POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Interdisciplinarity for Architectural Heritage: an HBIM data modelling approach for the Church of San Tomè in Almenno (BG)

Original
Interdisciplinarity for Architectural Heritage: an HBIM data modelling approach for the Church of San Tomè in Almenno (BG) / Giovannini, E.C., Prati, D., Nannei, V.M., Mirabella Roberti, G.. - ELETTRONICO. - (2024), pp. 796-807. (ReUSO 2024. Documentation, Restoration and Reuse of Heritage Bergamo 29-31 October 2024).

Availability:
This version is available at: 11583/2994067 since: 2024-11-01T20:17:26Z

Publisher:
Publica Sharing Knowledge

Published
DOI:

Terms of use:

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

Publisher copyright

(Article begins on next page)

14 September 2026

PVBLICA

ReUSO 2024

Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito

a cura di
Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci

ISBN: 978-88-99586-454

PVBLICA

ReUSO 2024

Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito

a cura di
Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci

ISBN: 978•88•99586•454

Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci (a cura di)
Reuso 2024: Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito
© PUBLICA, Alghero, 2024
ISBN 978 88 99586 454
Pubblicazione Ottobre 2024

I saggi contenuti in questo volume sono stati sottoposti
a referaggio cieco (*double blind peer review*) da parte di *referee*
facenti parte di un apposito comitato scientifico.

Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate
Università degli Studi di Bergamo

Dipartimento Ingegneria Civile Architettura DICAr
Università degli Studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Università degli Studi di Enna "Kore"

PUBLICA
WWW.PUBLICAPRESS.IT

COMITATI

DIREZIONE SCIENTIFICA

Alessio Cardaci – Università degli Studi di Bergamo
Francesca Picchio – Università degli Studi di Pavia
Antonella Versaci – Università degli Studi di Enna 'Kore'

COMITATO D'ONORE

Sergio Cavalieri – Magnifico Rettore Università degli Studi di Bergamo
Elena Carnevali – Sindaco del Comune di Bergamo
Sergio Gandi – Vicesindaco del Comune di Bergamo, delegato alla Cultura e Rapporti con l'Università
Elisabetta Bani – Pro-Rettore Università degli Studi di Bergamo
Giuseppe Franchini –Direttore DISA – Università degli Studi di Bergamo
Andrea Penna – Direttore DICAr – Università degli Studi di Pavia
Francesco Castelli – Direttore DIA – Università degli Studi di Enna "Kore"
Francesca Fatta – Presidente UID – Unione Italiana Disegno
Rossella Salerno – Vicepresidente UID – Unione Italiana Disegno
Fabio Fatiguso – Presidente Ar.Tec. – Società Scientifica di Architettura Tecnica
Renata Picone – Presidente SIRA – Società Italiana per il Restauro dell'Architettura
Maurizio Caperna – Vicepresidente SIRA – Società Italiana per il Restauro dell'Architettura
Elena Svalduz – Presidente AISU – Associazione Italiana di Storia Urbana
Massimiliano Savorra – Vicepresidente AISU – Associazione Italiana di Storia Urbana
Edoardo Currà – Presidente AIPAI – Associazione Italiana per il Patrimonio Archeologico Industriale
Bernardo Naticchia - Presidente ISTeA - Italian Society Science Technology and Engineering of Architecture
Roberta Frigeni – Direttore del Museo delle Storie di Bergamo
Cristiana Iommi – Responsabile Biblioteca Civica Angelo Mai e Archivi storici
Giovanni Carlo Federico Villa – Presidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti
Laura Serra Perani – Vicepresidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti
Maria Mencaroni Zoppetti – Vicepresidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti
Sergio Tosato - Presidente della Fondazione Dalmine
Carolina Lussana - Vice-Presidente della Fondazione Dalmine
Mariangela Carlessi - Presidente della Fondazione 'Giusi Pesenti Calvi'

