

Ricostruzione e visualizzazione virtuale 3D di architetture di carta: interazioni fra disegni, modello fisico e opera

Vincenzo Bagnolo
 Simone Cera
 Raffaele Argiolas

Abstract

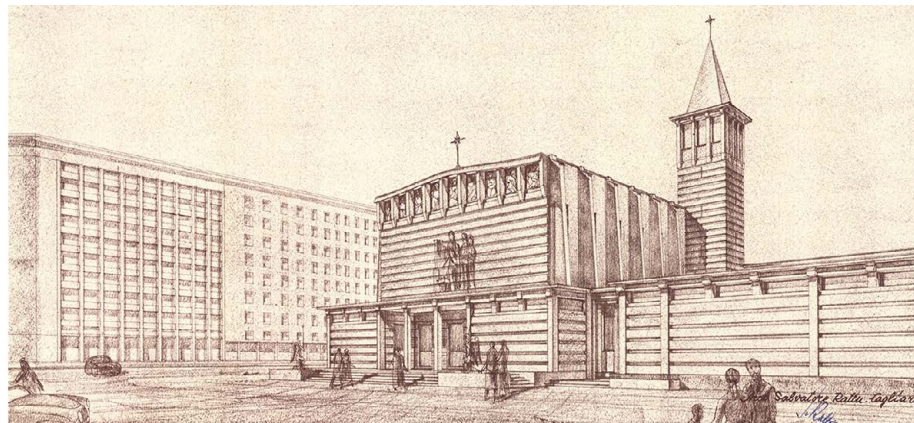
Nello studio degli archivi cartacei di architettura, i processi di traduzione digitale dei disegni richiedono un approccio ermeneutico alla lettura; la modellazione informativa HBIM può rappresentare un utile strumento di supporto, attraverso processi di comprensione e di reverse engineering sul patrimonio costruito. Uno dei prodotti della modellazione HBIM sono le esportazioni di mesh per uso con strumenti esterni.

Per la gestione delle informazioni e delle esportazioni, vista la mole e varietà di dati, si è deciso di realizzare un database relazionale strutturato secondo logiche proprie delle scienze archivistiche, estese per l'inclusione di modelli tridimensionali. Il database permette di archiviare le digitalizzazioni dei documenti cartacei, i loro metadati e le nuove riconfigurazioni 3D, oltre a facilitare l'accesso in fase di narrazione delle informazioni.

L'uso del database consente la visualizzazione dei modelli e degli elementi di variante tramite un visualizzatore *web-based* direttamente collegato al database stesso. La scelta delle tecnologie *web-based* aperti consente di garantire la massima flessibilità per la gestione e visualizzazione delle informazioni, per calibrarne la consultazione in base alla categoria di utenti.

Parole chiave

modelli architettonici, architetture su carta, Salvatore Rattu, portali di consultazione, comunicazione e accessibilità



Nuova chiesa
 parrocchiale di San
 Paolo, Cagliari; veduta
 prospettica (progetto di
 Salvatore Rattu).

Introduzione

I dispositivi progettuali conservati negli archivi di architettura sono preziosi strumenti di studio per l'analisi e la ricostruzione del complesso processo del concepimento di un'opera d'architettura. Con la transizione digitale gli archivi si aprono a nuove prospettive sia nella gestione dei fondi sia nella consultazione indirizzata ad esperti e studiosi della materia ma anche nella comunicazione volta a intercettare un pubblico vasto. In una fase iniziale la digitalizzazione degli archivi di architettura è stata principalmente rivolta verso un approccio "quantitativo" di scansione dei documenti cartacei, non sempre resi disponibili in remoto, che raramente ha affrontato il tema della "narrazione" dei contenuti con un approccio didattico e/o divulgativo. I dispositivi progettuali espressi da media "tangibili" come disegni e plastici fisici nascono principalmente con una funzione informativa/descrittiva che si connota per la forte carica comunicativa ed evocativa posseduta da entrambi quando sono rivolti alla committenza o a una platea non specialistica; viceversa, la corretta lettura e interpretazione degli elaborati grafici più tecnici, che si connotano per una rappresentazione più simbolica, necessita di una condivisione di codici grafici specialistici posseduti solamente da un'utenza esperta. Anche la comunicazione espressa dai media "tangibili" dell'espressione architettonica che parte dalle fasi di concepimento dell'opera e arriva fino alla sua prefigurazione, spesso articolata in molteplici varianti, non sempre si rivela agevole per coloro che non condividono i codici della rappresentazione grafica del Disegno dell'architettura.

Accanto agli efficaci sistemi di consultazione e visualizzazione dei fondi archivistici oggi disponibili, si impone un processo di sensibilizzazione volto a coinvolgere un pubblico sempre più vasto che mostra un certo interesse verso i temi dell'architettura. Nel far conoscere, e amare, l'architettura, le nuove tecnologie ci mettono a disposizione una ampia gamma di strumenti di lavoro e di canali di comunicazione, capaci di far emergere quei significati latenti spesso visibili solamente agli addetti ai lavori o altresì non immediatamente desumibili dai disegni ma derivati nei percorsi di studio e interpretazione. L'archivio di Architettura, in questo senso, diventa un museo digitale capace di costruire un'esperienza che avvicina all'architettura e accompagna il visitatore in un'esplorazione con percorsi personalizzati inclusivi articolati in funzione dei diversi target cui l'archivio si rivolge.

Spesso, nell'interpretare la varietà di fonti che corredano il progetto architettonico, emergono discrepanze tra i diversi documenti o, se realizzati, con gli stessi edifici. È molto comune, ad esempio, ritrovare più varianti dello stesso progetto corrispondenti alle fasi di ideazione e concettualizzazione o anche alle fasi di sviluppo del progetto e, eventualmente, di realizzazione dell'opera. La modellazione digitale geometrica e informativa consente di ricondurre i diversi contenuti provenienti da fonti diverse in un unico modello interrogabile. L'intento è quello di rappresentare le variazioni presenti nella documentazione, con differenze talvolta anche minime rilevabili solo da un occhio attento, con l'obiettivo di consentire un'analisi critica dei progetti. Le diverse letture condotte con la modellazione digitale definiscono un ventaglio di soluzioni presenti nel complesso iter delle varie fasi di sviluppo dell'idea progettuale iniziale e consentono la visualizzazione di scenari rimasti solo sulla carta. La sperimentazione condotta si inserisce in una più ampia ricerca in corso in cui i modelli BIM vengono utilizzati come strumenti attivi per lo studio e la comunicazione degli archivi di architettura [Spallone, Natta 2022]. Nel caso delle architetture del Novecento, la ricchezza e la varietà delle fonti documentarie consente uno sviluppo ottimale del flusso di lavoro volto alla traduzione digitale e visualizzazione delle informazioni, come nel caso studio proposto della chiesa di San Paolo in Cagliari (fig. 1) realizzata nel 1955 nella piazza Giovanni XXIII su progetto di Salvatore Rattu, i cui disegni sono custoditi presso il DICAAR dell'Università di Cagliari.

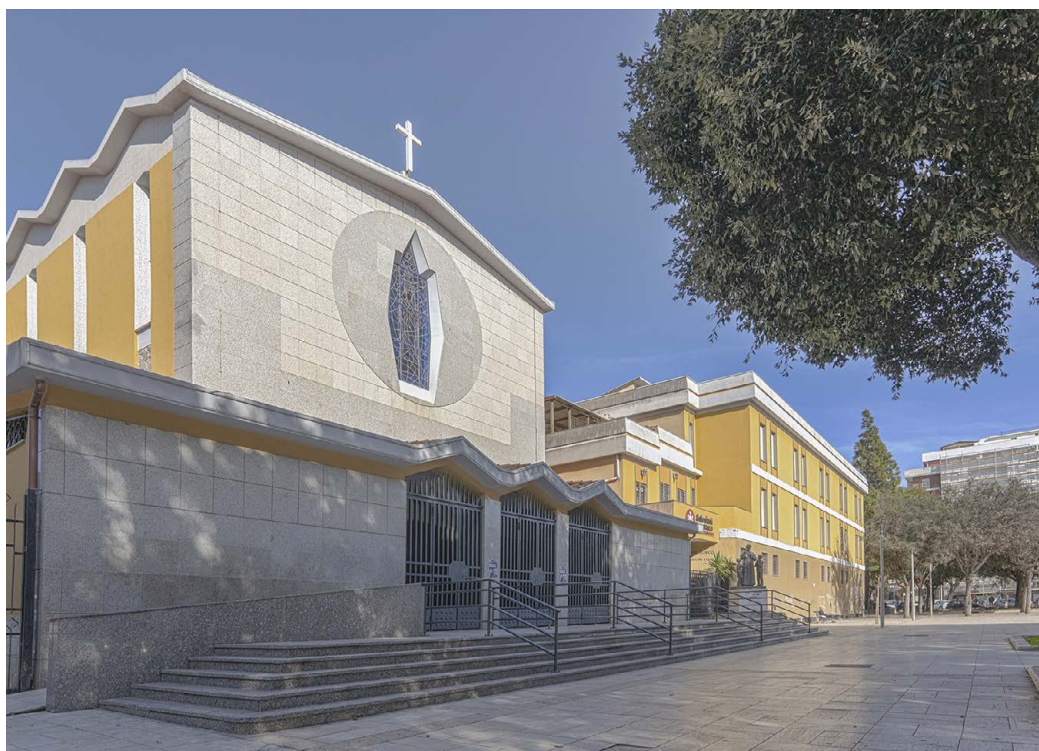


Fig. 1. Fig. 1. Vista della chiesa di San Paolo allo stato attuale. Fotografia di S. Cera, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

Riordino delle fonti e traduzione digitale

Il riordino e la lettura comparata delle fonti rivelano due soluzioni progettuali differenti e autonome in termini di linguaggio, una delle quali si sviluppa in tre varianti (figg. 2, 3).

La variante 01 è descritta in 23 tavole comprendenti piante, sezioni e prospetti in scala 1:100, oltre a due prospettive, di cui una interna alla navata centrale. È l'unica variante a includere anche un plastico architettonico, seppur incompleto poiché privato di varie parti, tra cui la guglia del campanile.

La variante 02, l'unica realizzata, è descritta in 13 tavole in scala 1:100 più 5 di progetto esecutivo delle decorazioni interne con viste di dettaglio in scala 1:50 e 1:10.

La variante 03 è quella di cui si hanno meno informazioni; è infatti descritta in sole 5 tavole con elaborati in scala 1:100 privi di sezioni e prospetti.

Nello studio degli archivi cartacei di architettura, i processi di traduzione digitale dei disegni risultano particolarmente complessi per via dell'eterogeneità e frammentazione di informazioni e fonti. Lacune e incongruenze tra gli elaborati spingono a un approccio ermeneutico alla lettura, frutto di interpretazioni, deduzioni e ipotesi che attraverso i processi di ridisegno degli elaborati portano alla comprensione del progetto.

La modellazione informativa può rappresentare un utile strumento di supporto nell'attuazione di tali processi. I modelli HBIM (*Heritage Building Information Modeling*) vengono infatti sviluppati attraverso processi di comprensione e di *reverse engineering* sul patrimonio costruito; processi che implicano una interpretazione critica che parte dal rilievo dell'esistente e dalla comparazione delle fonti storico-archivistiche [Murphy 2009].

Dalla recente letteratura scientifica si evincono diversi casi interessanti di sperimentazione e applicazione di strumenti e metodologie BIM allo studio di architetture rimaste su carta che evidenziano non solo i vantaggi di questo approccio in termini di analisi e comprensione del patrimonio costruito [Parisi, Lo Turco 2019] ma anche quelli riguardanti la comunicazione di tutta una serie di valori inediti legati agli archivi cartacei di architettura [Spallone, Natta 2022; Spallone, Capaldi 2019; Farroni, Mancini 2018].

