

COLLANA
3D MODELING & BIM

NUOVE EVOLUZIONI

A CURA DI TOMMASO EMLER,
ADRIANA CALDARONE, ALEXANDRA FUSINETTI

DIPARTIMENTO DI STORIA
DISEGNO E RESTAURO
DELL'ARCHITETTURA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

3D Modeling & BIM 2024 - Nuove evoluzioni

Curatori: Tommaso Empler, Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

Collana: 3D Modeling & BIM

Publisher: DEI s.r.l. Tipografia del Genio Civile

© 2024 DEI s.r.l. TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE* – Tutti i diritti riservati

ISBN 979-12-5505-145-9

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), sono riservati per tutti i Paesi. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

DEI s.r.l. TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

Via Cavour 181/A - 00184 Roma

Tel. 06.441.63.71 (r.a.) Fax 06.440.33.07

dei@build.it

www.build.it

* DEI s.r.l. TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE fa parte di LSWR GROUP

Credit immagine di copertina: Andrea Sterpin, Marco Medici, Francesco Axel Pio Romio

A cura di Tommaso Emler,
Adriana Caldarone, Alexandra Fusinetti

3D MODELING & BIM

Nuove Evoluzioni

Il volume raccoglie i contributi, dei relatori e degli studiosi, pervenuti in occasione del Workshop *3D Modeling & BIM. Nuove Evoluzioni*, che si è svolto a Roma in data 11-12 aprile 2024. La valutazione dei contributi pubblicati è avvenuta con la modalità del double blind review.

This book collects contributions, of speakers and scholars, received during the Workshop *3D modeling & BIM. New Evolutions*, which took place in Rome on April 11th-12th 2024. Contributions are printed under double blind review mode.

Organizing Committee

Director

- Tommaso Empler

Scientific Coordinator 3D Modeling

- Fabio Quici

Scientific Coordinator HBIM, Data and Semantics

- Graziano Mario Valenti

Coordinators

- Adriana Caldarone
- Alexandra Fusinetti

Carlo Bianchini

Adriana Caldarone

Michele Calvano

Andrea Casale

Emanuela Chiavoni

Elena D'Angelo

Carlo Inglese

Elena Ippoliti

Alfonso Ippolito

Marta Salvatore

Leonardo Baglioni

Scientific Committee

- Massimo Babudri, Ordine degli Ingegneri di Roma (Italy)
- Carlo Bianchini, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Fabio Bianconi, Università di Perugia (Italy)
- Cecilia Maria Bolognesi, Politecnico di Milano (Italy)
- Stefano Brusaporci, Università dell'Aquila (Italy)
- Adriana Caldarone, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Michele Calvano, Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale CNR (Italy)
- Maria Grazia Cianci, Università Roma Tre (Italy)
- Roberto de Rubertis, XY Digitale (Italy)
- Tommaso Empler, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Marco Filippucci, Università di Perugia (Italy)
- Donatella Fiorani, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Alexandra Fusinetti, Università degli Studi di Sassari (Italy)
- Elena Gigliarelli, Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale CNR (Italy)
- Elena Ippoliti, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Massimiliano Lo Turco, Politecnico di Torino (Italy)
- Giovanna Massari, Università di Trento (Italy)
- Javier Nuñez, FADU -UBA (Argentina)
- Anna Osello, Politecnico di Torino (Italy)
- Ivan Paduano, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Maria Victoria Pasini, FADU - UBA (Argentina)
- Leonardo Paris, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Sandro Parrinello, Università di Pavia (Italy)
- Fabio Quici, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Alberto Raimondi, Università Roma Tre (Italy)
- Manuel Ròdenas, UPCT Universidad Politécnica de Cartagena (Spain)
- Maria Laura Rossi, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Michela Rossi, Politecnico di Milano (Italy)
- Francesco Ruperto, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Livio Sacchi, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti – Pescara (Italy)
- Mario Sacco, BIM Expert (Italy)
- Cettina Santagati, Università di Catania (Italy)
- Alberto Sdegno, Università degli studi di Udine (Italy)
- Graziano Mario Valenti, Sapienza Università di Roma (Italy)
- Valeria Zacchei, PhD BIM Expert (Italy)

Editorial Manager

- Alexandra Fusinetti, Università di Sassari (Italy)

Indice

Summary

PREMESSA

Tommaso Empler

12

INTRODUZIONE

Adriana Caldarone

17

PRESENTAZIONE

Carlo Bianchini

22

PALANTIR-BIM: UNA PIATTAFORMA ORIENTATA AL BIM PER LA DOCUMENTAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO

—
PALANTIR-BIM: A BIM-ORIENTED PLATFORM FOR THE DOCUMENTATION OF ARCHITECTURAL HERITAGE

Andrea Di Filippo, MArco Limongiello, Salvatore Barba

26

IL PROTOCOLLO FI.T.NE.SS. INTERAZIONI TRA ALGORITMI GENERATIVI DI IA E BIM

—
THE FI.T.NE.SS. PROTOCOL. INTERACTIONS BETWEEN GENERATIVE AI ALGORITHMS AND BIM

Massimiliano Lo Turco, Edoardo Prister, Andrea Rossi, Andrea Tomalini, Michele Petruzza, Elisabetta Caterina Giovannini, Jacopo Bono

38

NERF VS FOTOMODELLAZIONE: CONFRONTO TRA TECNICHE DI MISURAZIONE SENZA CONTATTO PER IL RILIEVO ARCHITETTONICO

—
NERF VS PHOTOMODELING: COMPARISON BETWEEN NON-CONTACT MEASUREMENT TECHNIQUES FOR ARCHITECTURAL SURVEY

Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Emilio Stranieri

54

VPL-TO-HBIM: MODELLAZIONE PARAMETRICA PER LA GESTIONE E LA RAPPRESENTAZIONE DI VOLTE COMPOSTE ADATTIVE

VPL-TO-HBIM: PARAMETRIC MODELING FOR THE MANAGEMENT AND REPRESENTATION OF ADAPTIVE COMPOUND VAULTS

Fabrizio Natta

68

HBIM PER LA FRUIZIONE DI MUSEI E LUOGHI DELLA CULTURA. MODELLAZIONE INFORMATA E VR PER LA PINACOTECA CIVICA DI ANCONA

HBIM FOR MUSEUMS AND CULTURAL SITES EXPERIENCE. INFORMATION MODELING AND VR FOR THE CIVIC ART GALLERY OF ANCONA

Paolo Clini, Ramona Quattrini, Renato Angeloni

82

APPROCCIO OPENHBIM PER LA DIGITALIZZAZIONE DEL QUADRO FESSURATIVO NELL'EDILIZIA STORICA

OPENHBIM APPROACH FOR THE DIGITALISATION OF CRACK PATTERN IN HISTORICAL BUILDINGS

Tatiana Zanni, Carlo Zanchetta, Maria Rosa Valluzzi

96

APPLICAZIONI DEL BIM PER LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO CONTEMPORANEO

APPLICATIONS OF BIM FOR THE ENHANCEMENT OF CONTEMPORARY ARCHITECTURAL HERITAGE

Nicola Rossi, Michele Buldo, Antonella Musicco, Riccardo Tavolare, Cesare Verdoscia

108

ECOSISTEMI INFORMATIVI E HBIM. LA GESTIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO CULTURALE DAL RILIEVO AL FACILITY MANAGEMENT

INFORMATIVE ECOSYSTEMS AND HBIM. CULTURAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE MANAGEMENT FROM SURVEYING TO FACILITY MANAGEMENT

Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Claudia Cerbai, Filippo Cornacchini, Stefano Bertocci

122

VPL PER SCAN2BIM DI VOLTE ARCHITETTONICHE COMPLESSE: UN APPROCCIO MULTI-SOFTWARE

VPL FOR SCAN2BIM OF COMPLEX ARCHITECTURAL VAULTS: A MULTI-SOFTWARE APPROACH

Andrea Sterpin, Marco Medici, Francesco Axel Pio Romio

138

VIRTUAL STORE. VISUAL DESIGN E CULTURAL HERITAGE

VIRTUAL STORE. VISUAL DESIGN AND CULTURAL HERITAGE

Lorena Greco, Serena Degl'Innocenti

154

HBIM E APPARATI DECORATIVI SCULTOREI IN STRUTTURE COMPLESSE

HBIM AND SCULPTURAL DECORATIVE APPARATUS IN COMPLEX STRUCTURES

Laura Farroni, Marta Faienza, Francesca Ferrara, Matteo Flavio Mancini

168

OTTIMIZZAZIONE DEL MONITORAGGIO DEL CANTIERE CON NUVOLE DI PUNTI E BIM

SITE MONITORING OPTIMIZATION WITH POINT CLOUDS AND BIM

Chiara Gragnaniello, Antonio Salzano, Domenico Asprone,
Maurizio Nicolella

184

HBIM, VISUAL PROGRAMMING E FACILITY MANAGEMENT. SPERIMENTAZIONI PER LA BIBLIOTECA DELLA GALLERIA NAZIONALE DELL'UMBRIA.