COMITATO SCIENTIFICO

Andrea Arrighetti – Università degli Studi di Siena
Marcello Balzani – Università degli Studi di Ferrara
Calogero Bellanca – Università degli Studi di Roma 'La Sapienza'
Andrea Belleri – Università degli Studi di Bergamo
Stefano Bertocci – Università degli Studi di Firenze
Daniela Besana – Università degli Studi di Pavia
Matteo Bigongiari – Università degli Studi di Firenze
Vanessa Borges Brasileiro – Universidade Federal de Minas Gerais
Maria Sole Brioschi – Università degli Studi di Bergamo
Susanna Caccia Gherardini – Università degli Studi di Firenze
Alessio Cardaci – Università degli Studi di Bergamo
Santi Cascone – Università degli Studi di Catania
Chiara Circo – Università degli Studi di Catania

Antonio Conte – Università degli Studi della Basilicata
Valentina Cristini – Universitat Politècnica de València
Fauzia Farneti – Università degli Studi di Firenze
Marinella Fossetti – Università degli Studi di Enna 'Kore'
Emanuele Garda – Università degli Studi di Bergamo
Daniela Giretti – Università degli Studi di Bergamo
Alessandra Ghisalberti – Università degli Studi di Bergamo
Alessandro Greco – Università degli Studi di Pavia
Antonella Guida – Università degli Studi della Basilicata
Mariangela Liuzzo – Università degli Studi di Enna 'Kore'
Nora Lombardini – Politecnico di Milano
Alessandra Marini – Università degli Studi di Bergamo
Giovanni Minutoli – Università degli Studi di Firenze
Camilla Mileto – Universitat Politècnica de València
Giulio Mirabella Roberti – Università degli Studi di Bergamo
Susana Mora Alonso-Muñoyerro – Universidad Politécnica de Madrid
Marco Morandotti – Università degli Studi di Pavia
Maurizio Oddo – Università degli Studi di Enna 'Kore'
Luis Palmero Iglesias – Universitat Politècnica de València
Caterina Palestini – Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara
Elisabetta Palumbo – Università degli Studi di Bergamo
Sandro Parrinello – Università degli Studi di Firenze
Francesca Picchio – Università degli Studi di Pavia
Davide Prati – Università degli Studi di Bergamo
Monica Resmini – Università degli Studi di Bergamo
Marco Ricciarini – Università degli Studi di Pavia
Paolo Riva – Università degli Studi di Bergamo
Emanuele Romeo – Politecnico di Torino
Riccardo Rudiero – Politecnico di Torino
Giuseppe Ruscica – Università degli Studi di Bergamo
Massimiliano Savorra – Università degli Studi di Pavia
Barbara Scala – Università degli Studi di Brescia
Marco Tanganelli – Università degli Studi di Firenze
Ilaria Trizio – Istituto per le Tecnologie della Costruzione CNR
Silvio Van Riel – Università degli Studi di Firenze
Fernando Vegas López-Manzanares – Universitat Politècnica de València
Antonella Versaci – Università degli Studi di Enna 'Kore'
Maria Rosaria Vitale – Università degli Studi di Catania

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Pietro Azzola– Università degli Studi di Bergamo
Sara Brescia – Università degli Studi di Pavia
Gabriele Daleffe – Università degli Studi di Bergamo
Anna Dell'Amico – Università degli Studi di Pavia
Elisabetta Doria – Università degli Studi di Pavia
Luca Renato Fauzia – Università degli Studi di Enna 'Kore'
Francesca Galasso – Università degli Studi di Pavia
Silvia La Placa – Università degli Studi di Pavia
Monica Lusoli – Università degli Studi di Firenze
Giulia Porcheddu – Università degli Studi di Pavia
Michele Russo – Università degli Studi di Enna 'Kore'