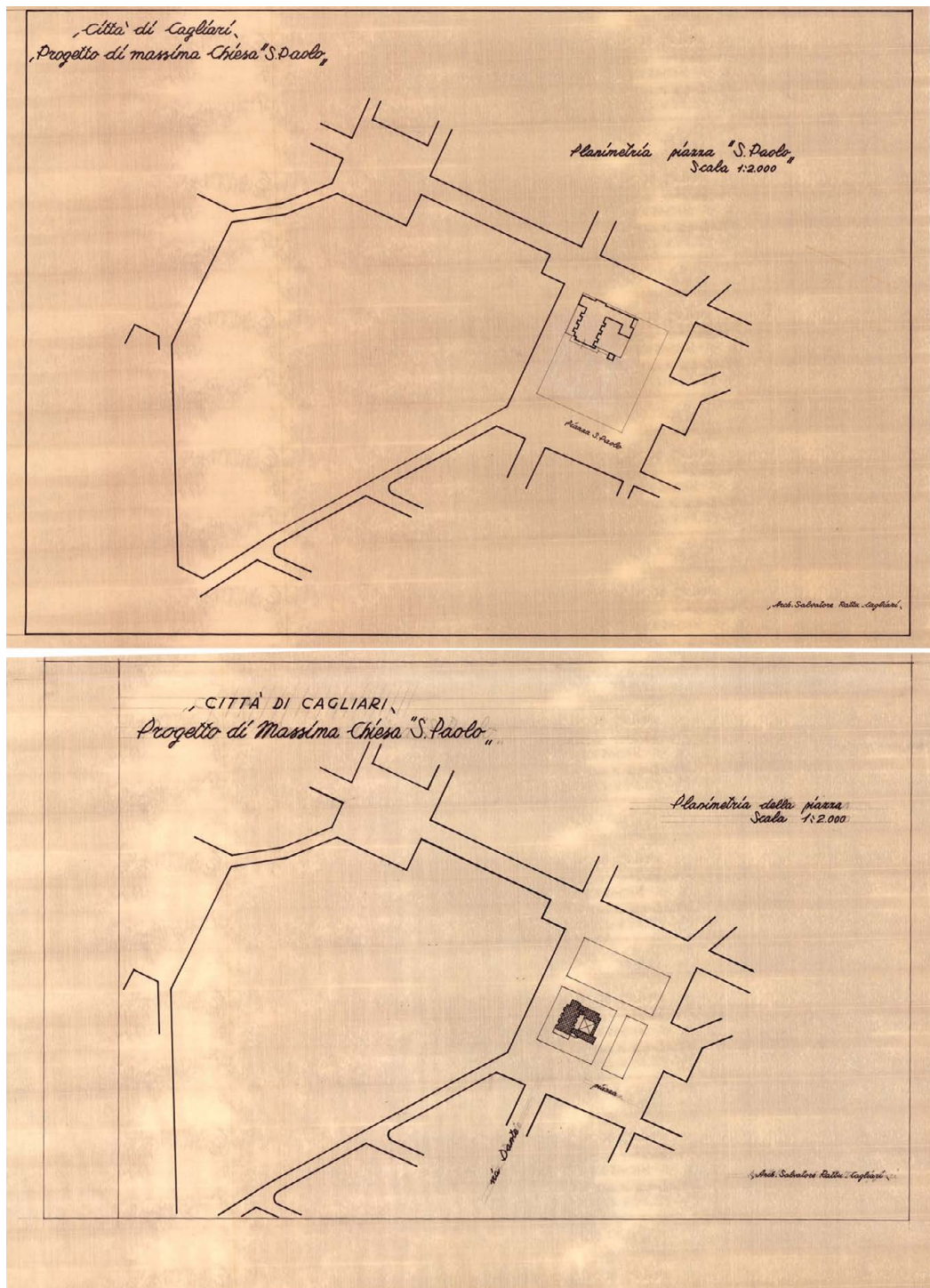


Fig. 2. Elaborati originali delle due proposte di progetto per la chiesa su piazza San Paolo, oggi piazza Giovanni XXIII. Elaborati planimetrici in scala 1:2000, china su carta lucida.

Nella presente sperimentazione, attraverso lo sviluppo di un flusso di lavoro in ambiente HBIM (fig. 4), è stato innanzitutto possibile integrare in un unico ambiente le differenti fonti. Si è quindi inizialmente definita una struttura relazionale composta da tre modelli di studio autonomi; tale espediente rende possibile sia l'interrogazione e l'esportazione dei singoli modelli di studio, che la loro comparazione attraverso l'utilizzo di un modello di analisi (fig. 5).

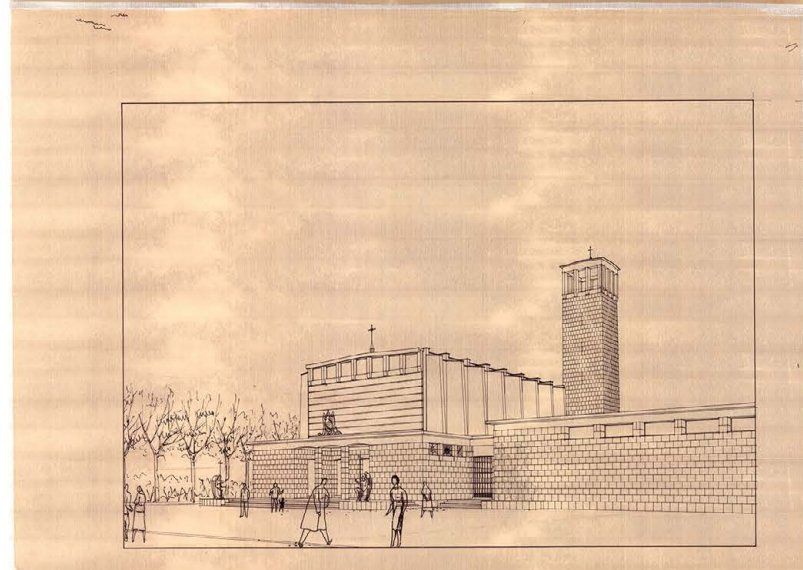


Fig. 3. Elaborati originali della seconda proposta progettuale. Rappresentazioni in prospettiva delle tre varianti, copia eliografica e china e grafite su carta lucida.

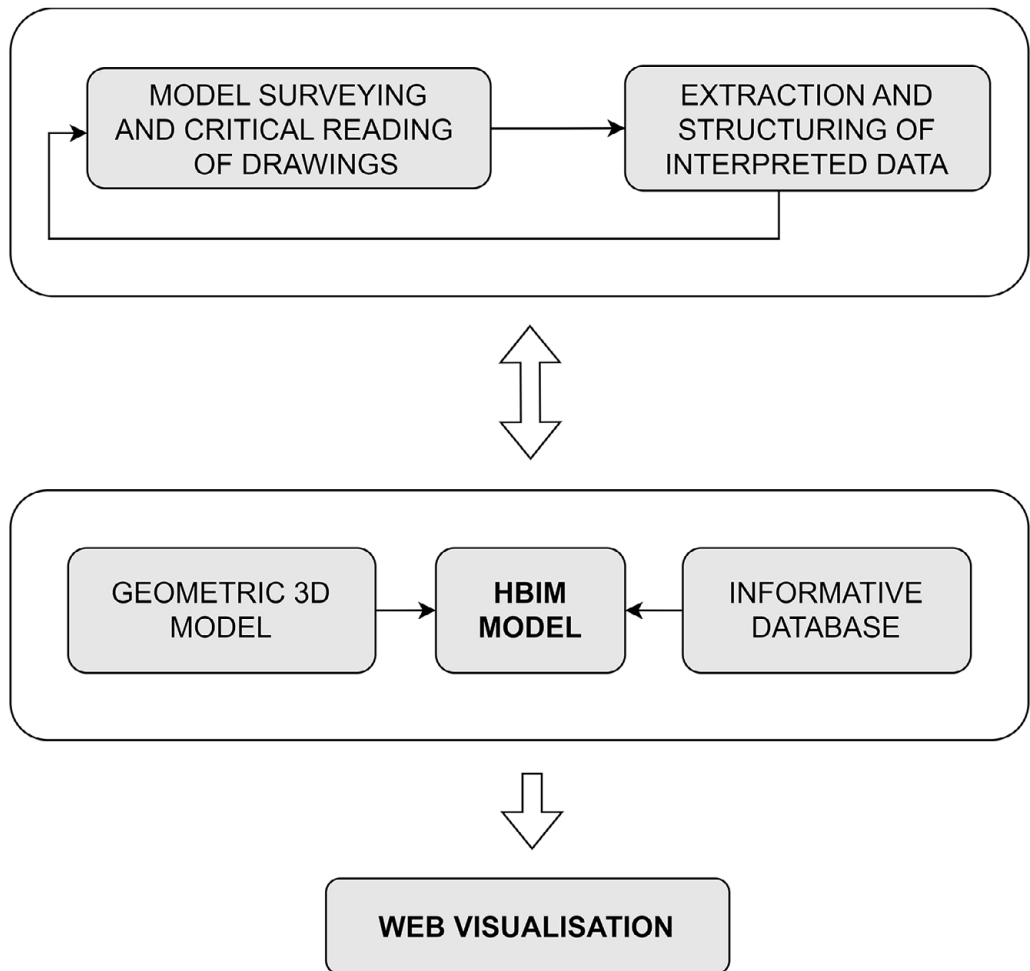


Fig. 4. Il flusso di lavoro testato: dalla lettura critica e comparata delle fonti allo sviluppo di un modello BIM come strumento attivo per la comprensione e la comunicazione. Elaborazione di Simone Cera, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

Il modello ligneo è stato tradotto digitalmente attraverso il rilievo fotogrammetrico, declinato al caso di applicazione specifico dei modelli architettonici [Patrucco, Setragno 2023; Spallone, Bertola, Ronco 2019; Georgiou, Karachaliou, Stylianidis 2017]. La nuvola di punti ottenuta è stata quindi integrata all'interno del modello di coordinamento insieme ai disegni digitalizzati (fig. 6).

Attraverso lo strumento *design options* di Revit, è stato quindi possibile classificare e filtrare le fonti sulla base delle rispettive varianti. Il ridisegno e la comparazione degli elaborati nelle tre varianti ha permesso la scomposizione del progetto in sei unità minime di studio.

Lo studio delle unità in ognuna delle tre varianti ha permesso la razionalizzazione dello schema strutturale e la definizione degli elementi invarianti quali volumi, griglie, livelli e piani di riferimento su cui basare la successiva modellazione parametrica (fig. 7).

Lo sviluppo dei modelli strutturale e architettonico, attraverso la modellazione per famiglie parametriche di sistema e caricabili, ha infine permesso di comprendere e verificare soluzioni progettuali e tecniche rappresentate dall'autore (fig. 8).

Attraverso l'assegnazione di opportuni parametri condivisi è stato permesso di relazionare ogni elemento all'unità minima di riferimento, al fine di classificare e filtrare gli elementi varianti e invarianti all'interno dei singoli blocchi.

Il flusso di lavoro sperimentato ha portato a un modello di analisi in grado di contenere le varianti tradotte in un unico ambiente; attraverso opportuni *template views* e filtri di esportazione si permette così sia la visualizzazione e l'interrogazione interna al software (fig. 9), che la generazione di modelli geometrici segmentati in formato OBJ destinati ad applicativi esterni di visualizzazione.

Attualmente Revit manifesta dei limiti nell'esportazione legati principalmente alla definizione delle normali dei modelli di tipo mesh; l'utilizzo del plugin *Revit OBJ exporter* di *ProtoTech Solutions* ha permesso un maggiore controllo sui parametri di esportazione, oviando al problema di definizione delle normali.

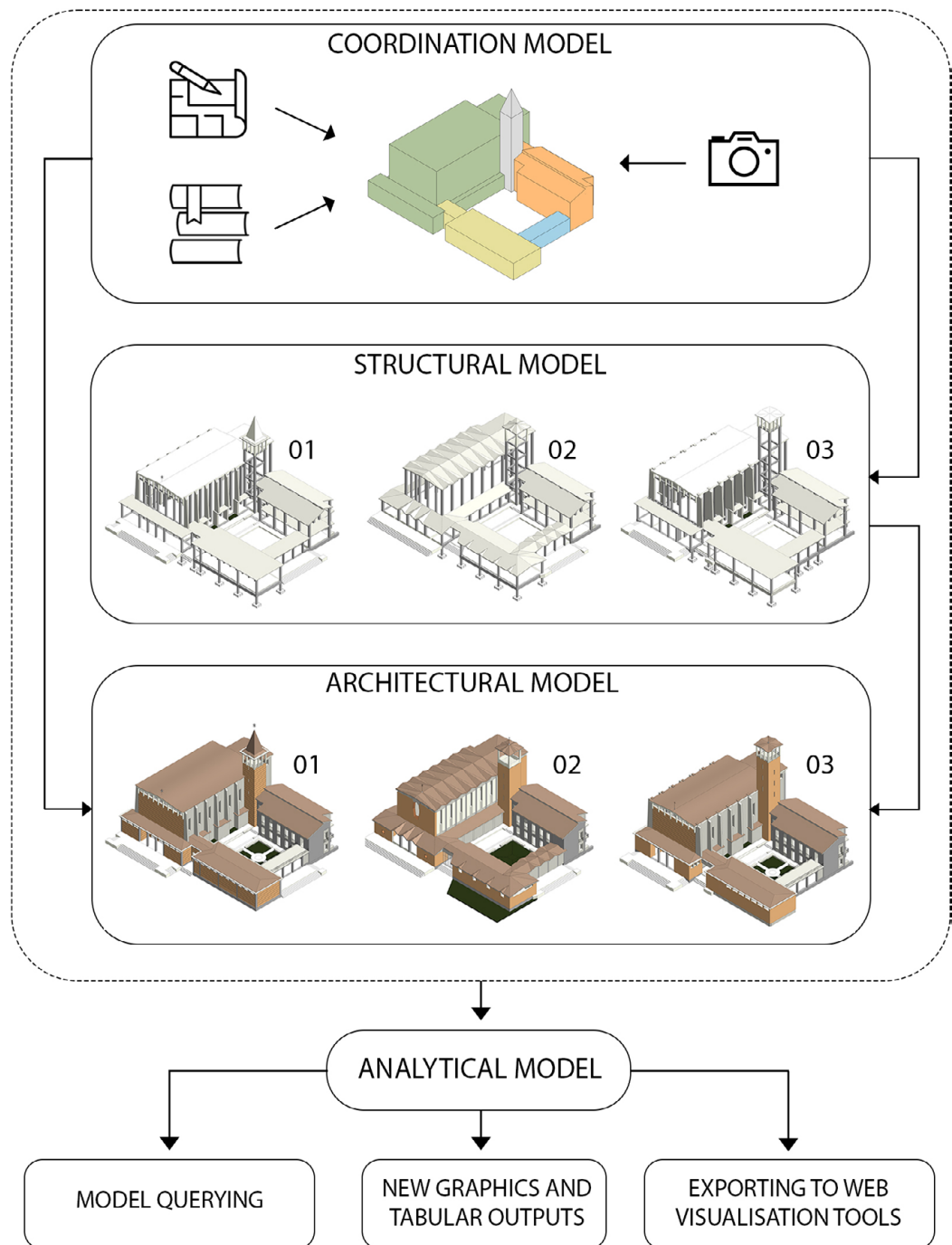


Fig. 5. Gerarchia dei modelli BIM sviluppati a supporto della traduzione digitale e struttura per il collegamento e l'esportazione delle informazioni. Elaborazione di Simone Cera, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