HBIM, VISUAL PROGRAMMING AND FACILITY MANAGEMENT. EXPERIMENTS FOR THE LIBRARY OF THE NATIONAL GALLERY OF UMBRIA.

Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Matilde Cozzali

196

AKHTALA: IL COLORE ARMENO

AKHTALA: THE ARMENIAN COLOUR

Marco Carpiceci, Antonio Schiavo, Fabio Colonnese, Rachele Zanone

210

CONDIVISIONE DATI E INTEROPERABILITÀ. UN METODO DI INSEGNAMENTO

*DATA SHARING & INTEROPERABILITY.
A TEACHING METHOD*

Leonardo Paris, Maria Laura Rossi

224

MODELLI GRAFICO-GEOMETRICI PER COMPRENDERE LA CHIESA DI SAN BERNARDO ALLE TERME IN ROMA

*GRAPHIC-GEOMETRIC MODELS FOR THE
UNDERSTANDING THE CHURCH OF S. BERNARDO ALLE
TERME IN ROME*

Elena Ippoliti, Noemi Tomasella, Flavia Camagni, Alessandro Renzi,
Davide Poleggi, Flavia Virgilio

240

MODELLI AUMENTATI PER LA COMUNICAZIONE DELLA CHIESA DI SAN BERNARDO ALLE TERME IN ROMA

*AUGMENTED MODELS FOR COMMUNICATION OF THE
CHURCH OF SAN BERNARDO ALLE TERME IN ROME*

Elena Ippoliti, Flavia Camagni, Noemi Tomasella, Lodovico Vallorani,
Anne Soare, Gabriele Spallotta

256

BIM, GIS E VIRTUAL REALITY: CASO STUDIO DEL PROGETTO “CASA LONTANO DA CASA”

*BIM, GIS AND VIRTUAL REALITY: CASE STUDY OF THE
“HOME AWAY FROM HOME” PROJECT*

Antonio Maria Nese, Nicola Orlacchio, Fabio Zollo

270

SPERIMENTAZIONI DI MODELLAZIONE HBIM REALITY-BASED PER LA DOCUMENTAZIONE E CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO. IL CASO STUDIO DELLA PIEVE DI CORSIGNANO A PIENZA

*EXPERIMENTATIONS OF REALITY-BASED HBIM MODELING
FOR THE DOCUMENTATION AND CONSERVATION OF
ARCHITECTURAL HERITAGE. THE CASE STUDY OF THE
PARISH CHURCH OF CORSIGNANO IN PIENZA.*

Giovanni Pancani, Matteo Bigongjari, Andrea Lumini

282

SPERIMENTAZIONI DI MODELLAZIONE HBIM REALITY-BASED PER LA DOCUMENTAZIONE E CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO. IL CASO STUDIO DELLA PIEVE DI CORSIGNANO A PIENZA

EXPERIMENTATIONS OF REALITY-
BASED HBIM MODELING FOR THE
DOCUMENTATION AND CONSERVATION
OF ARCHITECTURAL HERITAGE. THE
CASE STUDY OF THE PARISH CHURCH OF
CORSIGNANO IN PIENZA.

AUTHORS

Giovanni Pancani, Matteo Bigongiari, Andrea Lumini

Università di Firenze - Dipartimento di Architettura (DIDA)

EMAIL

giovanni.pancani@unifi.it, matteo.bigongiari@unifi.it, andrea.lumini@unifi.it

BIM
SCAN-TO-BIM
PARAMETRIC MODELING
REALITY-BASED DATA ACQUISITION
DOCUMENTATION & CONSERVATION

ABSTRACT

Il contributo presenta attraverso il caso studio della Pieve di Corsignano a Pienza alcune strategie e processi di traduzione dei dati strumentali reality-based in modelli informativi parametrici HBIM a supporto di attività di documentazione, diagnostica e conservazione del Patrimonio Architettonico.

The paper presents through the case study of the Pieve di Corsignano in Pienza some strategies and processes of translating reality-based instrumental data into parametric HBIM information models to support activities of documentation, diagnostics and conservation of Architectural Heritage.

INTRODUZIONE

Questo contributo intende descrivere una serie di applicazioni sperimentali per individuare strategie metodologiche nella modellazione HBIM di elementi architettonici complessi e irregolari, tipici del Patrimonio Architettonico italiano. In particolare, vengono esaminate le potenzialità e le criticità di un approccio BIM combinato con tecniche di acquisizione dati *reality-based* per supportare la documentazione, l'analisi e la conservazione dell'architettura storica. Il caso studio considerato è la Pieve dei Santi Vito e Modesto a Corsignano (SI), un'architettura plebana situata vicino a Pienza. Il *workflow* metodologico ha previsto operazioni preliminari e propedeutiche ai processi HBIM, integrando indagini documentarie e campagne di rilievo digitale e analisi diagnostiche per documentare la geometria e lo stato di conservazione del manufatto. I dati raccolti in queste fasi iniziali hanno costituito la base per le successive elaborazioni HBIM di modellazione e analisi parametrica. L'obiettivo di questo studio è stato dunque individuare una metodologia replicabile in ambito HBIM per sintetizzare e rendere virtualmente fruibili i dati raccolti all'interno di un contenitore intelligente e interrogabile.

IL CASO STUDIO: LA PIEVE DI CORSIGNANO A PIENZA

La Pieve di Corsignano, citata per la prima volta nel 715 d.C. come San Vito a Rutiliano, è stata oggetto nel corso dei secoli di numerosi rifacimenti, che l'hanno portata ad assumere l'attuale aspetto romanico con influenze lombardo-ravennate. La chiesa presenta una pianta basilicale a tre navate senza absidi, con pilastri quadrangolari e coperture a spioventi con capriate lignee. L'esterno, principalmente in arenaria e pietra tufacea locale, presenta elementi caratteristici come l'imponente torre campanaria cilindrica con lesene e ampie monofore, inglobata nella

Introduction

This paper aims to describe a series of experimental applications to identify methodological strategies for the HBIM modeling of complex and irregular architectural elements, which are typical of the Italian Architectural Heritage. In particular, the potentialities and criticalities of a BIM approach combined with reality-based data acquisition techniques to support the documentation, analysis, and conservation of historic architecture are examined. The case study considered is the Parish Church of Saints Vito and Modesto in Corsignano (SI), a plebian architecture located near Pienza. The methodological workflow involved preliminary and preparatory operations for HBIM processes, integrating documentary surveys, digital survey campaigns and diagnostic analysis to document the geometry and state of preservation of the building. The data collected in these initial phases provided the basis for subsequent HBIM parametric modeling and parametric analysis. Thus, the objective of this study was to identify a replicable methodology in the HBIM framework to synthesize and make virtually exploitable the collected data within an intelligent, queryable repository.

The case study: the Parish Church of Corsignano in Pienza

The Parish Church of Corsignano, first mentioned in 715 A.D. as San Vito in Rutiliano, has undergone many renovations over the centuries, leading to its present Romanesque appearance with Lombard-Ravenna influences. The church has a three-nave basilica plan without apses, with quadrangular pillars



facciata a salienti. Il portale principale, situato al centro della facciata, è ornato in stile lombardo e sormontato da una bifora con capitello a gruccia sorretto da una figura femminile. Sul lato destro è presente un altro portale più piccolo ma simile per decorazione. Sotto la navata destra si trova una piccola cripta absidata, coperta da volte a crociera sorrette da una colonna centrale [1] (Fig. 1).