COMITATO FONDATORE ASSOCIAZIONE ReUSO

Stefano Bertocci – Università degli Studi di Firenze
Fauzia Farneti – Università degli Studi di Firenze
Giovanni Minutoli – Università degli Studi di Firenze
Susana Mora Alonso-Muñoyerro – Universidad Politécnica de Madrid
Silvio Van Riel – Università degli Studi di Firenze

CON IL SUPPORTO DI

CON IL PATROCINIO DI

SPONSOR

INDICE

XXI ***Introduzione***

XXIV ***Conservare il patrimonio in tempo di crisi***

XXVI ***Presentazioni istituzionali***

XXVIII ***Lista degli autori***

SEZIONE 1 - Tecnologie e strumenti al servizio del percorso di conoscenza: letture storico-critiche, documentazione, rappresentazione, valorizzazione del patrimonio costruito e paesaggistico anche mediante il mondo digitale

3 Renato Morganti, Laura Ciammitti
Strumenti per il recupero del patrimonio costruito: relazioni tra normativa e manualistica

15 Daniele Romagnoli
BIM e GIS 3D per la mappatura del degrado: casi studio a confronto

27 Francesca Lembo Fazio
Riuso dell'antico a Roma e nei suoi territori circostanti. Alcuni casi nei possedimenti sotto l'influenza degli Orsini

39 Riccardo Rudiero
Across religious wars and resistance: the transnational valorization of Waldensian Valleys

49 Sonia Mollica
Il Villaggio del Fanciullo di Marcello D'Olivo: per una valorizzazione del pensiero progettuale

61 Valentina Astini, Mariana Bettolli, Pasquale Cucco, Carla Ferreyra
Among the rocks: Roccagloriosa's castle as a place of knowledge and interpretation

73 Federica Pompejano, Sara Mauri, Marta Casanova, Sara Rocco
DBMS and GIS for the knowledge of the Ferrania (post) industrial site (Savona, Italy) within the Land-in-pro research project

83 Antonella Salucci, Serena Sanseviero
Integrità dell'immagine dell'abitare collettivo. da 'Prato-Della-Fiera' a primo quartiere social-housing d'Abruzzo

95 Marco Bussoli, Giacomo Cardella
Conoscenza della fabbrica e consolidamento: il caso di San Francesco a Ferrara

105 Daniele Romagnoli, Marta Lalli
Modelli 3D e progetto di restauro: strumenti e metodi per l'analisi e la risoluzione del testo architettonico

117 Cassia De Lian Cui, Edoardo Currà, Antonio Fioravanti, Wei Yan
AI-powered built heritage: enhancing interpretation and recovery processes with generative ai models

129 Anna Gallo
Acqua e architettura. Percorsi di conoscenza del patrimonio storico urbano per future strategie di gestione, tutela e valorizzazione nell'ottica della sostenibilità

141 Giuseppe Fortunato, Lorenzo Russo, Antonio Agostino Zappani
Verso un modello informativo della facciata della chiesa di San Domenico in Soriano Calabro

153 Federica Fiorio, Nicola Parisi
Il ruolo del digitale nella conoscenza e valorizzazione del patrimonio culturale: prospettive multidisciplinari per la costruzione di approccio progettuale integrato

163 Giovanni Caffio
Ri-generare i piccoli comuni abruzzesi: un'esplorazione attraverso il disegno a mano libera

173 Vincenzo Cirillo, Rosina Iaderosa
Il rilievo integrato e la documentazione digitale per la conoscenza dei borghi storici

185 Gennaro Pio Lento, Angelo De Cicco
I Jardines de Alfabia sull'isola di Palma de Mallorca in Spagna. Processi di conoscenza del patrimonio naturale e costruito

195 Gianluca Gioioso
Il chiostro della cattedrale dell'Assunzione di Maria Vergine e di San Frutos a Segovia, in Spagna. Conoscenza, rappresentazione, documentazione

205 Antonella Salucci, Emanuela Chiavoni
Osservatorio urbano tra disegno, colore e fotografia. Piazza Perin del Vaga al Flaminio, Roma

