization and cataloging of cultural heritage. The need for a detailed instrumental survey that would help the understanding of the "knot" of the sacristy of San Pietro in Vincoli, together with the historical-archival research, was also an opportunity for the acquisition and representation of some of the artistic treasures contained therein (fig. 11). However, some analytical-geometric insights into the frescoes and vaults still remain open, which will allow a more faithful restitution of the construction phases and the subsequent transformative phases that led to the current configuration and which will be the subject of future collaborations and research.

Fig. 10. Section of the cloud of points that highlights the Moses / antisacristy / sacristy sequence of the node to be surveyed. Mesh restitution of the old sacristy in gray scale, to appreciate the shapes, and a render that highlights the cycle of frescoes and the Cosmatesque flooring (Author's elaboration).



Fig. 11. Perspective view, from point cloud, of the Church of San Pietro in Vincoli, sectioned on the old sacristy. Some clouds have been hidden to highlight the tomb of Julius II and the rooms of the sacristy (Author's elaboration).



Notes

[] The survey was commissioned to Arch. Daniele Calisi from the Special Superintendence of Rome Archeology, Fine Arts and Landscape, with the scientific support of Prof. Maria Grazia Cianci, as part of the restoration work that is being carried out in the premises of the Old Sacristy with ordinary funds (A.F. 2019). The person in charge of the procedure and construction manager is Arch. Alessandra Centroni. We thank the architects Matteo Molinari and Stefano Botta for their collaboration and invaluable help in the two-dimensional restitution phase from point cloud.

References

- Almagro A. et al. (1999) *Verso la Carta del Rilievo Architettonico – Testo di base per la definizione dei Temi, in occasione del Seminario Internazionale di Studio "Gli strumenti di conoscenza per il progetto di restauro"*, Valmontone, RM.
- Baglioni, L., Inglese, C. (2015). Il rilievo integrato come metodo di studio: il caso di San Bernardino a Urbino. In *Disegnare Idee / Immagini n. 51*. Roma: Gangemi editore.
- Bartolozzi Casti, G. (2013). *La Basilica di San Pietro in Vincoli*. Roma:Viella, Libreria editrice.
- Campi, M., Cappellini, V. (2009). *Funzionalità e potenzialità del rilievo strumentale nei processi di analisi urbana e architettonica. Il rilievo del teatro San Carlo di Napoli*. In *Atti 13° Conferenza Nazionale ASITA*. Bari 1- 4 dicembre 2009.
- Chiavoni, E., Docci, M., Filippa, M. (2011). *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Roma: Gangemi editore.
- Cundari, C. (2015). *Il rilievo architettonico. Ragioni, fondamenti, applicazioni*. Potenza: Ermes.
- De Luca, L. (2011). *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Flaccovio Dario.
- De Luca, L. (2012). *Methods, Formalisms and Tools for the Semantic-Based Surveying and Representation of Architectural Heritage*. In *Applied Geomatics*, no. 1866-9298, pp. 1-25.
- Ippoliti, A. (1999). *Il Complesso di San Pietro in Vincoli e la committenza della Rovere (1467-1520)*. Roma: Archivio Guido IZZI.
- Papillo, G. (2003). Il rilievo architettonico come contributo critico per la lettura del Monumento Funebre del Papa Giulio II. In *MdIR Monumentidiroma Anno I - Fasc.1/2003. Quaderni della Soprintendenza per i beni architettonici ed il paesaggio e per il patrimonio storico-artistico e demotnoantropologico di Roma*. Viterbo: BetaGamma Editoria.
- Parrinello, S., Picchio, F. (2013). Dalla fotografia digitale al modello 3D dell'architettura storica. In *DisegnareCon*, 6(12), XI-14, 2013.

Authors

Daniele Calisi, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre, calisi@uniroma3.it
Alessandra Centroni, Soprintendenza Speciale di Roma, Archeologia Belle Arti Paesaggio, alessandra.centroni@beniculturali.it
Maria Grazia Cianci, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre, mariagrazia.cianci@uniroma3.it

To cite this chapter: Calisi Daniele, Centroni Alessandra, Cianci Maria Grazia (2022). Il rilievo strumentale per la conoscenza analitica di stratificazioni storiche complesse: San Pietro in Vincoli/The instrumental survey for the analytical knowledge of complex historical stratifications: San Pietro in Vincoli. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 221-240.