Infine, da una rapida analisi delle strutture murarie, è possibile constatare l'evidenza di numerosi rifacimenti dovuti all'iniziale ingrandimento delle prime strutture realizzate nella costruzione della pieve e al collasso delle strutture absidali, le cui fondazioni sono state scoperte durante scavi recenti. Ad ogni modo, future analisi storiche più approfondite potranno ulteriormente chiarire l'evoluzione della pieve [2].

RILIEVO DIGITALE INTEGRATO

Il rilievo architettonico digitale della Pieve di Corsignano ha previsto l'adozione di specifiche metodologie che potessero supportare le successive sperimentazioni in ambiente BIM. Per questo motivo è stata portata avanti una campagna di rilievi che integrasse differenti sistemi

Fig. 1: Foto di inquadramento della Pieve di Corsignano a Pienza e dei suoi ambienti principali (fotografie degli autori)

Fig. 1: Framing photos of the Parish Church of Corsignano in Pienza and its main areas (authors' photographs)

and pitched roofs with wooden trusses. The exterior, mainly of sandstone and local tuff stone, has characteristic elements such as the imposing cylindrical bell tower with pilasters and wide single lancet windows, incorporated into the salient facade. The main portal, located in the center of the facade, is ornamented in Lombard style and surmounted by a mullioned window with a crutch capital supported by a female figure. On the right side is another smaller but similar portal in decoration. Under the right aisle is a small apsidal crypt, covered by cross vaults supported by a central column [1] (Fig. 1).



di acquisizione *reality-based*, utilizzando sia strumentazioni range-based che *image-based*. L'utilizzo integrato di laser scanner, droni e fotocamere oggi consente infatti, sia di ottenere un modello quanto più completo delle superfici difficilmente misurabili da terra, come ad esempio le coperture, sia di riunire in un unico sistema i dati morfologici altamente affidabili ottenuti attraverso il sensore di uno scanner 3D, con i dati colorimetrici acquisiti dalla fotogrammetria *close-range* [3].

Nel caso in esame, le circa 70 scansioni, acquisite mediante uno strumento Faro Focus M70, sono state preliminarmente allineate tra loro, e successivamente registrate insieme ai risultati ottenuti dalle campagne fotogrammetriche, in modo da ottenere una singola nuvola di punti globale comprendente l'intero complesso architettonico in ogni sua componente. Successivamente, a seguito di consolidati protocolli di verifica sugli eventuali errori di disallineamento presenti nella nuvola di punti registrata [4] [5], è stata certificata l'affidabilità di quest'ultima, con errori massimi pari a 10 mm (Fig. 2).

La fase successiva ha riguardato infine l'approfondimento di modelli fotogrammetrici del complesso architettonico adeguatamente scalati e orientati secondo le coordinate e dimensioni ricavate dalla nuvola di punti

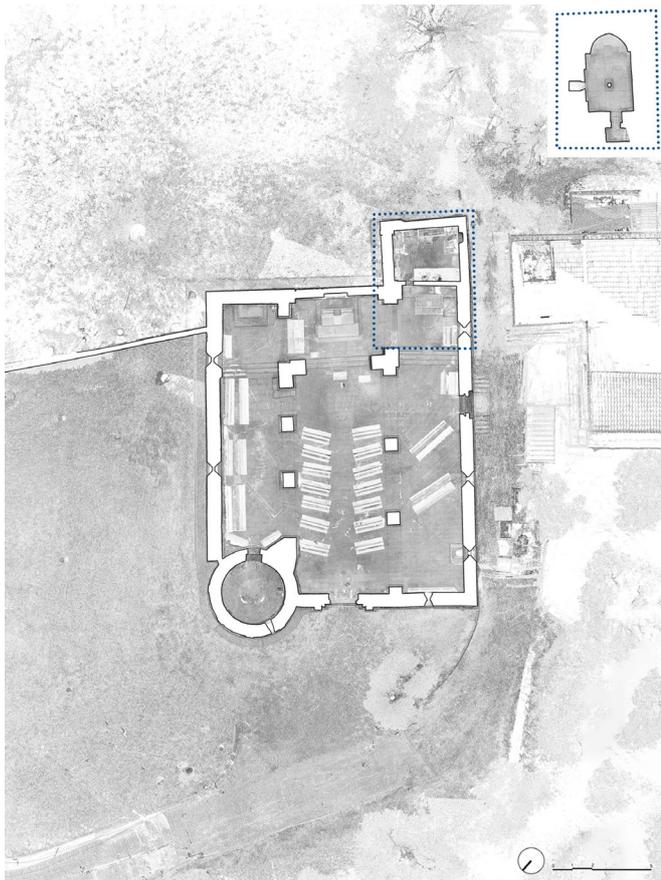
Fig. 2: Risultati delle acquisizioni dati reality-based; da sinistra in senso orario: nuvola di punti laser scanner e fotogrammetrica integrata; modello fotogrammetrico mappato con texture; nuvola di punti laser scanner

Fig. 2: Results of reality-based data acquisitions; clockwise from left: integrated laser scanner and photogrammetric point cloud; texture-mapped photogrammetric model; laser scanner point cloud

Finally, a quick analysis of the wall structures shows evidence of numerous reconstructions due to the initial enlargement of the first structures built during the construction of the church and the collapse of the apsidal structures, the foundations of which were discovered during recent excavations. In any case, future more in-depth historical analyses may further clarify the evolution of the parish [2].

Integrated digital survey

The digital architectural survey of the Parish Church of Corsignano involved



globale. Da questi è stato così possibile non solo estrarre i fotopiani dei vari prospetti –che diverranno il supporto grafico per la creazione delle *texture* del modello– ma anche ricavare modelli *mesh* di dettaglio, come ad esempio i portali decorati esterni, implementabili come componenti locali in ambiente BIM [6] (Fig. 3).

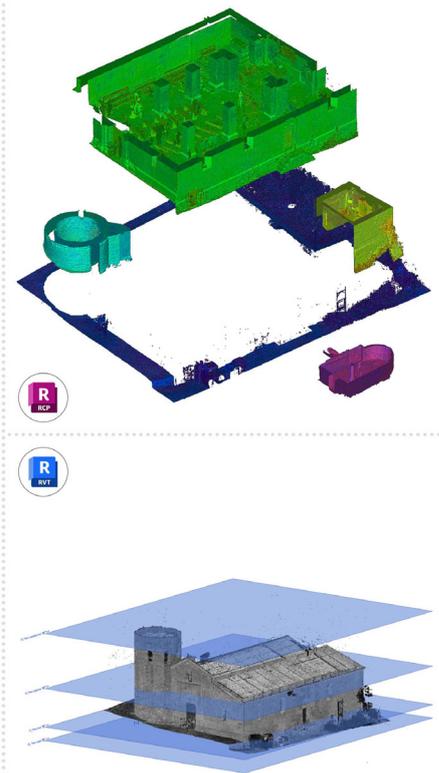
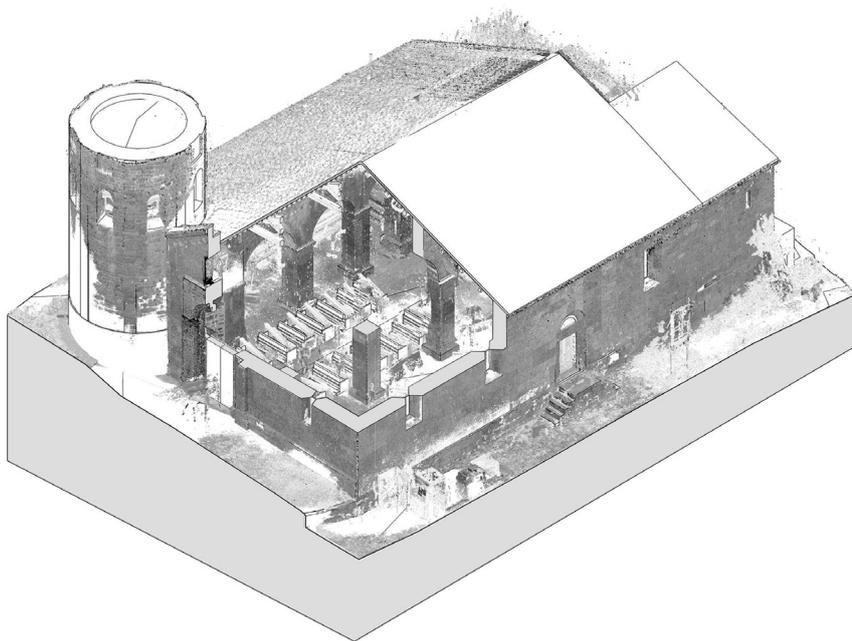
PROCEDURE DI MODELLAZIONE HBIM