217 Stefano Cecamore, Claudio Mazzanti
Dalle case di terra alle ville suburbane: architettura rurale da tutelare nella Regione Abruzzo

229 Stefano Cecamore, Giancarla Eleuterio
Ciudad y patrimonio construido, análisis y valorización de la Arquitectura del Siglo XX en el contexto de conservación y desarrollo urbano. Villa Clemente en Pescara

241 Alessio Altadonna, Alessia Chillemi, Giuseppina Salvo, Fabio Todesco
Digitalizzazione del patrimonio edilizio a Massa San Nicola (ME): un caso di studio per una gestione efficiente dei dati e la conservazione

253 Domenico Iovane, Margherita Cicala
Documentazione e conoscenza per un re-uso consapevole: la Filanda del Complesso Monumentale del Belvedere di San Leucio

265 Fabiana Guerriero, Luigi Corniello
The Temple of Debod in Madrid. Knowledge and representation of monumental architecture in Spain

275 Luca Sbrogiò
Livelli di informazione e di sviluppo nella modellazione informativa degli edifici storici (HBIM) per il restauro

287 Francesco Trovò, Ilaria Forti
Le Galeazze dell'Arsenale di Venezia tra didattica e opportunità di riuso

299 Luigi Corniello
Tecnologie e strumenti per la conoscenza della rete infrastrutturale dei trasporti in Albania

309 Alessia Garozzo, Rosario Scaduto
Architetture dismesse. Rappresentazione e valorizzazione

321 Caterina Palestini, Stella Lolli, Elena Eramo
Letture grafiche per la valorizzazione delle memorie tangibili e intangibili di Lama dei Peligni

333 Riccardo Florio, Raffaele Catuogno, Teresa Della Corte, Anna Sanseverino, Alessandra Tortoriello, Mario Delli Priscoli, Caterina Borrelli
Costruzione di un ecosistema informativo digitale: il caso studio del c.d. Tempio di Venere a Baia

345 Alessio Altadonna, Antonino Nastasi
Palinsesti inevitabili: alcune letture e rilievi sulla città di Milazzo

357 Carlo Biagini, Andrea Bongini, Daniele D'Errico, Gianmarco Dell'Orca
Exchange Information Requirements (EIR) in BIM Uses for the structural analysis of historic buildings: the case study of Aldobrandeschi Palace in Grosseto

369 Raissa Garozzo, Angela Moschella, Cettina Santagati
Tecnologie digitali a supporto del percorso di conoscenza del patrimonio industriale: l'ex-conceria dei fratelli Rizzo ad Acireale

381 Silvia La Placa, Elisabetta Doria, Jolanta Sroczynska
Fast survey methodologies for knowledge, analysis, and digital valorization of the built heritage in educational context

393 Stefano Bertocci, Federico Cioli, Maria Chiara Forfori
Protocolli sperimentali per la documentazione del patrimonio teatrale. Esperienze di rilievo digitale dei teatri storici fiorentini

403 Ilaria Trizio, Francesca Savini, Gianluca Ciuca, Antonio Sandoli, Giovanni Fabbrocino, Adriana Marra
Progettazione integrata in ambiente HBIM del recupero di un'area urbana in stato di abbandono

415 Alessio Cardaci, Pietro Azzola, Antonella Versaci
A virtual museum in the Upper Town of Bergamo. Reuse an digitalisation to preserve and enhance the former convent of San Francesco

427 Anna M. Gueli, Mariangela Liuzzo, Giuseppe Margani, Giuseppe Stella
Un approccio multidisciplinare per lo studio dell'uso e del riuso degli antichi edifici termali

439 Regina Helena Vieira Santos
Architettura Moderna: Clube Paineiras do Morumby

451 Giovanni Pancani, Rosa Romani, Maddalena Branchi
I centri minori del Casentino, come laboratorio di rigenerazione sociale, ambientale ed economica delle aree interne