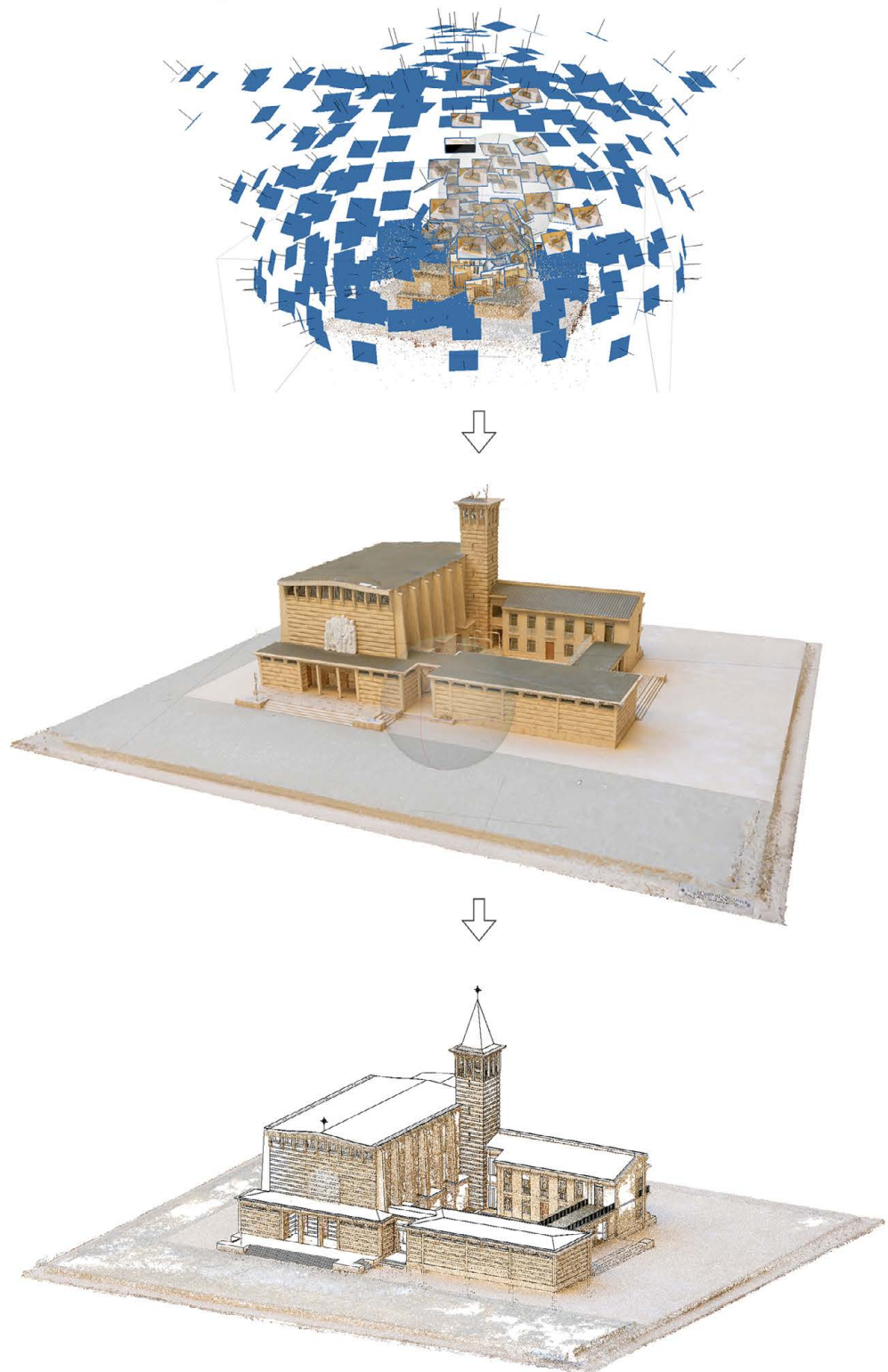


Fig. 6. Rilievo fotogrammetrico, sviluppo del modello mesh texturizzato e inclusione della nuvola di punti come fonte primaria per la modellazione in ambito BIM. Elaborazioni di Simone Cera, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

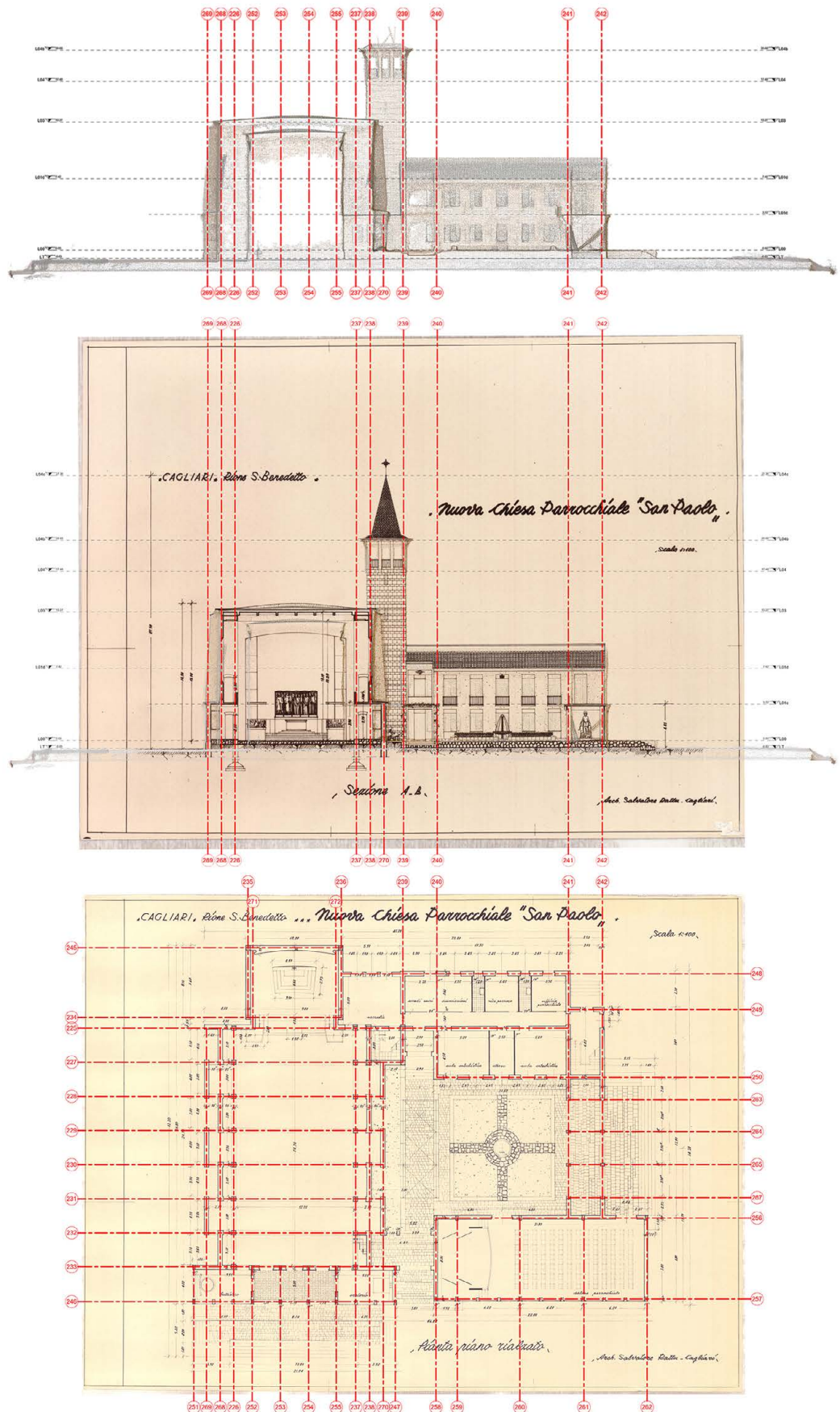


Fig. 7. Il modello di coordinamento, razionalizzazione della maglia strutturale attraverso la lettura comparata e il ridisegno di fonti cartacee e modello architettonico. Elaborazioni di Simone Cera, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

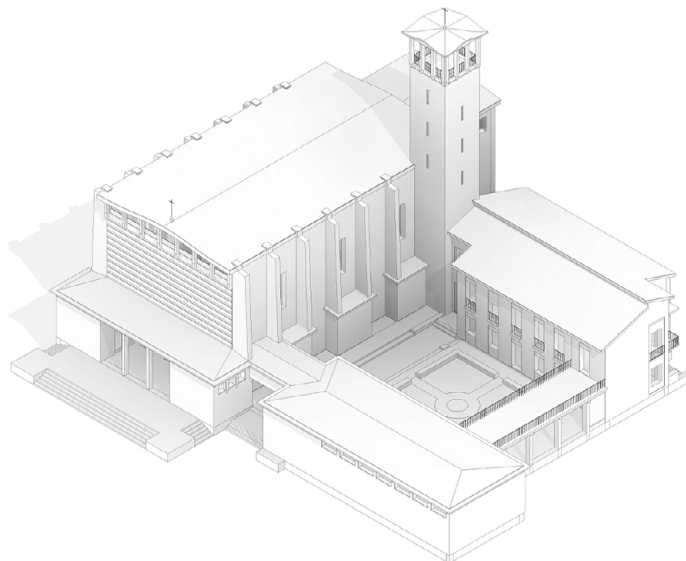
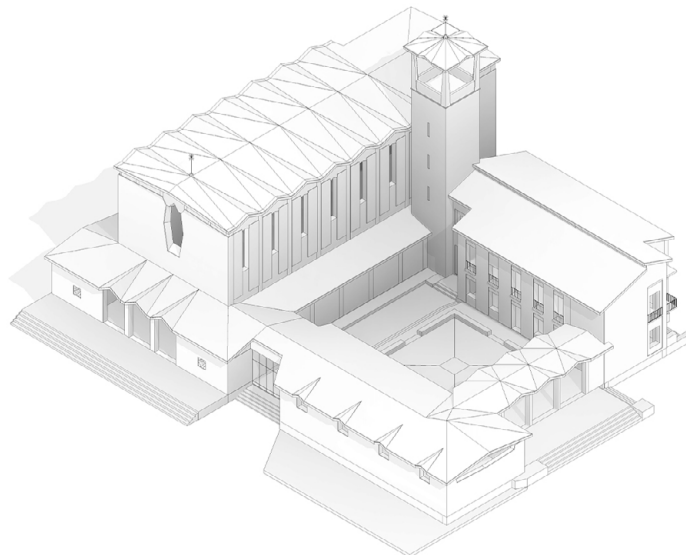
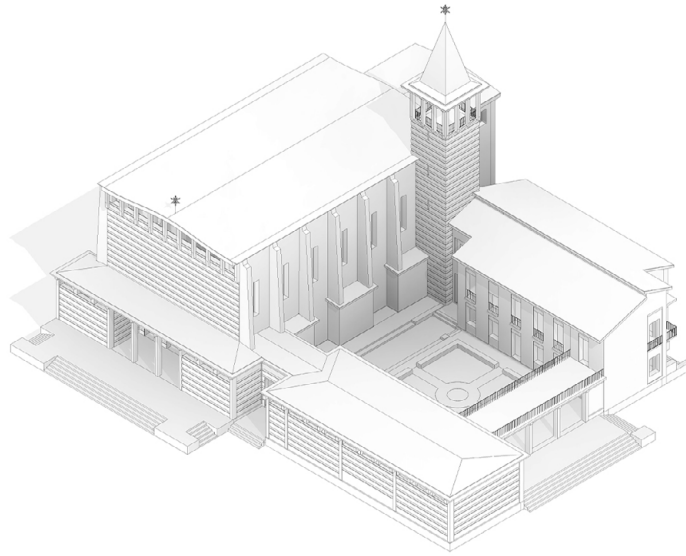