La notevole eterogeneità semantica e la complessità geometrica degli elementi architettonici che compongono la Pieve di Corsignano, pur contrastando con il canonico approccio standardizzato del BIM, ha permesso di testare processi e strategie metodologiche finalizzate alla traduzione del dato metrico strumentale in modelli parametrici e informativi [7] [8]. La prima fase di digitalizzazione BIM della pieve ha riguardato l'implementazione dei dati *reality-based* all'interno dell'ambiente di Autodesk Revit, il *software* di BIM-*authoring* scelto per questo progetto. Al suo interno poi, sfruttando l'interoperabilità con Autodesk Recap Pro, è stato possibile inserire la nuvola di punti elaborata dal rilievo digitale. In particolare, per ottimizzare la gestione di questi dati, la nuvola di punti è stata preventi-

Fig. 3: Elaborati grafici bidimensionali ottenuti dal trattamento dei dati di rilievo reality-based

Fig. 3: Two-dimensional graphical elaborations obtained from the treatment of reality-based survey data

the adoption of specific methodologies that could support subsequent experimentations in the BIM environment. For this reason, a survey campaign was carried out integrating different reality-based acquisition systems, using both range-based and image-based instrumentation. In fact, the integrated use of laser scanners, drones, and cameras today makes it possible both to obtain as complete a model as possible of surfaces that are difficult to measure from the ground, such as roofs, and to bring together in a single system highly reliable morphological data obtained through the sensor of a 3D scanner, with colori-



vamente destrutturata e suddivisa in più regioni secondo le principali unità funzionali del complesso: contesto esterno, torre campanaria, chiesa, sagrestia e cripta (Fig. 4). A conclusione di questa prima fase preliminare sono stati poi definiti i LOD con cui impostare i successivi processi di modellazione BIM. In particolare, facendo riferimento alla normativa UNI 11337-4:2017 è stata prevista l'adozione di un Livello di Sviluppo pari a D e un Livello di Accuratezza pari al LOA20 (15-50 mm) [9] [10].

La fase successiva si è concentrata invece sulla modellazione HBIM del complesso architettonico. In particolare, per la creazione dei vari HBOMs [11], sono stati prima suddivisi i componenti presenti secondo la complessità morfologica e replicabilità tipologica, e conseguentemente sono stati poi applicati diversi approcci di traduzione HBIM del dato *reality-based*: adattamento parametrico di famiglie di sistema, creazione di famiglie parametriche e adattive *ad-hoc*, modellazione locale e inserimento di modelli *mesh* fotogrammetrici (Fig. 5).

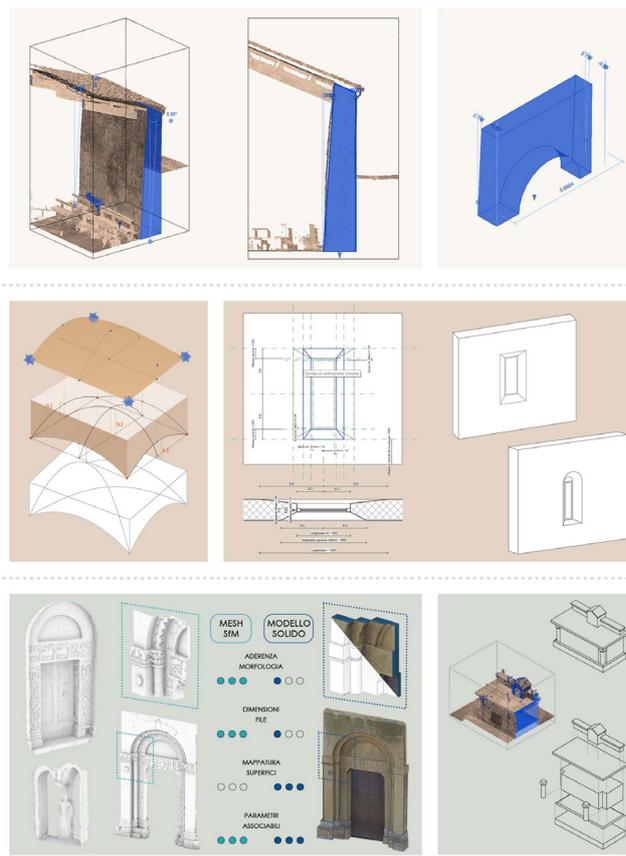
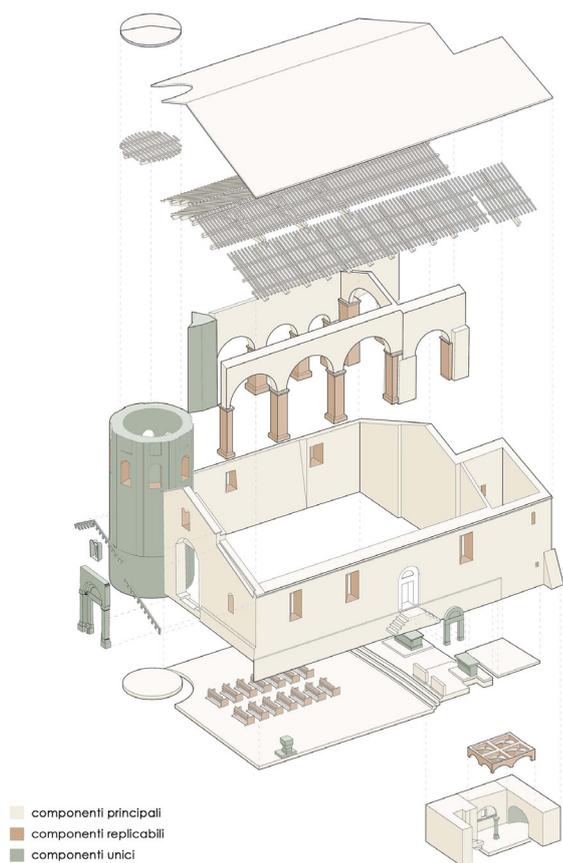
Per quanto riguarda i componenti architettonici principali (murature, solai, coperture, scale, capriate e travi), sono stati adattati i parametri dimensionali presenti nelle varie famiglie native di sistema ai dati metrici della nuvola di punti secondo tecniche Scan-to-BIM. Ad esempio, per risolvere la problematica dei fuori-piombo di alcune

Fig. 4: Fasi preliminari di modellazione Scan-to-BIM; da sinistra in senso orario: delimitazione e semplificazione della nuvola di punti laser scanner; suddivisione della nuvola di punti in regioni semanticamente uniformi; impostazione dei piani di livello

Fig. 4: Preliminary steps of Scan-to-BIM modeling; clockwise from left: delineation and simplification of the laser scanner point cloud; subdivision of the point cloud into semantically uniform regions; setting of level planes

metric data acquired from close-range photogrammetry [3].

In the present case, the about 70 scans, acquired by means of a Faro Focus M70 instrument, were preliminarily aligned with each other, and then registered together with the results obtained from the photogrammetric campaigns, so as to obtain a single global point cloud including the entire architectural complex in all its components. Subsequently, following established verification protocols on any misalignment errors present



murature è stato sfruttato il tipo di “muro a sezione variabile”, mediante il quale è stato possibile gestire l’inclinazione delle superfici murarie attraverso dei punti di controllo posti alle estremità del solido (Fig. 5a).

Per quanto riguarda i componenti architettonici ripetibili (pilastri, finestre, arredo, aperture, arcate e volte) sono state invece create specifiche famiglie parametriche [12]. In tal senso, per ricostruire ad esempio le geometrie irregolari delle quattro volte a crociera a monta rialzata che coprono la cripta, è stata creata una famiglia basata su un “modello generico metrico adattivo” [13]. La volta a crociera è stata così scomposta geometricamente in due volte a botte, e per ciascuna di queste è stato creato un volume di sottrazione generato da un’unione di tre archi successivi (iniziale, mediano, finale), dotati di parametri dimensionali di istanza e aventi come vertici dei punti adattivi. In questo modo, per ogni volta a crociera, sottraendo dal solido di copertura i vuoti sviluppati dai volumi di sottrazione delle due volte a botte, e definendo i vari piani di imposta irregolari mediante i punti adattivi, è stato possibile garantire, per ognuna delle superfici voltate, un’aderenza accurata rispetto alla nuvola di punti (Fig. 5b).