Fig. 8. Il modello architettonico, viste assometriche delle tre varianti tradotte digitalmente. Elaborazioni di Simone Cera, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

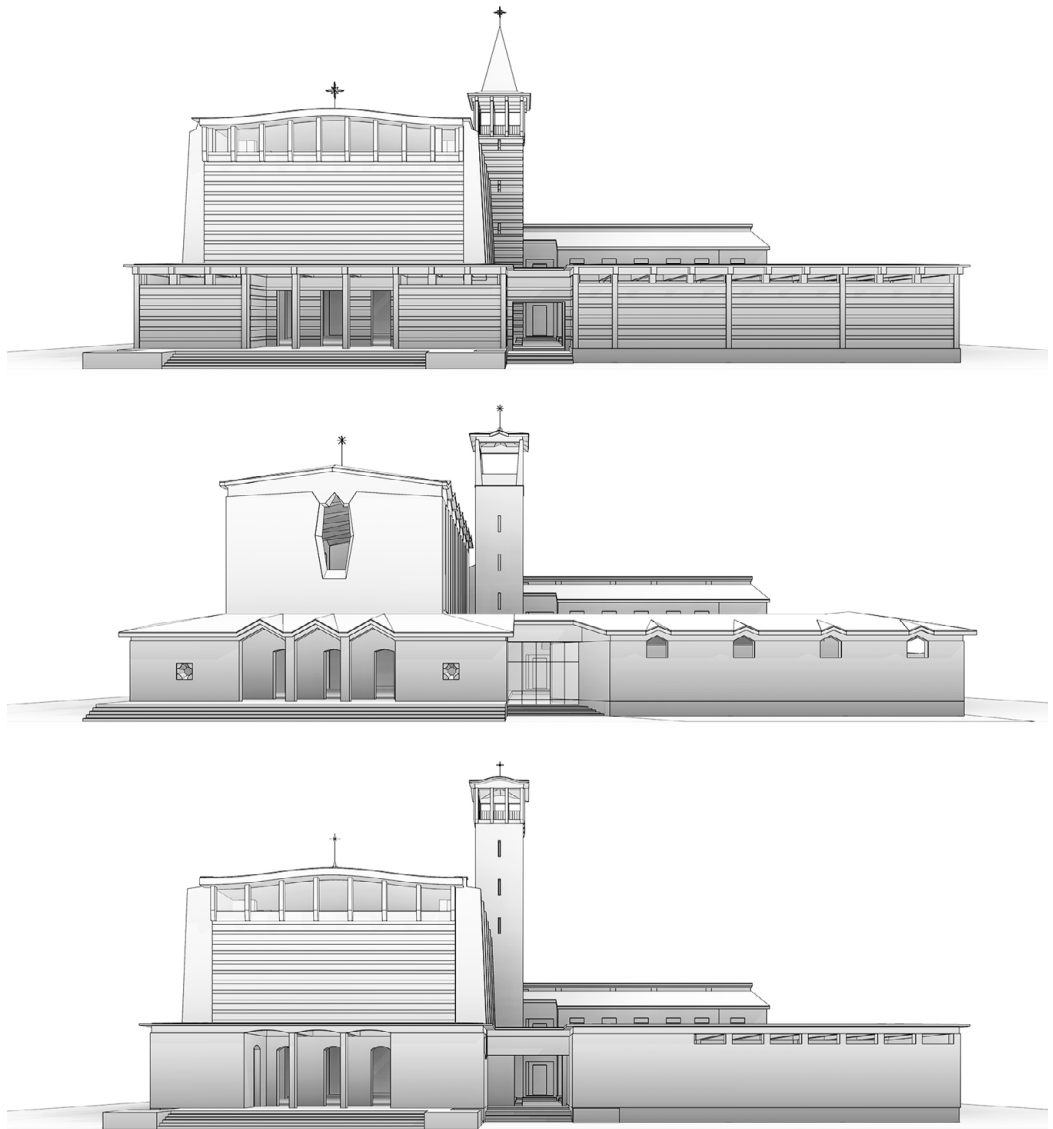


Fig. 9. Estrazione dal modello di analisi delle viste prospettiche delle tre varianti tradotte digitalmente. Elaborazione di Simone Cera, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

Gestione e visualizzazione web dei modelli

I modelli OBJ esportati da Revit, così come i modelli HBIM, fanno parte di un sistema informativo la cui base sono i disegni di progetto utilizzati come principale fonte di dati per la modellazione. Data la mole e la varietà di informazioni che distinguono un sistema di questo tipo, si è deciso di realizzare un database relazionale; questo è strutturato secondo logiche proprie delle scienze archivistiche, estese per l'inclusione di modelli tridimensionali. Il database permette di archiviare le digitalizzazioni dei documenti cartacei, i loro metadati e le nuove riconfigurazioni 3D, oltre a facilitare l'accesso in fase di narrazione delle informazioni [Bianco et al. 2013]. Si è quindi deciso di implementare una tabella contenente i dati dei modelli degli elementi di variante legati al singolo progetto; nella tabella, oltre al percorso del modello, sono inseriti anche riferimenti al formato e alla versione del progetto in cui l'oggetto è presente al fine di consentire, se necessario, una gestione unitaria delle singole parti come unico modello. Queste informazioni saranno poi necessarie in fase di visualizzazione per la scelta degli strumenti da utilizzare e per identificare i singoli modelli generali, siano essi generati dalla maquette, dal rilievo del costruito o dai disegni cartacei.

Come si è detto, l'esportazione di modelli OBJ dal modello BIM non è priva di problemi, imputabili principalmente alla diversa logica di generazione e gestione dei modelli tra gli ambienti BIM e un formato apposito per superfici mesh come l'OBJ. Benché l'uso di appositi plug-in dia una soluzione a gran parte delle problematiche di esportazione, si è previsto nel flusso di lavoro un passaggio di validazione dei modelli mediante software specifici per le superfici mesh. Nello specifico si è utilizzato il software *MeshLab* per l'attribuzione dei colori ai vertici della mesh, in luogo del colore alle facce esportato da Revit, e per il controllo dell'orientamento e allineamento dei modelli, in quanto il passaggio tra software comportava di frequente l'inversione degli assi y e z. Validati i modelli, questi vengono convertiti nel formato PLY, più leggero rispetto all'OBJ, ed infine inseriti nel database dove viene popolata la relativa tabella con i collegamenti. Terminato l'aggiornamento del database è possibile procedere con la visualizzazione dei modelli e degli elementi di variante tramite un visualizzatore *web-based* direttamente collegato al database. La scelta delle tecnologie *web-based* è dettata dalla volontà di utilizzare strumenti aperti, in grado di garantire la massima flessibilità per la gestione e visualizzazione delle informazioni, per calibrarne la consultazione in base alla categoria di utenti; inoltre, questo tipo di soluzioni, a differenza di molti servizi commerciali, libera l'utente dall'onere di dover creare un account nella piattaforma di visualizzazione, azione che spesso spinge l'utente a desistere dalla visualizzazione. Si è quindi deciso di sviluppare una semplice pagina di consultazione le cui informazioni, accessibili da remoto, possono essere filtrate e arricchite con fonti esterne di approfondimento [Quintilla-Castán et al. 2022]. Il portale, sviluppato principalmente in HTML e Javascript, sfrutta la libreria *3DHop* per la visualizzazione e la manipolazione dei modelli mesh [Potenziani et al. 2015]; *3DHop*, oltre a consentire una veloce implementazione di visualizzatori 3D (fig. 10), offre vari strumenti per l'analisi dei modelli, come la gestione delle luci, l'applicazione di piani di sezione e gli *hotspot* interrogabili. Proprio gli *hotspot* sono uno degli strumenti che più beneficia della messa a sistema tra portale e database, in quanto su quest'ultimo è avviata *query* associate ai singoli hotspot; tali interrogazioni al database vengono svolte attraverso semplici routine in PHP il cui dato in uscita sono le informazioni che andranno a popolare le schede informative relative alle varie componenti del modello visualizzato (fig. 11).



Fig. 10. Schermata di visualizzazione in cui nel modello fotogrammetrico è inserito il modello mesh della soluzione progettuale prevista in origine. Elaborazione di Raffaele Argiolas, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

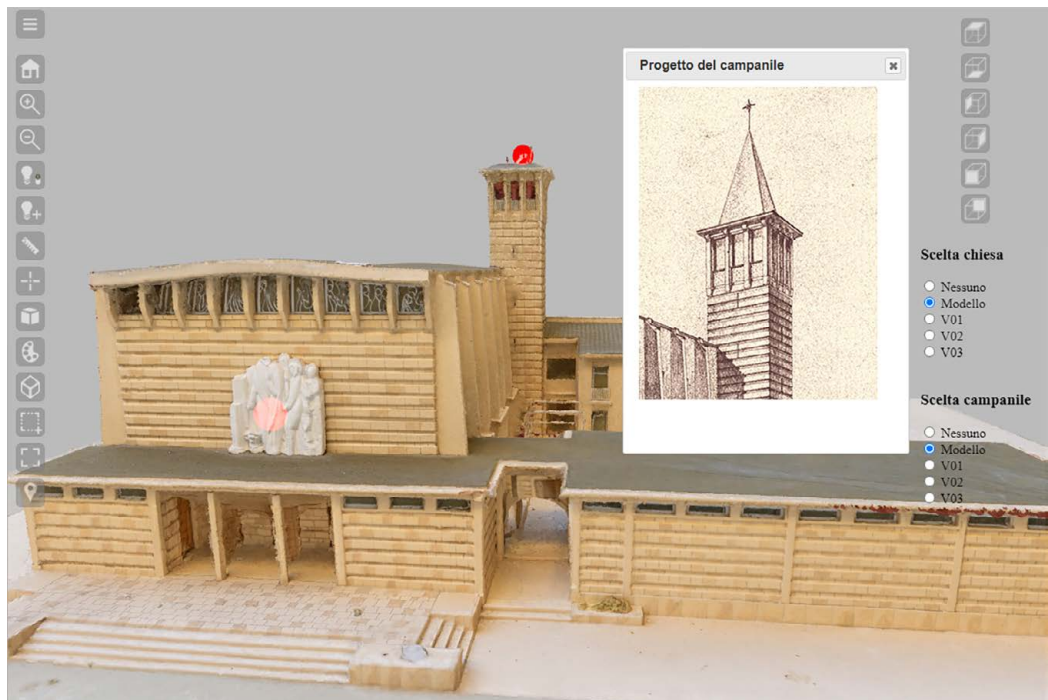


Fig. 10. Mediante l'uso degli hotspot interattivi è possibile accedere ad informazioni aggiuntive, come ad esempio i dettagli dei disegni originali. Elaborazione di Raffaele Argiolas, coordinamento scientifico Vincenzo Bagnolo.

Conclusioni

È ormai evidente che la comunicazione e la visualizzazione dei significati latenti presenti nei dispositivi progettuali conservati negli archivi di architettura costituisca oggi uno dei temi che la digitalizzazione dei beni culturali ci porta ad affrontare [Armstrong 2006]. Lo sviluppo delle ICT consente oggi di pensare a nuovi modelli di fruizione degli archivi di architettura. La semplice digitalizzazione dei fondi e l'eventuale accessibilità in remoto non sono più sufficiente per garantire una efficace fruizione da parte di una ampia platea di utenti generici. I disegni su carta spesso contengono una moltitudine di significati che nella maggior parte dei casi raggiungono solo parzialmente gli utenti non specialisti o necessitano di essere svelati. Questa complessità è talvolta accompagnata e arricchita da informazioni e descrizioni veicolate da altri media quali modelli fisici di progetto o immagini fotografiche. La possibilità di definire percorsi di ricerca personalizzati, la creazione di modelli 3D interattivi e la navigazione in ambienti immersivi sono solo alcuni dei possibili modi per svelare i significati celati nei documenti custoditi negli archivi di architettura. I disegni cartacei, con le loro codifiche simboliche accessibili solo da un utente specializzato, i plastici di studio e di progetto e i documenti fotografici sono solo alcuni dei dispositivi disponibili in archivio che spesso non dialogano fra loro e restano incasellati nelle maglie della gestione puramente archivistica. La comunicazione e l'accessibilità cognitiva trovano oggi un efficace canale di divulgazione e studio dell'architettura consentendo all'archivio di divenire un vero e proprio museo digitale di architettura. La modellazione HBIM consente l'esportazione di mesh ad uso di strumenti esterni. Per la gestione delle informazioni e delle esportazioni, vista la mole e varietà di dati, si è deciso di realizzare un database relazionale strutturato secondo logiche proprie delle scienze archivistiche, opportunamente ampliate per l'inclusione di modelli tridimensionali delle architetture. Il database strutturato permette di archiviare le digitalizzazioni dei documenti cartacei, i loro metadati e le nuove riconfigurazioni 3D, oltre a facilitare l'accesso in fase di narrazione delle informazioni. Tramite un visualizzatore *web-based* direttamente collegato al database stesso è resa possibile la visualizzazione dei modelli e degli elementi di variante. La scelta delle tecnologie *web-based* aperti consente di garantire la massima flessibilità per la gestione e visualizzazione delle informazioni, per calibrarne la consultazione in base alla categoria di utenti.