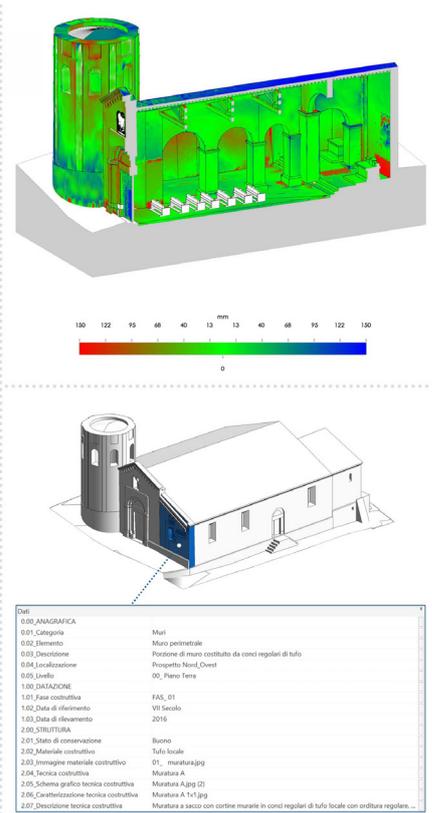
Per quanto riguarda infine i componenti unici presenti (portali decorati esterni, archetti pensili di facciata, alta-

Fig. 5: Sperimentazioni di modellazione HBIM; da sinistra in senso orario: esploso assometrico del complesso architettonico; metodologia di modellazione dei componenti principali (a); metodologia di modellazione dei componenti replicabili (b); estrazione di mesh e modelli semplificati per i componenti unici (c)

Fig. 5: HBIM modeling experimentations; clockwise from left: axonometric exploded view of the architectural complex; major component modeling methodology (a); replicable component modeling methodology (b); mesh extraction and simplified models for unique components (c)

in the registered point cloud [4] [5], the reliability of the latter was certified, with maximum errors of 10 mm (Fig. 2).

The next phase involved in-depth photogrammetric models of the architectural complex properly scaled and oriented according to the coordinates and dimensions obtained from the global point cloud. From these it was thus possible not only to extract the photoplans of the various elevations – which will



ri, fonte battesimale, abside a semicupola e colonna della cripta, statua e torre campanaria) sono state impiegate invece differenti strategie basate su modelli locali e superfici *mesh* fotogrammetriche [14]. In particolare per i portali esterni sono state sperimentate due procedure di ricostruzione HBIM aventi differenti output: la prima, basata sull’inserimento del modello *mesh* sviluppato dal rilievo fotogrammetrico, ha permesso di ottenere un gemello digitale fedele all’originale per quanto riguarda la morfologia geometrica, ma privo di proprietà qualitative e materiche, data l’impossibilità all’interno di Revit di mappare con *texture* esterne le superfici *mesh* importate; la seconda procedura, al contrario, ha previsto invece l’utilizzo di “modelli locali” per la creazione dei vari elementi che compongono i portali. In questo caso, i solidi sviluppati tramite estrusioni e unioni, hanno generato dei modelli geometricamente semplificati e privi degli elementi decorativi, alle cui superfici però è stato possibile applicare le varie *texture* estratte dai fotopiani (Fig. 5c).

Successivamente alla fase di modellazione, è stato poi valutato il valore di deviazione tra il modello parametrico HBIM e quello numerico e reale relativo alla nuvola di punti, risultando conforme alla tolleranza prevista dal LOA20 (Fig. 6b). Infine, l’ultimo step di questa fase ha riguardato la mappatura delle varie superfici con speci-

Fig. 6: Ricostruzione HBIM della Pieve di Corsignano; da sinistra in senso orario: modello HBIM mappato con le texture estratte dai fotopiani (a); verifica degli scostamenti tra modello e nuvola di punti (b); data-enrichment informativo degli HBOMs (c)

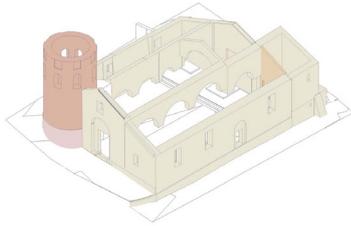
Fig. 6: HBIM reconstruction of the Parish Church of Corsignano; clockwise from left: HBIM model mapped with textures extracted from photoplanes (a); verification of deviations between model and point cloud (b); informative data-enrichment of HBOMs (c)

become the graphic support for the creation of the model textures – but also to obtain detailed mesh models, such as the decorated exterior portals, which can be implemented as local components in the BIM environment [6] (Fig. 3).

HBIM modeling procedures

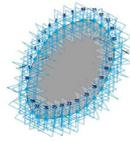
The remarkable semantic heterogeneity and geometric complexity of the architectural elements that make up the Parish Church of Corsignano, while contrasting with the canonical standardized approach of BIM, allowed the testing of

ANALISI TECNICHE COSTRUTTIVE



ABACO TECNICHE COSTRUTTIVE					
Attivo	Tecnica	Materiale	Immagine	Descrizione	Descrizione
Muratura A	Tutto locale			Muratura a tutto con soffitti in muratura a tutto locale. All'interno muratura di mattoni.	
Muratura B	Fianchi piloni di Fianchi			Muratura a tutto con soffitti in muratura a tutto locale. All'interno muratura di mattoni.	
Muratura C	Fianchi piloni di Fianchi			Muratura a tutto con soffitti in muratura a tutto locale. All'interno muratura di mattoni.	
Muratura D	Tutto locale			Muratura a tutto con soffitti in muratura a tutto locale. All'interno muratura di mattoni.	

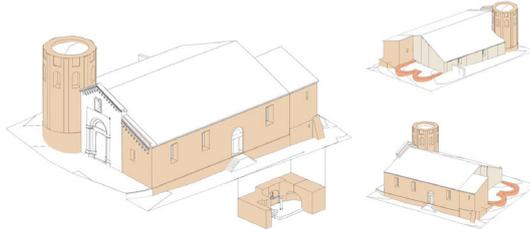
ANALISI DEGRADI



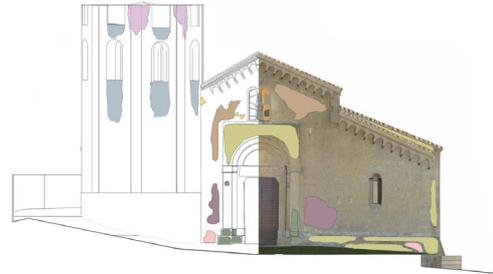
DEGRADO ADATTIVO	
Modelli generati	
0101_PANORAMICA	Facciate
0102_DISEGNO	Prospetto Nord-Ovest
0103_CADASTRO	
1100_GIAZAZIONE	
1101_CADASTRO	2023
2100_STRUTTURA	Tutto locale
2101_MATERIALE COSTRUTTIVO	
2102_CATEGORIA	
3101_MATERIALE DEGRADO	Assunto di materiali estranei di varie nature, sp...
3102_Spazio degradato	Decorazioni superficiali
3103_Rettore degradato	CGI_RAI_Degradato superficie.png
3104_Innervitura degradata	CGI_Degradato superficie.png



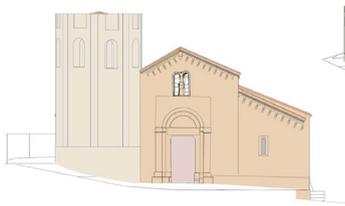
ANALISI FASI EVOLUTIVE



ABACO FASI EVOLUTIVE	
Attivo	Descrizione Fase
XII secolo	
XIII secolo	
XIV secolo	



ANALISI MATERIALI



ABACO MATERIALI			
Attivo	Immagine	Materiale	Area m²
		Tutto locale	17,67 m²
		Fianchi piloni di Fianchi	11,58 m²
		Laterizi	4,21 m²
		Vetro	0,12 m²
		Legno	0,50 m²

ABACO DEGRADI					
Attivo	Tipologia	Materiale	Immagine	Area m²	Data Rilasciamento
	Abolizione	Tutto locale		3,16 m²	2023
	Catolico	Tutto locale		8,04 m²	2023
	Decorazioni superficiali	Tutto locale		3,89 m²	2023
	Erosione	Tutto locale		2,24 m²	2023

ABACO DEGRADI					
Attivo	Tipologia	Materiale	Immagine	Area m²	Data Rilasciamento
	Innovazione	Tutto locale		2,45 m²	2023
	Pavimento	Tutto locale		0,61 m²	2023
	Pavimento biologico	Tutto locale		8,23 m²	2023
	Sculpture	Tutto locale		0,13 m²	2023

fici materiali dotati di *texture* estratte dai fotogrammi fotogrammetrici. In questo modo è stato possibile arricchire il modello geometrico e informativo fedelmente ricostruito in ambiente BIM, anche con rappresentazioni 3D delle mappature materiche reali, rendendolo così un asset adatto anche per finalità di tipo diagnostico e di fruizione virtuale [15] (Fig. 6a).