Riferimenti bibliografici

- Armstrong A.R.E. (2006). Architectural archives/archiving architecture: the digital era. In *Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America*, vol. 25, n. 2, 2006, pp. 12-17.
- Bianco I., Del Giudice M., Zerbinatti M. (2013). A database for the architectural heritage recovery between Italy and Switzerland. In *The International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W2, pp. 103-108. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W2-103-2013>
- Farroni L., Mancini M.F. (2018). Deferred Executions: Digital Transcriptions of Unbuilt Architectural Projects. In *CHNT 23. Atti della 23ma International Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, vol. 23.
- Georgiou E., Karachaliou E., Stylianidis E. (2017). 3D Representation of the 19th century balkan architecture using scaled museum-maquette and photogrammetry methods. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 42, pp. 275-279. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-275-2017>
- Murphy M., McGovern E., Pavia S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). In *Structural Survey*, vol. 27, n. 4, pp. 311-327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>
- Parisi P., Lo Turco M., Giovannini E.C. (2019). The value of knowledge through H-BIM models: historic documentation with a semantic approach. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 42, pp. 581-588.
- Patrucco G., Setragno F. (2023). Enhancing automation of heritage processes: generation of artificial training datasets from photogrammetric 3d models. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 48, pp. 1181-1187. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1181-2023>
- Potenziani M. et al. (2015). 3DHOP: 3D heritage online presenter. In *Computers & Graphics*, vol. 52, pp. 129-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2015.07.001>
- Quintilla-Castán M., Martínez-Aranda S., Agustín-Hernández L. (2022). Digital 3D inventory for the promotion and conservation of the architectural heritage. In *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-4/W1-2022, pp. 379-385. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-379-2022>
- Spallone R., Natta F. (2022). H-BIM modelling for enhancing modernism architectural archives. Reliability of reconstructive modelling for "on paper" architecture. In C. Bartolomei, A. Ippolito, S.H.T. Vizioli (a cura di). *Digital Modernism Heritage Lexicon*, pp. 809-829. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-76239-1_34
- Spallone R., Bertola G., Ronco F. (2019). SFM and digital modelling for enhancing architectural archives heritage. In *IMEKO TC4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, MetroArchaeo 2019*, Firenze, 4-6 Dicembre 2019, pp. 142-146.
- Spallone R., Capaldi F. (2019). 3d modelling for valorizing 20th century architectural archives: the case of the unbuilt project for a theatre in Cagliari by Carlo Mollino. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 42, pp. 1111-1118. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-1111-2019>

Autori

Vincenzo Bagnolo, Università degli Studi di Cagliari, vbagnolo@unica.it
Simone Cera, Università degli Studi di Cagliari, simone.cera@unica.it,
Raffaele Argiolas, Università degli Studi di Cagliari, raffaele.argiolas@unica.it

Per citare questo capitolo: Vincenzo Bagnolo, Simone Cera, Raffaele Argiolas (2024). Ricostruzione e visualizzazione virtuale 3D di architetture di carta: interazioni fra disegni, modello fisico e opera/3D Virtual reconstruction and visualization of paper architecture: interactions between drawings, physical model and building. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2285-2312.

3D Virtual reconstruction and visualization of paper architecture: interactions between drawings, physical model and building

Vincenzo Bagnolo
Simone Cera
Raffaele Argiolas

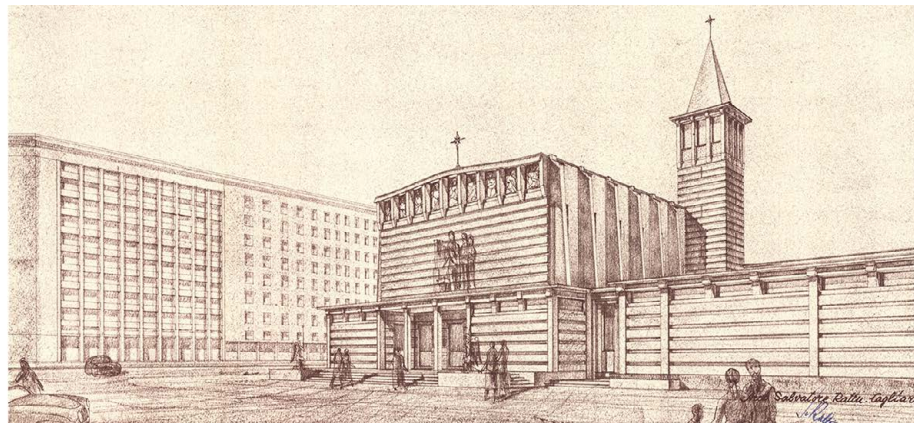
Abstract

With the ever-increasing development of information and communication technologies (ICT), the traditional definition of archives is enriched with new meanings that aim at enhancing the tools available today for the fruition and dissemination of material and immaterial heritage. The dialogue among the different design devices kept in architectural archives and the visualization of the information and interrelationships existing between them are one of the objectives of the ongoing research of which we propose the first results.

In the study of architectural archives, the processes of digital translation of paper drawings require a hermeneutic approach to reading; HBIM information modeling can be a useful supporting tool, through processes of understanding and reverse engineering on the built heritage. Exporting mesh models and structuring a relational database that includes 3D digital models enables the archiving of documents in raster format, metadata and 3D reconfigurations, and also facilitate access during information storytelling. Visualization of models and variant analyses is made possible by setting up a web-based viewer directly linked to the database itself.

Keywords

architectural models, paper architecture, Salvatore Rattu, reference portals, communication and accessibility



New parish church of San Paolo, Cagliari; perspective view (design by Salvatore Rattu)

Introduction

In the analysis and reconstruction of the complex architectural and urban design process, the design devices preserved in the architectural archives are precious study tools. With the digital transition, archives open up to new perspectives both in the management of funds and in their consultation addressed not only to experts in the field but also in communication aimed at intercepting a large audience. In an initial phase, the digitization of architectural archives was mainly aimed at a “quantitative” approach which mainly consists in the digital scanning of paper documents, not always made available remotely and rarely with processes aimed at the “narration” of the contents with a didactic and/or informative approach. The design devices expressed by “tangible” media such as drawings and physical models are mainly created with an informative/descriptive function which is characterized by the strong communicative and evocative charge possessed by both when they are addressed to the client or to a non-specialist audience. Vice versa, the correct reading and interpretation of the more technical graphics, which are characterized by a more symbolic representation, requires the sharing of specialized graphic codes possessed only by expert users. Even the communication expressed by the “tangible” media of the architectural expression which starts from the conception phases of the work and reaches its prefiguration, often divided into multiple variations, does not always prove easy for those who do not share the codes of graphic representation of architectural design.

Alongside the effective systems for consulting and viewing the archival funds available today, an awareness-raising process is required aimed at involving an increasingly wider public that shows a certain interest in architectural themes. In making architecture known and loved, new technologies provide us with a wide range of work tools and communication channels, capable of bringing out those latent meanings that are often visible only to insiders or even not immediately deducible from the drawings but derived in the study and interpretation paths. The Architecture archive, in this sense, becomes a digital museum capable of building an experience that brings architecture closer and accompanies the visitor on an exploration with personalized inclusive paths articulated according to the different targets to which the archive is aimed.

Often, when interpreting the variety of sources that accompany the architectural project, discrepancies emerge between the different documents or, if built, with the buildings themselves. It is very common, for example, to find multiple variations of the same project corresponding to the conception and conceptualization phases or even to the development phases of the project and, possibly, the realization of the architectural work.

Geometric and informative digital modeling allows the different contents coming from different sources to be brought into a single queryable model. The intent is to represent the variations deduced from the documentation, with sometimes even minimal differences detectable only by a careful eye, with the aim of allowing a critical analysis of both the design drawings and the built architecture. The different readings conveyed with digital modeling allow us to better define a range of solutions deduced in the complex process of the various development phases of the initial project idea and allow the visualization of scenarios that have remained only on paper. The experimentation conducted is part of a broader ongoing research in which BIM models are used as active tools for the study and communication of architectural archives [Spallone, Natta 2022]. In the case of twentieth-century architecture, the richness and variety of documentary sources allows for optimal development of the workflow aimed at digital translation and visualization of information, as in the proposed case study of the church of San Paolo in Cagliari (fig. 1) built in 1955 in Piazza Giovanni XXIII to a design by Salvatore Rattu, whose drawings are kept at the DICAAR of the University of Cagliari.



Fig. 1. View of the church of San Paolo in its current state. Elaboration by Simone Cera, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

Re-ordering of sources and digital translation

The rearrangement and comparative reading of the sources reveal two different and autonomous design solutions in terms of language, one of which is developed in three variants (figs. 2, 3). Variant 01 is described in 23 plates including plans, sections and elevations on a scale of 1:100, as well as two perspectives, one of which is inside the nave. It is the only variant to also include an architectural model, albeit incomplete as it is deprived of several parts, including the steeple spire. Variant 02, the only one realised, is described in 13 plates at a scale of 1:100 plus 5 of the executive project of the interior decorations with detailed views at a scale of 1:50 and 1:10. Variant 03 is the one for which the least information is available; it is in fact described in only 5 plates with 1:100 scale drawings without sections and elevations.

In the study of architectural paper archives, the processes of digital translation of drawings are particularly complex due to the heterogeneity and fragmentation of information and sources. Gaps and inconsistencies between the drawings lead to a hermeneutic approach to reading, the result of interpretations, deductions and hypotheses that through the processes of redrawing the drawings lead to an understanding of the project.

Information modelling can be a useful support tool in the implementation of such processes. HBIM (Heritage Building Information Modeling) models are in fact developed through processes of understanding and reverse engineering on the built heritage; processes that imply a critical interpretation starting from the survey of the existing and the comparison of historical-archival sources [Murphy 2009]. The recent scientific literature reveals several interesting cases of experimentation and application of BIM tools and methodologies to the study of architecture that has remained on paper, which highlight not only the advantages of this approach in terms of analysis and understanding of the built heritage [Parisi, Lo Turco 2019] but also those concerning the communication of a whole series of unpublished values linked to paper archives of architecture [Spallone, Natta 2022; Spallone, Capaldi 2019, Farroni, Mancini 2018].

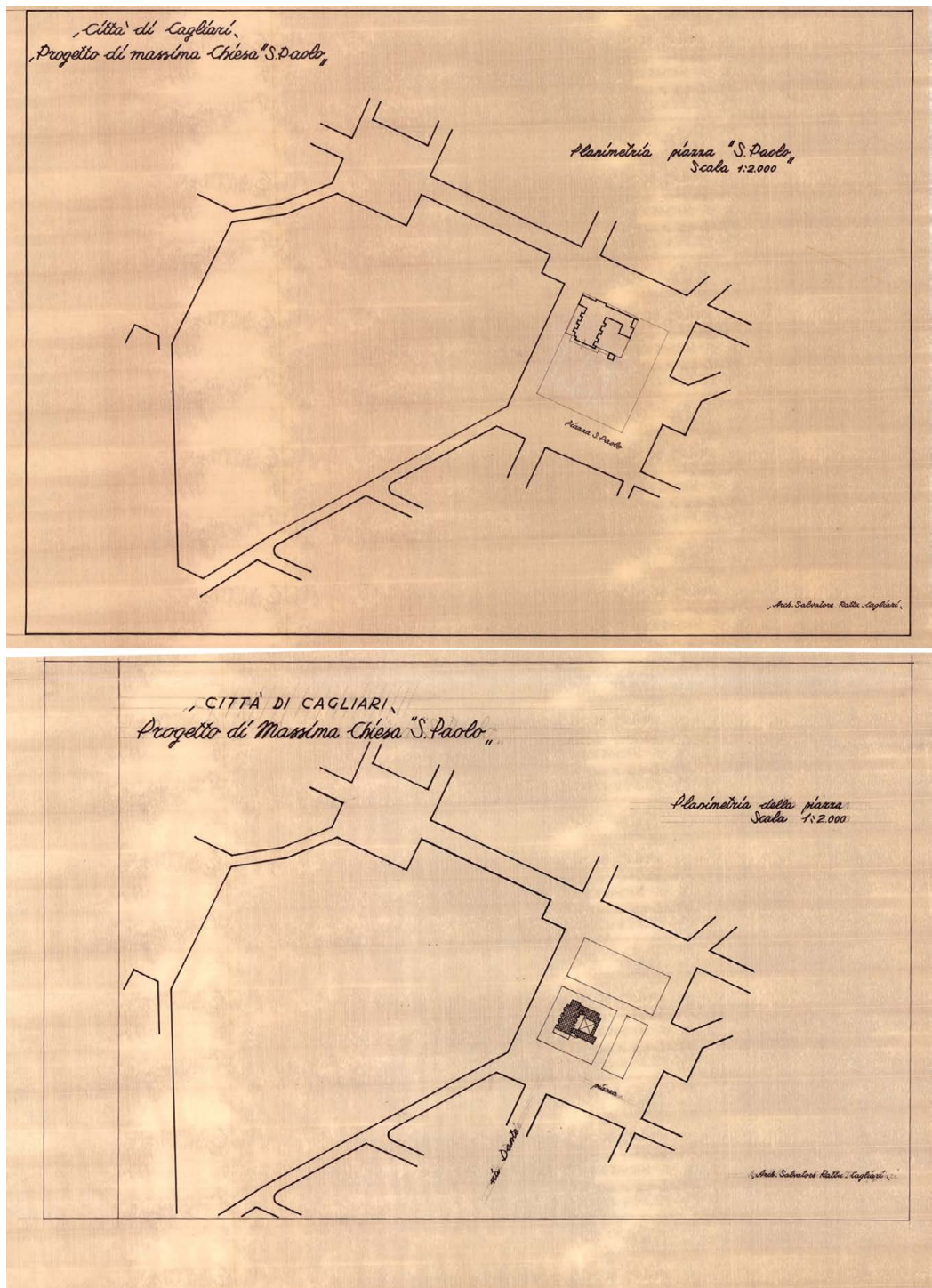


Fig. 2. Original drawings of the two project proposals for the church on Piazza San Paolo, today Piazza Giovanni XXIII. Planimetric elaborations on a scale of 1:2000, china on glossy paper.

In the present experimentation, through the development of a workflow in the HBIM environment (fig. 4), it was first of all possible to integrate the different sources in a single environment. Therefore, a relational structure consisting of three autonomous study models was initially defined; this expedient makes it possible to both query and export the individual study models and to compare them through the use of an analysis model (fig. 5). The wooden model was digitally translated through the photogrammetric survey, declined

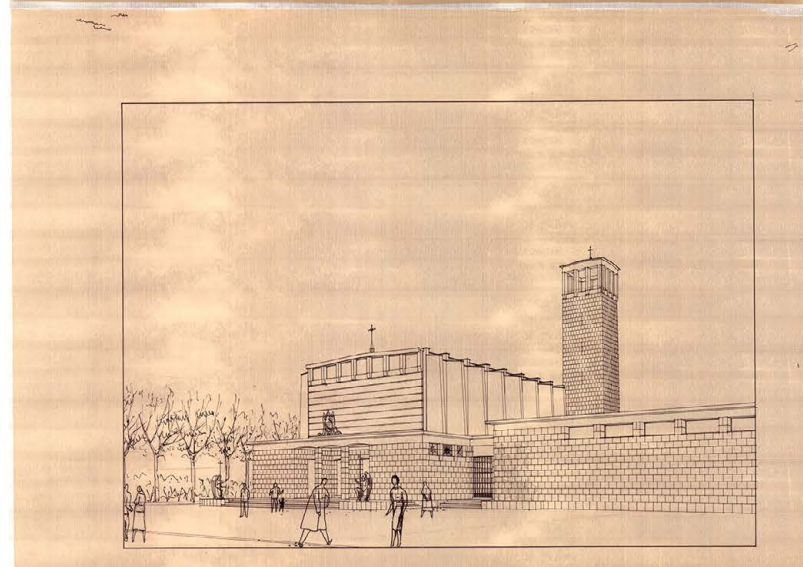


Fig. 3. Original drawings of the second project proposal, perspective representations of the three variants, heliographic copy and Indian ink and graphite on glossy paper.

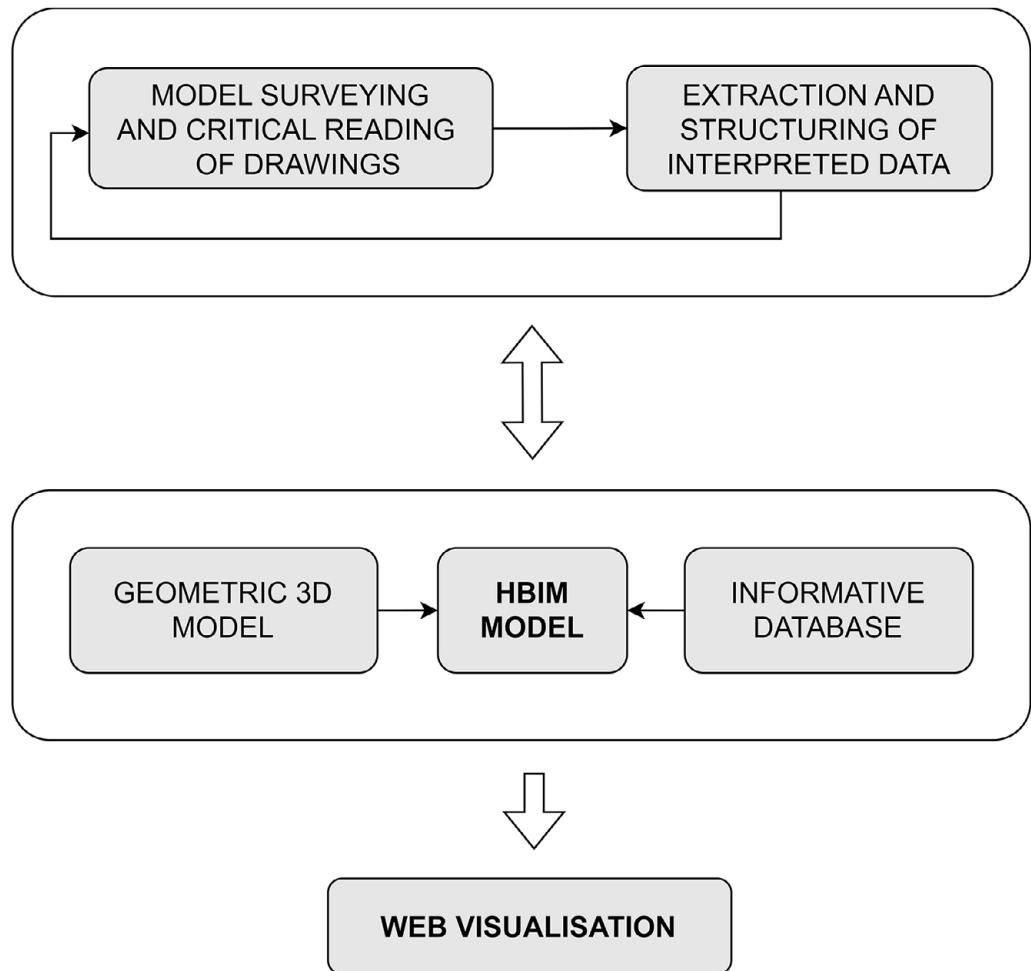


Fig. 4. The tested workflow, from the critical and comparative reading of sources to the development of a BIM model as an active tool for understanding and communication. Elaboration by Simone Cera, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

to the specific application case of architectural models [Patrucco, Setragno 2023; Spallone, Bertola, Ronco 2019; Georgiou, Karachaliou, Stylianidis 2017]. The point cloud obtained was then integrated within the coordination model together with the digitised drawings (fig. 6). Through Revit's design options tool, it was then possible to classify and filter the sources on the basis of their respective variants. The redrawing and comparison of the drawings in the three variants allowed the decomposition of the project into six minimum study units. The study of the units in each of the three variants allowed the rationalisation of the structural scheme and the definition of invariant elements such as volumes, grids, levels and reference planes on which to base the subsequent parametric modelling (fig. 7). The development of the structural and architectural models, through modelling by system and loadable parametric families, finally made it possible to understand and verify design and technical solutions represented by the author (fig. 8). Through the assignment of appropriate shared parameters, it was possible to relate each element to the minimum reference unit, in order to classify and filter variant and invariant elements within the individual blocks. The workflow tested led to an analysis model capable of containing the variants translated into a single environment; appropriate template views and export filters thus allow both visualisation and internal interrogation within the software (fig. 9), and the generation of segmented geometric models in OBJ format intended for external visualisation applications. Revit currently manifests limitations in exporting mainly related to the definition of the normals of mesh-type models; the use of the *Revit OBJ* exporter plugin by *ProtoTech Solutions* has allowed greater control over export parameters, obviating the problem of defining normals.

Management and web visualization of models

The OBJ models exported by Revit, as well as the HBIM models, are part of an information system whose basis is the design drawings used as the main source of data for modelling. Given the amount and variety of information that distinguishes such a system, it was decided to create a relational database; this is structured according to logics proper to archival science, extended to include three-dimensional models. The database makes it possible to store digitisations of paper documents, their metadata, and new 3D reconfigurations, as well as facilitating access when narrating information [Bianco et al. 2013].

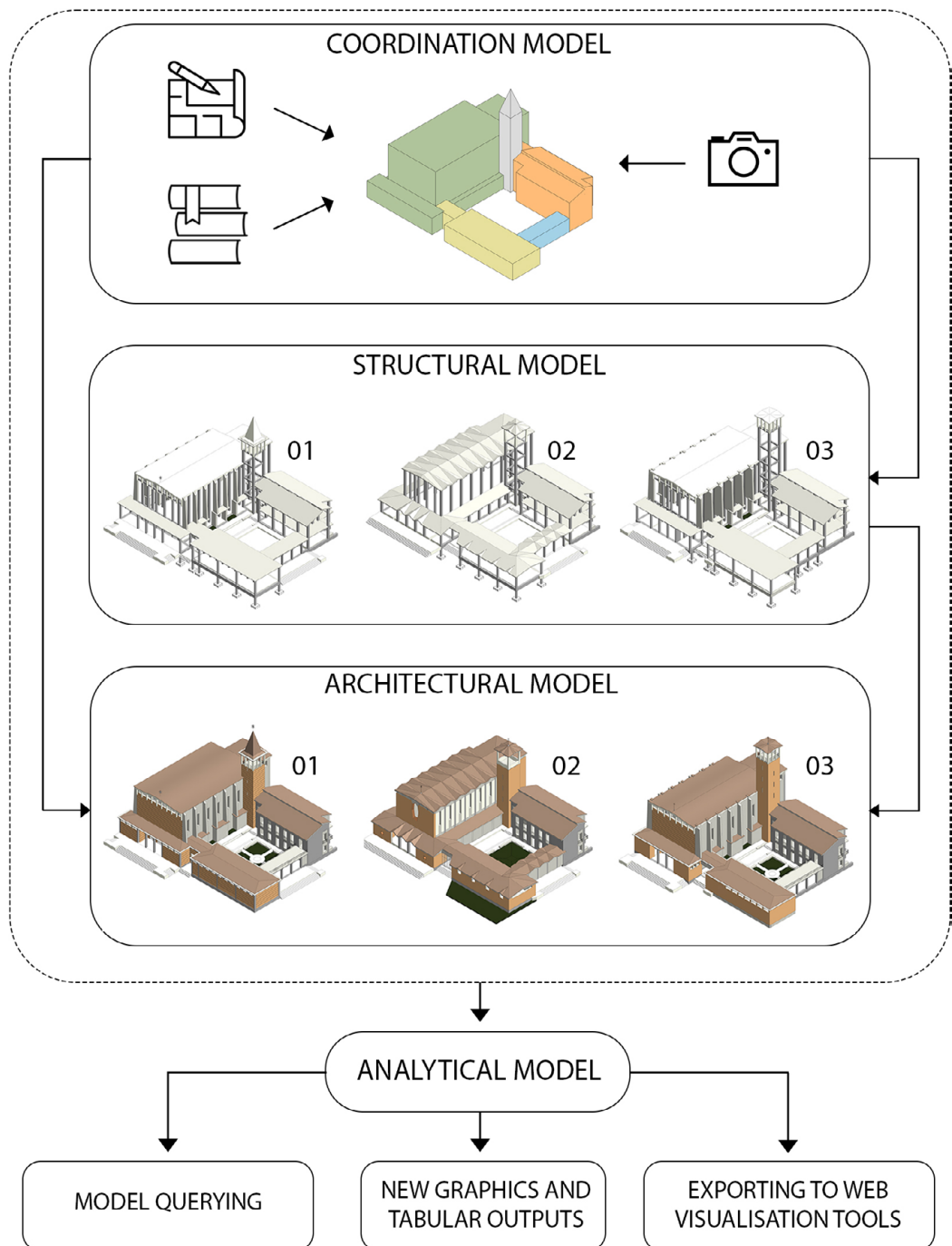


Fig. 5. Hierarchy of BIM models developed to support digital translation and structure for linking and exporting information. Elaboration by Simone Cera, scientific coordination Vincenzo Bagnolo.