ARRICCHIMENTO INFORMATIVO HBIM E OUTPUT APPLICATIVI

La ricostruzione virtuale del complesso architettonico portata avanti secondo principi metodologici HBIM ha prodotto un suo gemello digitale fedele e suddiviso secondo le varie componenti architettoniche, formando un vero e proprio archivio di dati geometrici a cui associare molteplici ed eterogenei contenuti informativi [16].

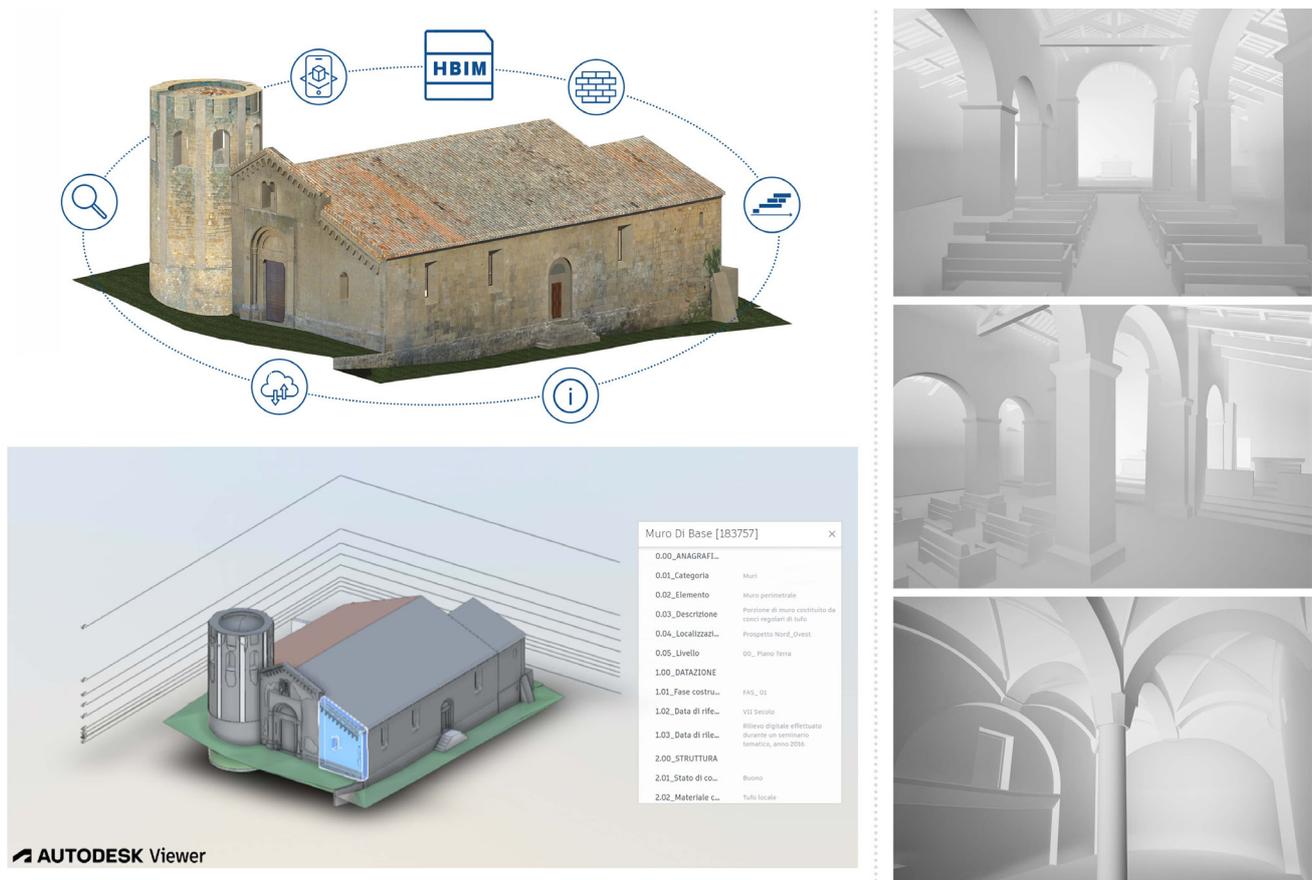
In tal senso, facendo riferimento a pregresse sperimentazioni di data-enrichment di modelli informativi HBIM [17], è stata strutturata una schedatura da associare alle varie istanze e dotata di parametri specifici destinati alla registrazione di ogni caratteristica a livello architettonico, storico e tecnologico. In particolare, sono stati predisposti

Fig. 7: Applicazioni HBIM a supporto di analisi storico-diagnostiche; da sinistra a destra: rappresentazioni e tabelle tematiche per tecniche costruttive, fasi evolutive e materiali (a); approfondimento sulla mappatura dei degradi direttamente in ambiente HBIM (b)

Fig.7: HBIM applications to support historical-diagnostic analysis; from left to right: thematic representations and schedules for construction techniques, evolutionary phases, and materials (a); in-depth exploration of decay mapping directly in the HBIM environment (b)

methodological processes and strategies aimed at translating instrumental metric data into parametric and informative models [7] [8].

The first phase of BIM digitization of the Parish Church involved the implementation of reality-based data within the Autodesk Revit environment, the BIM-authoring software chosen for this project. Then, within it, exploiting interoperability with Autodesk Recap Pro,



appositi ‘parametri condivisi’ per ogni elemento, catalogandoli secondo le seguenti macro-categorie: anagrafica, datazione, struttura e diagnostica. Questi parametri testuali e grafici, come ad esempio descrizioni, fasi e tecniche costruttive, stato di conservazione, materiali o tipologie di degrado, hanno così permesso non solo di arricchire informativamente la banca dati del modello HBIM rendendola eventualmente interrogabile, ma anche di predisporre come base per lo sviluppo di abachi tematici, computi tecnici e rappresentazioni grafiche (Fig. 6c).

Inoltre, partendo dai metadati informativi associati ai vari elementi e sfruttando i cosiddetti ‘filtri grafici’, è stato possibile creare delle specifiche viste di progetto descrittive dei risultati delle analisi sui materiali, sulle tecniche costruttive e sulle fasi evolutive del complesso, rendendo così il modello eventualmente interoperabile con ulteriori attori del processo edilizio. Ad ognuna di queste rappresentazioni grafiche è stato poi possibile associare una serie di abachi descrittivi e quantitativi utili per sintetizzare i risultati e computare dettagliatamente, ad esempio, le superfici murarie caratterizzate da un determinato materiale (Fig. 7a).