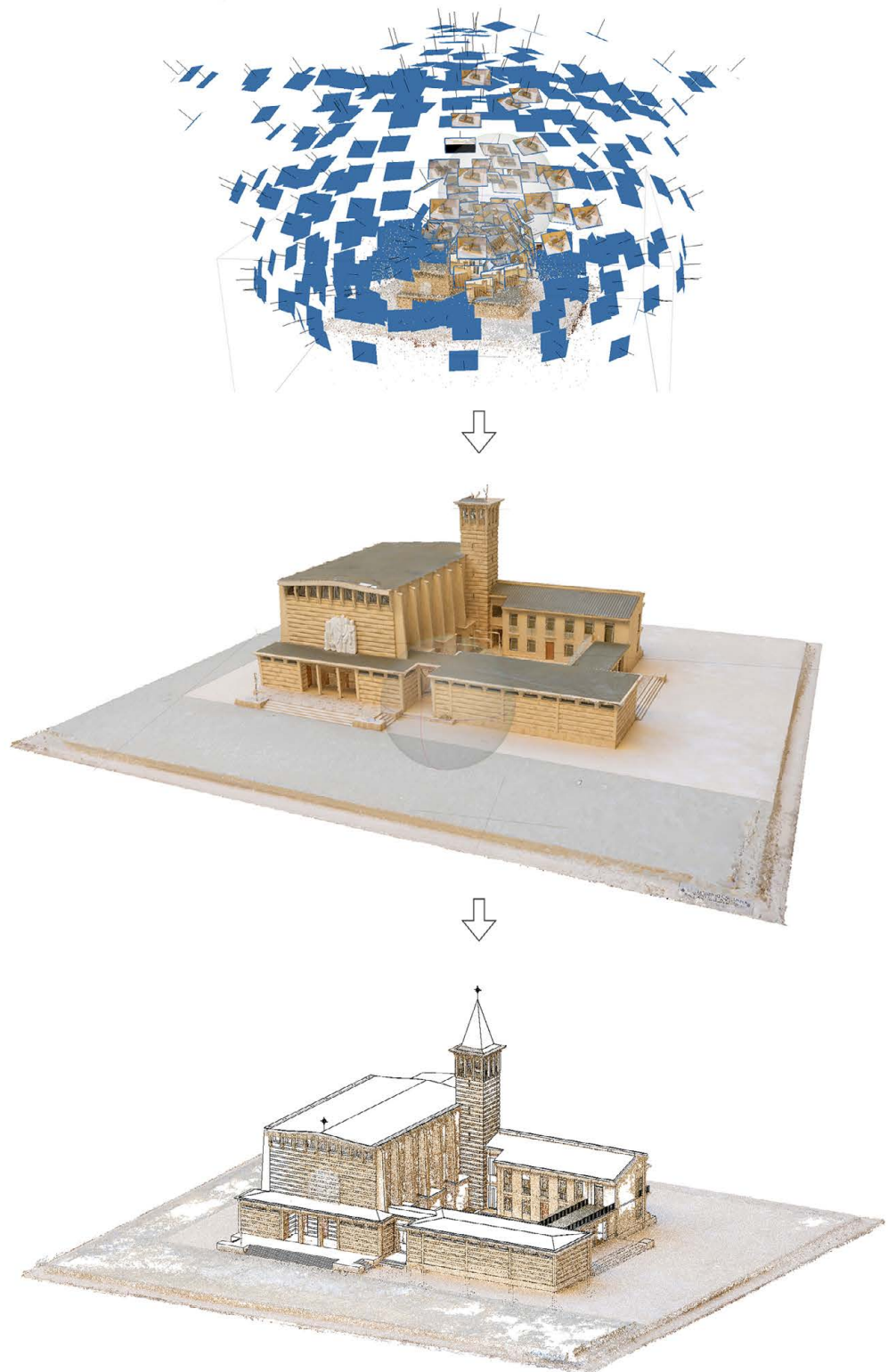


Fig. 6. Photogrammetric survey, development of the textured mesh model and inclusion of the point cloud as primary source for modelling in BIM. Elaborations by Simone Cera, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

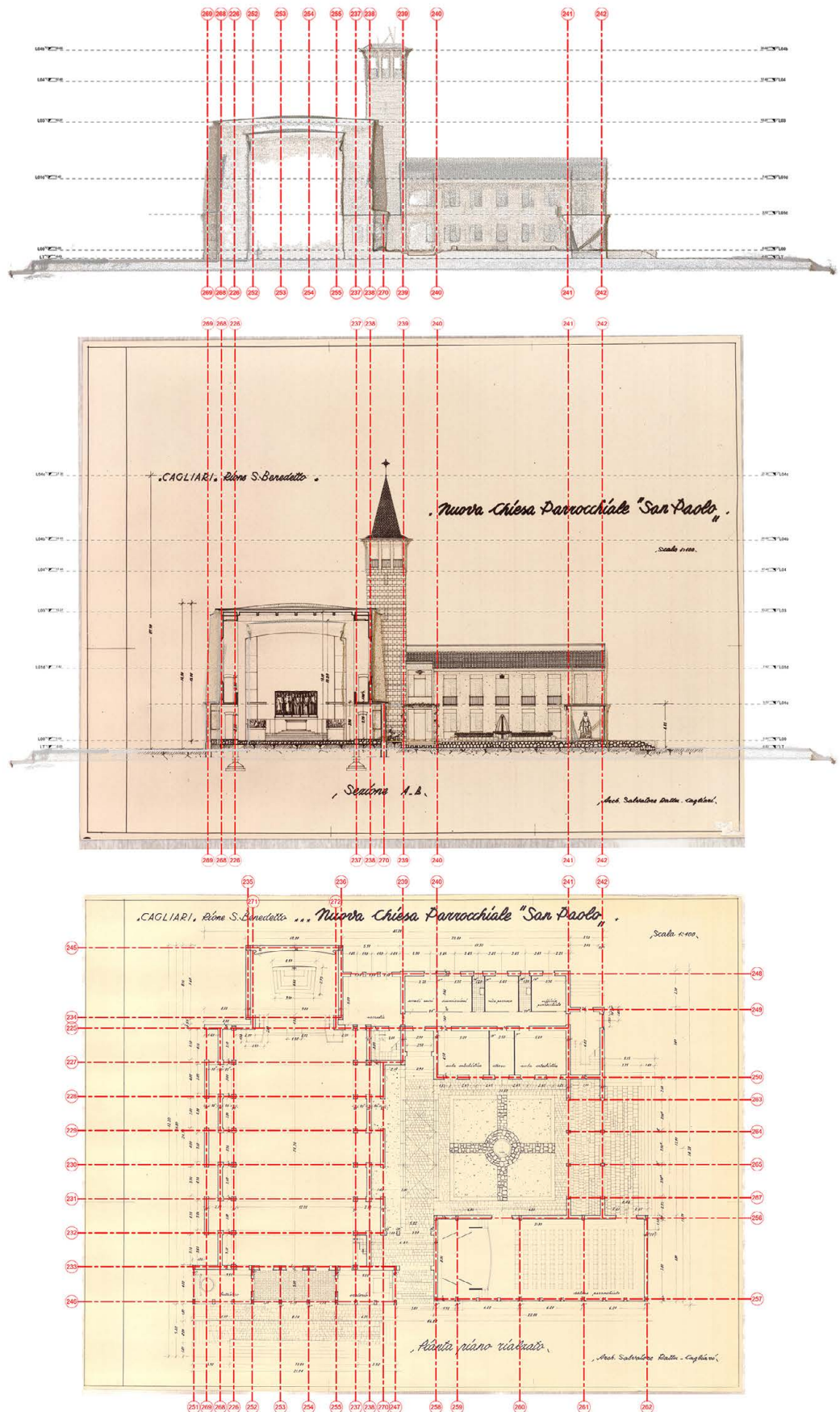


Fig. 7. The coordination model, rationalisation of the structural mesh through the comparative reading and redrawing of paper sources and architectural model. Elaborations by Simone Cera, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

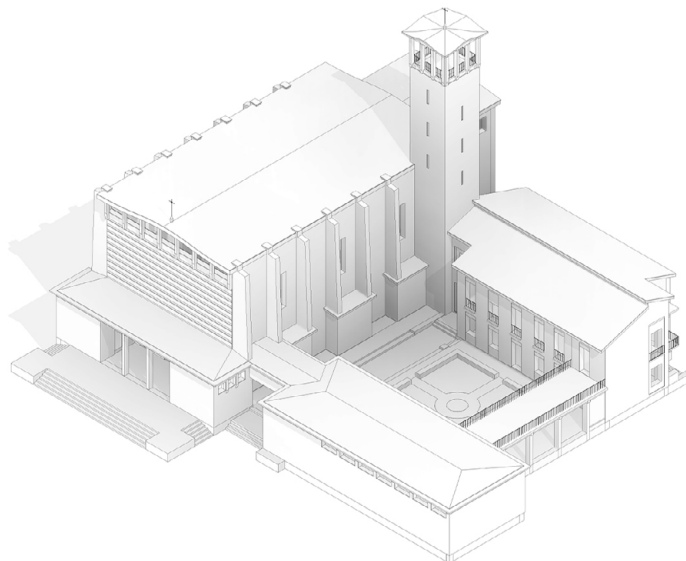
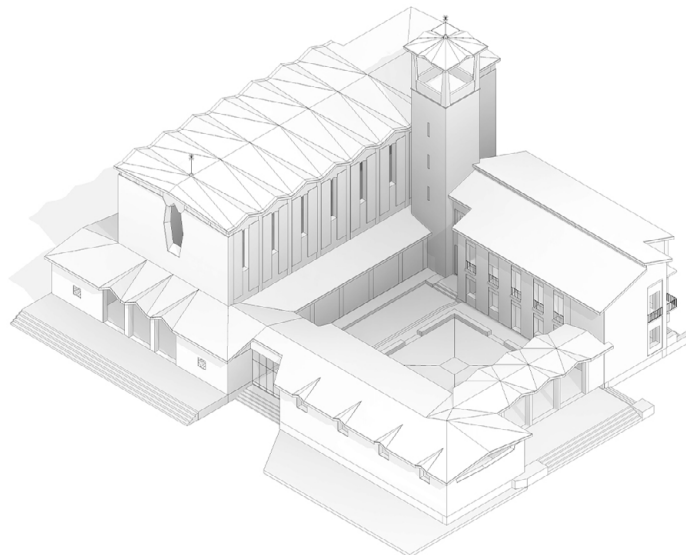
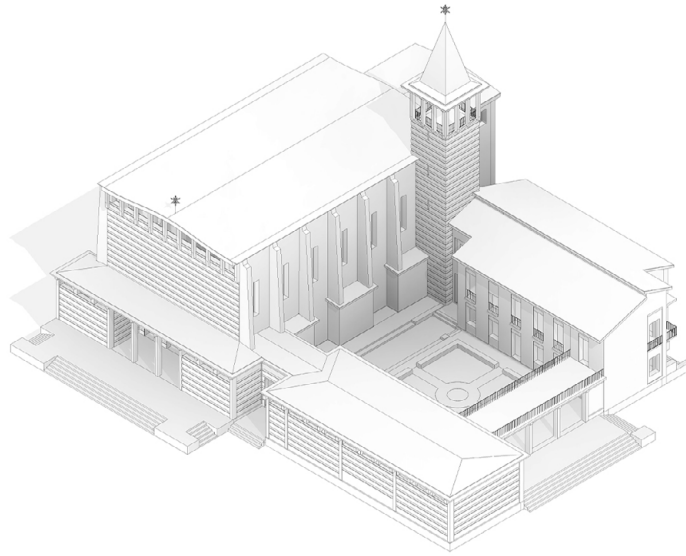


Fig. 8. The architectural model, axonometric views of the three digitally translated variants. Elaborations by Simone Cera, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