Per quanto riguarda invece la mappatura dei degradi presenti, riprendendo parte dei risultati ottenuti da altri

Fig. 8: Prospettive di utilizzo del modello HBIM per finalità di fruizione virtuale a supporto di attività di restauro, conservazione o divulgazione; da sinistra in senso orario: digital-twin HBIM; viste interne del modello; implementazione del modello nella piattaforma online Autodesk Viewer

Fig. 8: Perspectives of using the HBIM model for virtual use purposes to support restoration, preservation or dissemination activities; clockwise from left: HBIM digital-twin; internal views of the model; implementation of the model in the online Autodesk Viewer platform

it was possible to insert the point cloud processed from the digital survey. In particular, to optimize the management of this data, the point cloud was previously deconstructed and divided into several regions according to the main functional units of the complex: external context, bell tower, church, sacristy and crypt (Fig. 4). At the conclusion of this first preliminary phase, LODs were then defined with which the subsequent BIM modeling processes were set up. In par-

studi sulla tematica [18] [19], è stata testata una metodologia interamente condotta in ambiente BIM. Contrariamente ai tradizionali sistemi di mappatura basati sulla restituzione CAD dei degradi sui fotopiani, o sulla implementazione di quest'ultimi come allegati grafici o *link* al modello HBIM, si è cercato in questo caso di predisporre una procedura che consentisse di lavorare direttamente sul modello HBIM texturizzato. Per fare ciò è stata creata un'apposita famiglia parametrica basata su un 'modello metrico adattivo'. La forma creata, composta da 30 punti adattivi, e che quindi può assumere diverse e complesse conformazioni, permette di mappare come una polilinea 3D le forme di degrado direttamente su tutte le tipologie di superfici –in particolare anche curve– del modello HBIM texturizzato. Questo procedimento consente dunque non solo di creare componenti-degrado eventualmente visibili in tutte le viste –e non solo in 2D come le procedure canoniche– ma anche di attribuirvi parametri diagnostici (come retini, immagini, tipologie, materiali, superfici e interventi) inseribili direttamente in specifici abachi o computi metrico-estimativi (Fig. 7b).

La vasta banca dati ottenuta da queste sperimentazioni HBIM ha poi condotto la ricerca verso l'individuazione di modalità per rendere i risultati dei rilievi, delle analisi e delle modellazioni, fruibili anche al di fuori del solo ambiente BIM, con lo scopo di renderle dei supporti informativi per attività di restauro, conservazione o divulgazione [20]. In tal senso, è stata sfruttata la piattaforma *online* Autodesk Viewer, la quale, una volta caricato il modello HBIM, permette di visualizzare e interagire con i vari componenti parametrici e di interrogarne i metadati informativi associati. Questa soluzione, inoltre, consente di condividere rapidamente e in sicurezza l'intero database BIM tramite *link* o QR-code, garantendo l'accesso da qualsiasi dispositivo *online* e l'eventuale revisione delle informazioni da parte dei vari utenti, facilitando così la collaborazione e la gestione dei dati (Fig. 8).

CONCLUSIONI

Le esperienze condotte su questo caso studio hanno dunque permesso di evidenziare come in ambiente HBIM l'impostazione di protocolli di modellazione misti e basati su tecniche di rilievo digitale integrato, offra soluzioni efficaci per documentare, analizzare e conservare complessi architettonici storici con elementi irregolari e unici. I risultati di queste sperimentazioni vanno quindi ad inserirsi nell'ampio e aperto dibattito sull'HBIM, e

particolare, referring to the UNI 11337-4:2017 standard, a Development Level equal to D and an Accuracy Level equal to LOA20 (15-50 mm) [9] [10] were adopted.

The next phase focused instead on HBIM modeling of the architectural complex. Specifically, for the creation of the various HBOMs [11], the components present were first divided according to morphological complexity and typological replicability, and consequently different HBIM translation approaches of the reality-based data were then applied: parametric adaptation of system families, creation of parametric and adaptive ad-hoc families, local modeling, and insertion of photogrammetric mesh models (Fig. 5).

Regarding the main architectural components (masonry, floors, roofs, stairs, trusses and beams), dimensional parameters present in the various native system families were adapted to the point cloud metric data according to Scan-to-BIM techniques. For example, to solve the out-of-plumb problem of some masonry, the "variable section" masonry type was exploited, by means of which it was possible to manage the inclination of masonry surfaces through control points placed at the ends of the solid (Fig. 5a).

For repeatable architectural components (pillars, windows, furniture, openings, arches, and vaults), on the other hand, specific parametric families were created [12]. In this sense, to reconstruct, for example, the irregular geometries of the four cross-ribbed vaults covering the crypt, a family was created based on an "adaptive generic metric model" [13]. The cross vault was thus geometrically decomposed into two barrel vaults, and for each of these a subtraction volume was created generated by a union of three successive arcs (initial, middle, final), endowed with instance dimensional parameters and having adaptive points as vertices. In this way, for each vaulted vault, by subtracting the voids devel-

contestualmente si pongono come punto di partenza per approfondire anche ulteriori tematiche inerenti non solo la modellazione parametrica dei dati rilevati, ma anche il data-enrichment informativo dei modelli HBIM a supporto di interventi di conservazione e restauro.

Dal punto di vista metodologico la presente ricerca ha inoltre inteso fornire ulteriori spunti operativi BIM dedicati ad analisi materico-diagnostiche basate su mappature parametriche e abachi/computi informativi, allo scopo di facilitare digitalmente la corretta impostazione di progetti di manutenzione e conservazione di architetture afferenti al Patrimonio Culturale.

Infine, la sperimentazione condotta su una delle più recenti piattaforme di visualizzazione del dato parametrico 3D, ha consentito di approfondire la tematica della divulgazione dei contenuti del Patrimonio Architettonico, predisponendo la condivisione delle informazioni BIM sia con gli attori del processo edilizio, sia ampliando le applicazioni per i fruitori turistici.

BIBLIOGRAFIA

[1] MANNUCCI, Giovanni Battista, (1925), *La pieve romanica di Corsignano a Pienza: ove fu battezzato Pio II*, Società Editrice Arte Cristiana, Milano.

[2] BARBACCI, Alfredo, (1934), *Sul fonte battesimale di Pio II e su alcuni avanzi romanici conservati nella pieve di Corsignano*, in *BOLLETTINO D'ARTE*, 27(3), 1933-1934.

[3] BIGONGIARI, Matteo, DELLABARTOLA, Gianlorenzo, (2023), *From architecture to model: methodologies and case studies for the digital reconstruction of the S. Croce complex, Florence*, in *3D MODELING & BIM - Soluzioni per il Cultural Heritage*, (102-113), EMPLER, Tommaso, CALDARONE, Adriana, FUSINETTI, Alexandra (Eds.), DEI s.r.l. TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE, Roma.

[4] PANCANI, Giovanni, (2016), *Piazza dei miracoli a Pisa: il Battistero. Metodologie di rappresentazione e documentazione digitale 3D*, Edifir, Firenze.

[5] BERTOCCHI, Stefano, ARRIGHETTI, Andrea, BIGONGIARI, Matteo, (2019), *Digital survey for the archaeological analysis and the enhancement of Gropina archaeological site*, in *HERITAGE*, 2(1), 848-856.

[6] PARRINELLO, Sandro, DELL'AMICO, Anna, (2021), *From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management*, in *From Building Information Mod-*

oped by the subtraction volumes of the two barrel vaults from the roof solid, and defining the various irregular skewback planes by means of the adaptive points, it was possible to ensure, for each of the vaulted surfaces, an accurate fit with respect to the point cloud (Fig. 5b).

Finally, with regard to the unique components present (exterior decorated portals, façade hanging arches, altars, baptismal font, half-dome apse and crypt column, statue and bell tower) different strategies based on local models and photogrammetric mesh surfaces were employed instead [14]. In particular, for the exterior portals, two HBIM reconstruction procedures with different outputs were experimented: the first, based on the insertion of the mesh model developed from the photogrammetric survey, allowed obtaining a digital twin faithful to the original in terms of geometric morphology, but lacking in qualitative and material properties, given the impossibility within Revit of mapping the imported mesh surfaces with external textures; the second procedure, on the contrary, involved the use of "local models" for the creation of the various elements that make up the portals. In this case, the solids, developed through extrusions and unions, generated geometrically simplified models without the decorative elements, to whose surfaces, however, it was possible to apply the various textures extracted from the photoplanes (Fig. 5c).

Following the modeling step, the deviation value between the parametric HBIM model and the numerical and real model related to the point cloud was then evaluated and found to be in accordance with the tolerance provided by LOA20 (Fig. 6b). Finally, the last step of this phase involved mapping the various surfaces with specific materials with textures extracted from the photogrammetric photoplans. In this way, it was possible to enrich the geometric and

elling to Mixed Reality, (pp. 89-108), BOLOGNESI, Cecilia Maria, VILLA, Daniele (Eds.), Springer, Cham.