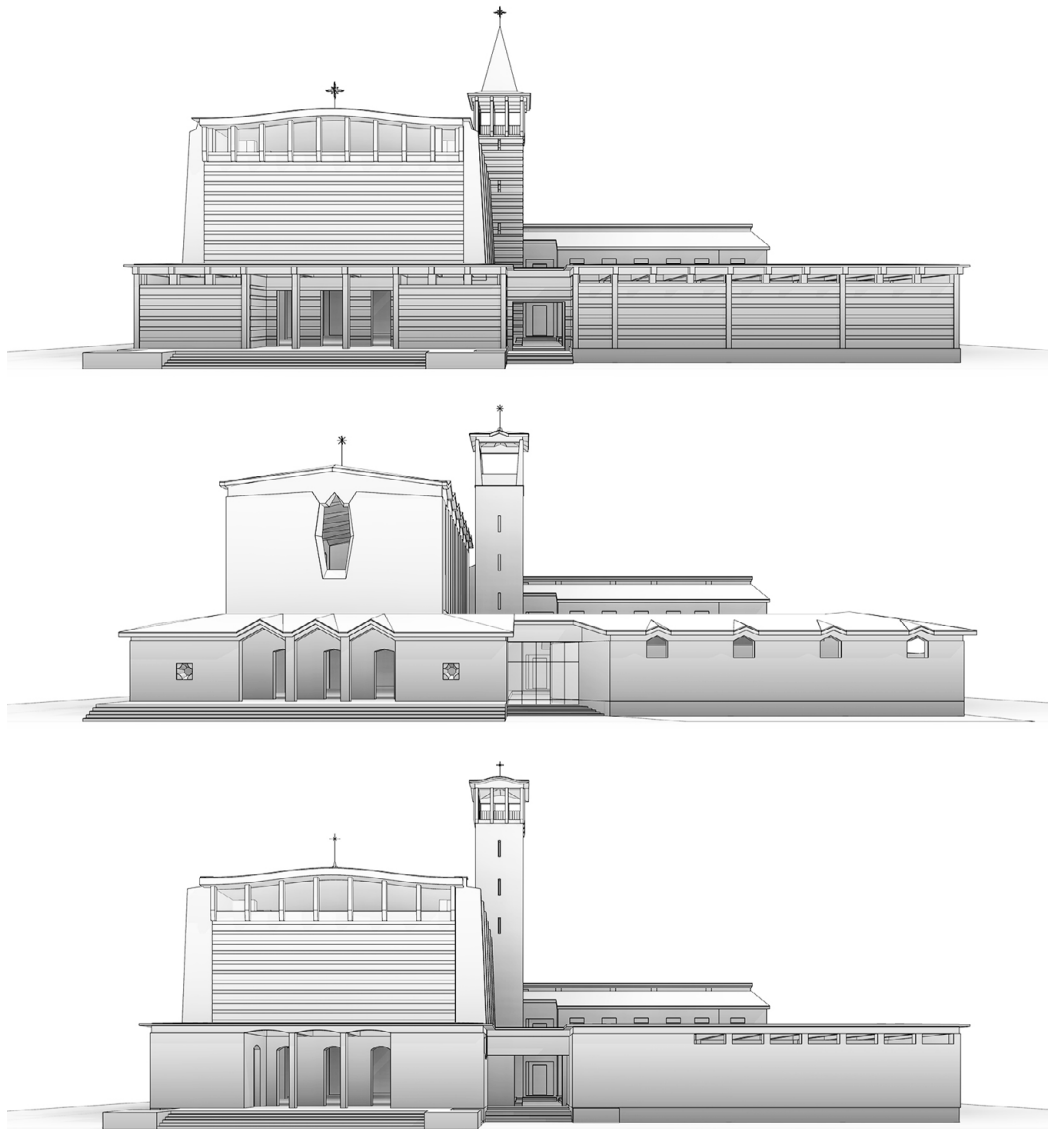


Fig. 9. Extraction from the analysis model of the perspective views of the three digitally translated variants. Elaboration by Simone Cera, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

Therefore, it was decided to implement a table containing model data of variant elements related to the individual project; in the table, in addition to the model path, references to the format and version of the project in which the object is present are also included to allow, if necessary, a unified management of the individual parts as a single model. This information will then be needed in the visualization phase for choosing the tools to be used and for identifying the individual general models, whether they are generated from the maquette, the built survey, or the paper drawings.

As noted above, the export of OBJ models from the BIM model is not without problems, attributable primarily to the different logic of model generation and management between BIM environments and a dedicated mesh surface format such as OBJ. Although the use of appropriate plug-ins provides a solution to most of the export issues, a model validation step was included in the workflow using mesh surface-specific software. Specifically, MeshLab software was used for assigning colours to the mesh vertices, in place of the colour to the faces exported from Revit, and for checking the orientation and alignment of the models, since switching between software frequently involved reversing the y and z axes. Once the models have been validated, they are converted to PLY format, which is lighter

than OBJ), and finally entered the database where the relevant table with links is populated. Once the database update is finished, it is possible to proceed with the visualization of models and variant elements via a web-based viewer directly connected to the database. The choice of web-based technologies is dictated by the desire to use open tools, capable of ensuring maximum flexibility for the management and visualization of information, to calibrate its consultation according to the category of users; in addition, this type of solution, unlike many commercial services, frees the user from the burden of having to create an account in the visualization platform, an action that often pushes the user to desist from visualization. Therefore, it was decided to develop a simple reference page whose information, accessible remotely, can be filtered and enriched with external sources of insight [Quintilla-Castán et al. 2022]. The portal, developed mainly in HTML and JavaScript, takes advantage of the *3DHop* library for the visualization and manipulation of mesh models [Potenziani et al. 2015]; *3DHop*, in addition to allowing a fast implementation of 3D viewers (fig. 10), offers various tools for model analysis, such as light management, application of section planes, and queryable hotspots. It is precisely the hotspots that are one of the tools that most benefits from the systemization between the portal and the database, since on the latter it is to initiate queries associated with individual hotspots; these queries to the database are carried out through simple PHP routines whose output data are the information that will populate the information sheets related to the various components of the visualized model (fig. 11).

Conclusions

It is now evident that the communication and visualization of the latent meanings present in the design devices preserved in architectural archives constitutes one of the themes that the digitalization of cultural heritage leads us to face [Armstrong 2006].

Paper drawings often contain a multitude of meanings which in most cases only partially reach non-specialist users or need to be revealed. This complexity is sometimes accompanied and enriched by information and descriptions conveyed by other media such as physical project models or photographic images.



Fig. 10. Visualisation screen in which the mesh model of the originally planned design solution is inserted into the photogrammetric model. Elaboration by Raffaele Argiolas, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

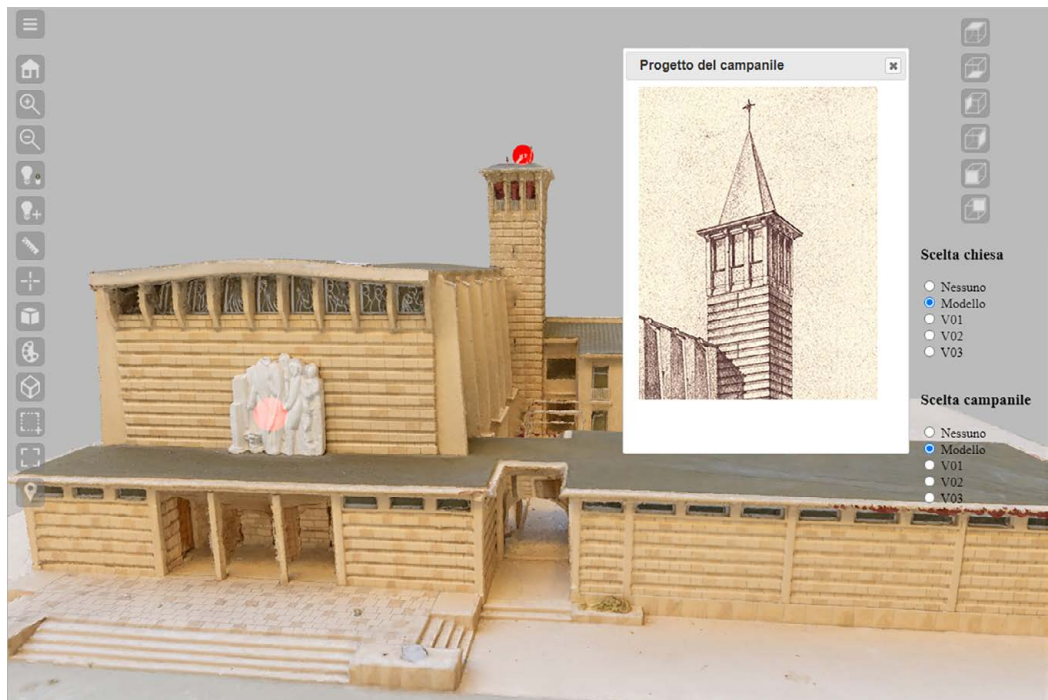


Fig. 10. Using the interactive hotspots, additional information can be accessed, such as details of the original drawings. Elaboration by Raffaele Argiolas, scientific coordination by Vincenzo Bagnolo.

The opportunity to define customized search paths, the creation of interactive 3D models and navigation in immersive environments are just some of the possible ways to unveil the meanings hidden in the documents kept in architectural archives. Paper drawings, with its symbolic encodings accessible only by a specialized user, study and project models, and photographic documents are just some of the devices available in archives that often do not talk to each other and remain embedded in the grids of purely archival management. Communication and cognitive accessibility now find an effective channel for the dissemination and study of architecture, enabling the archive to become a true digital museum of architecture. HBIM modeling allows the export of meshes for use by external tools. For the management of information and exports, given the volume and variety of data, it was decided to implement a relational database structured according to logics proper to archival science, appropriately expanded to include three-dimensional models of the architectures. The structured database makes it possible to store digitization of paper documents, their metadata and new 3-D reconfigurations, as well as facilitating access when narrating information. Through a *web-based* viewer directly connected to the database itself, visualization of models and variant elements is made possible. The choice of open *web-based* technologies makes it possible to ensure maximum flexibility for the management and visualization of information, to calibrate its consultation according to the category of users.

References

- Armstrong A.R.E. (2006). Architectural archives/archiving architecture: the digital era. In *Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America*, vol. 25, n. 2, 2006, pp. 12-17.
- Bianco I., Del Giudice M., Zerbinatti M. (2013). A database for the architectural heritage recovery between Italy and Switzerland. In *The International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W2, pp. 103-108. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W2-103-2013>
- Farroni L., Mancini M.F. (2018). Deferred Executions: Digital Transcriptions of Unbuilt Architectural Projects. In *CHNT 23. Proceedings of the 23rd International Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, vol. 23.
- Georgiou E., Karachaliou E., Stylianidis E. (2017). 3D Representation of the 19th century balkan architecture using scaled museum-maquette and photogrammetry methods. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 42, pp. 275-279. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-275-2017>
- Murphy M., McGovern E., Pavia S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). In *Structural Survey*, vol. 27, n. 4, pp. 311-327. <https://doi.org/10.1108/02630800910985108>
- Parisi P., Lo Turco M., Giovannini E.C. (2019). The value of knowledge through H-BIM models: historic documentation with a semantic approach. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 42, pp. 581-588.
- Patrucco G., Setragno F. (2023). Enhancing automation of heritage processes: generation of artificial training datasets from photogrammetric 3d models. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 48, pp. 1181-1187. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1181-2023>
- Potenziani M. et al. (2015). 3DHOP: 3D heritage online presenter. In *Computers & Graphics*, vol. 52, pp. 129-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2015.07.001>
- Quintilla-Castán M., Martínez-Aranda S., Agustín-Hernández L. (2022). Digital 3D inventory for the promotion and conservation of the architectural heritage. In *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-4/W1-2022, pp. 379-385. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-379-2022>
- Spallone R., Natta F. (2022). H-BIM modelling for enhancing modernism architectural archives. Reliability of reconstructive modelling for "on paper" architecture. In C. Bartolomei, A. Ippolito, S.H.T. Vizioli (Eds.). *Digital Modernism Heritage Lexicon*, pp. 809-829. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-76239-1_34
- Spallone R., Bertola G., Ronco F. (2019). SFM and digital modelling for enhancing architectural archives heritage. In *IMEKO TC4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, MetroArchaeo 2019*, Firenze, 4-6 Dicembre 2019, pp. 142-146.
- Spallone R., Capaldi F. (2019). 3d modelling for valorizing 20th century architectural archives: the case of the unbuilt project for a theatre in Cagliari by Carlo Mollino. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 42, pp. 1111-1118. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-1111-2019>

Authors

Vincenzo Bagnolo, Università degli Studi di Cagliari, vbagnolo@unica.it
Simone Cera, Università degli Studi di Cagliari, simone.cera@unica.it,
Raffaele Argiolas, Università degli Studi di Cagliari, raffaele.argiolas@unica.it

To cite this chapter: Vincenzo Bagnolo, Simone Cera, Raffaele Argiolas (2024). Ricostruzione e visualizzazione virtuale 3D di architetture di carta: interazioni fra disegni, modello fisico e opera/3D Virtual reconstruction and visualization of paper architecture: interactions between drawings, physical model and building. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (Eds.). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2285-2312.