[7] PANCANI, Giovanni, ARRIGHETTI, Andrea, GENTILI, Marta, (2019), La Pieve di Santa Maria a Buiano in Casentino. Rilievo, lettura archeologica e H-BIM delle architetture, in *ARCHEOLOGIA DELL'ARCHITETTURA*, XXIV, 157-176.

[8] INZERILLO, Laura, LO TURCO, Massimiliano, PARRINELLO, Sandro, SANTAGATI, Cettina, VALENTI, Graziano Maria, (2016), BIM and architectural heritage: towards an operational methodology for the knowledge and the management of cultural heritage, in *DISEGNARECON*, 9(16), pp. 16.1-16.9.

[9] ROSSI, Adriana, PALMIERI, Umberto, (2019), LOD per il patrimonio architettonico: la modellazione BIM per la fabbrica Solimene, in *DISÉGNO*, 1(4), 213-224.

[10] BIANCHINI, Carlo, POTESTÀ, Giorgia, (2021), BIM for built cultural heritage: semantic segmentation, architectural stratification and LOD of the Baptistery Of San Giovanni in Florence, in *From Building Information Modelling to Mixed Reality*, (pp. 1-15), BOLOGNESI, Cecilia Maria, VILLA, Daniele (Eds.), Springer, Cham.

[11] BIAGINI, Carlo, DONATO, Vincenzo, (2014), Building Object Models (BOMs) for the documentation of historical building heritage, in *Proceedings of EGraFIA 2014 - Revisiones del futuro, Previsiones del pasado*, (pp. 442-449), LOMONACO, Héctor Carlos, BARBA, Salvatore (Eds.), Rosario.

[12] APOLLONIO, Fabrizio Ivan, GAIANI, Marco, SUN, Zheng, (2012), BIM-based Modeling and Data Enrichment of Classical Architectural Buildings, in *SCIRES-IT*, 2(2), 41-62.

[13] DI LUGGO, Antonella, LANZARA, Emanuela, SCANDURRA, Simona, MUSELLA, Christian, PULCRANO, Margherita; PALOMBA, Daniela, ASPRONE, Domenico, (2021), Parametric modelling of vaults and shared implementation in HBIM systems, in *3D MODELING & BIM - Digital Twin*, (322-341), EMPLER, Tommaso, CALDARONE, Adriana, FUSINETTI, Alexandra (Eds.), DEI s.r.l. TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE, Roma.

[14] YANG, Xiucheng, LU, Yi-Chou, MURTIYOSO, Arnadi, KOEHL, Mathieu, GRUSSENMEYER, Pierre, (2019), HBIM modeling from the surface mesh and its extended capability of knowledge representation, in *ISPRS*, 8(7), 301.

[15] ORENI, Daniela, BRUMANA, Raffaella, DELLA TORRE, Stefano, BANFI, Fabrizio, Barazzetti, Luigi, PREVITALI, Mattia, (2014), Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila), in *ISPRS*, II-5, 267-273.

informational model faithfully reconstructed in the BIM environment, even with 3D representations of the actual material mappings, thus making it a suitable asset also for diagnostic and virtual fruition purposes [15] (Fig. 6a).

HBIM information enrichment and application outputs

The virtual reconstruction of the architectural complex carried out following HBIM methodological principles has produced its digital twin faithful and subdivided according to the various architectural components, forming a real archive of geometric data to which multiple and heterogeneous information contents can be associated [16].

In this sense, referring to previous experiences of data-enrichment of HBIM information models [17], a filing system was structured to be associated with the various instances and provided with specific parameters intended for the recording of each feature at the architectural, historical and technological levels. Specifically, appropriate “shared parameters” were prepared for each element, categorizing them according to the following macro-categories: anagraphic, dating, structure and diagnostic. These textual and graphical parameters, such as descriptions, construction phases and techniques, state of preservation, materials or types of decay, thus made it possible not only to informatively enrich the HBIM model database by making it eventually queryable, but also to set it up as a basis for the development of thematic schedules, technical computations and graphical representations (Fig. 6c).

Moreover, starting from the information metadata associated with the various elements and exploiting the so-called “graphic filters,” it was possible to create specific descriptive design views of the results of the analysis on materials, construction techniques and evolutionary phases of the complex, thus making the model possibly interoperable with other

[16] RACO, Fabiana, BALZANI, Marcello, PLANU, Fabio, TASSELLI, Nicola, (2022), Modellazione semantica HBIM per la rappresentazione digitale dell'intervento sul patrimonio esistente, in *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*, (pp. 2789-2804) BATTINI, Carlo, BISTAGNINO, Enrica (Eds.), FrancoAngeli, Milano.

[17] LUMINI, Andrea, (2023), The integrated digital survey of the Florence Air Warfare School. HBIM-based protocols for documentation and information management, in *DISEGNARECON*, 30(16), DW.1-DW.15.

[18] MALINVERNI, Eva Savina, MARIANO, Fabio, DI STEFANO, Francesco, Petetta, Leonardo, ONORI, Filippo, (2019), Modelling In HBIM to document materials decay by a thematic mapping to manage the Cultural Heritage: the case of "Chiesa Della Pietà" in Fermo, in *ISPRS, XLII-2/W11*, 777-784.

[19] BOLOGNESI, Cecilia Maria, GARIPOVA, Asiiia, KUZNETSOVA, Maria, (2023), Heritage decay visible in HBIM models, in *ISPRS, XLVIII-1/W2-2023*, 253-259.

[20] BANFI, Fabrizio, (2021), The Evolution of Interactivity, Immersion and Interoperability in HBIM: Digital Model Uses, VR and AR for Built Cultural Heritage, in *ISPRS*, 10, 685.

stakeholders in the building process. To each of these graphical representations it was then possible to associate a series of descriptive and quantitative schedules useful for summarizing the results and calculating in detail, for example, masonry surfaces characterized by a particular material (Fig. 7a).

Regarding the mapping of decay, on the other hand, picking up some of the results obtained from other studies on the topic [18] [19], a methodology conducted entirely in the BIM environment was tested. In contrast to traditional mapping systems based on CAD sketches of decay on photoplanes, or on the implementation of the latter as graphical attachments or links to the HBIM model, an attempt was made in this case to set up a procedure that would allow working directly on the textured HBIM model. To do this, a parametric family based on an "adaptive metric model" was created. The created shape, composed of 30 adaptive points, and which can therefore take on different and complex conformations, allows mapping as a 3D polyline the decay shapes directly onto all types of surfaces – in particular also those that are curved – of the textured model. This procedure thus allows not only for the creation of components-decay that may be visible in all views –and not only in 2D as canonical procedures do – but also for the attribution of diagnostic parameters (such as hatches, images, types, materials, areas, and interventions) that can be inserted directly into specific schedules or metric-estimative calculations (Fig. 7b).

The large database obtained from these HBIM experimentations then led the research toward identifying ways to make the results of surveys, analyses and modeling, accessible also outside the BIM environment alone, with the aim of making them information supports for restoration, conservation or dissemination activities [20]. In this sense, the on-

line platform Autodesk Viewer was exploited, which, once the HBIM model is uploaded, allows to view and interact with the various parametric components and query their associated information metadata. This solution, moreover, allows the entire BIM database to be quickly and securely shared via links or QR-codes, ensuring access from any online device and eventual review of information by various users, thus facilitating collaboration and data management (Fig. 8).

Conclusions

The experimentations conducted on this case study allowed to highlight how in the HBIM environment the setting of mixed modeling protocols and based on integrated digital survey techniques, offers effective solutions to document, analyze and preserve historical architectural complexes with irregular and unique elements. The results of these experimentations thus fit into the wide and open debate on HBIM, and contextually are also a starting point to explore further issues concerning not only the parametric modeling of surveyed data, but also the informative data-enrichment of HBIM models to support conservation and restoration interventions.

From the methodological point of view, the present research also aimed to provide additional BIM operational insights dedicated to material-diagnostic analysis based on parametric mapping and information schedules/computes, in order to digitally facilitate the correct setting of maintenance and preservation projects of architectures pertaining to the Cultural Heritage.

Finally, the experimentation conducted on one of the latest 3D parametric data visualization platforms, allowed to deepen the issue of the dissemination of the contents of the Architectural Heritage, preparing the sharing of BIM information both with the stakeholders of the building process and expanding the applications for tourist users.