463 Matteo Bigongiari
La Cittadella Appiani a Piombino: uno sguardo sul passato per valorizzare gli interventi futuri

475 Gianlorenzo Dellabartola, Anna Dell'Amico
Georeferenziazione e analisi multilivello per la conoscenza e la rappresentazione digitale dell'isola di Madonna del Monte a Venezia

487 Anna Marotta, Giulio Marchettoni
La cittadella di Alessandria, faro di pace in Europa: un progetto del Consiglio d'Europa dalla storia al futuro

SEZIONE 2 - Restauro, riuso, fruizione, valorizzazione: teorie, orientamenti e indirizzi metodologici per la conservazione del patrimonio architettonico, archeologico, paesaggistico e delle componenti materiche e strutturali

499 Fabio Ambrogio
Il teatro e l'anfiteatro di Magontiacum. Progetti e trasformazioni per la tutela del patrimonio archeologico. Un work in progress

511 Elisabetta Grandis
Nascita e adattamenti del tempio valdese di Genova: da Carlo Gabetti a Giovanni Klaus Koenig

521 Matilde Caravello
La Grotticina di Madama: il rilievo critico di un arredo cinquecentesco all'interno del Giardino di Boboli a Firenze

531 Andrea Savorelli
Il chiostro dell'abbazia di San Mercuriale a Forlì, dal restauro di "innovazione" di Gustavo Giovannoni del 1939 ai restauri conservativi nel nuovo millennio

541 Emanuele Romeo
Alcune considerazioni sul restauro archeologico tra conservazione della memoria e valorizzazione compatibile

551 Maria Parente, Federica Ottoni
Una conoscenza guidata tra geometria, storia e struttura: la conservazione delle strutture in legno in ambiente H-BIM

563 Ilaria Forti, Isabella Friso, Gabriella Liva, Irene Rocca
San Francesco della Vigna a Venezia. Tecniche di rilievo per la valorizzazione e il monitoraggio dei beni architettonici

575 Chiara Atanasi Brilli
Progetto di riqualificazione e restauro del complesso edilizio del mercato coperto di piazza Cavour_ PNNR Missione 5 Rigenerazione Urbana

585 Gabriella Guarisco, Daniela Oreni
La conoscenza per la valorizzazione della foresteria dell'abbazia cistercense di Chiaravalle Milanese

597 Brunella Canonaco
Dalla conoscenza alla conservazione di un patrimonio di archeologia industriale nel Mediterraneo: le Imprese della Cannamele

609 Angela Valentina Campolongo, Federica Castiglione
Analisi per la conoscenza di un opificio molitorio emblematico nella Calabria Citra: il Mulino di Mezzo nella Valle del Fullone.

621 Adriana Trematerra
Strategie di valorizzazione per un turismo religioso sostenibile: il riuso dell'architettura ortodossa balcanica

631 Marta Inama, Cinzia Martino, Alessia Vergari
Advanced technologies for built cultural heritage conservation: palazzo Polo – Freguglia facade

641 Cecilia Antonini Lanari
Restauro e museografia in Italia

649 Calogero Bellanca, Susana Mora Alonso-Muñoyerro
Un ejemplo historico en Espana: los Paradores

661 Laura Suvieri, Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Andreas Lechner
Typological adaptive reuse of contemporary European commercial derelicts. Studies for the transformations of real estate into multifunctional third spaces

673 Valentina Vacca
Narrating ancient landscapes: infrastructure and archaeological areas

681 Enrica Petrucci, Claudia Vagnozzi
Itinerari di patrimonio alla riscoperta dei manufatti legati all'uso dell'acqua

693 Maria Grazia Ercolino
L'insediamento industriale della Snia-Viscosa a Roma: cento anni di [r]esistenza tra storia, natura e architettura

705 Alessandra Renzulli, Luisa Lombardo
Between the enhancement of heritage and geotourism: sustainable approaches for the re-generation of Geoparks UNESCO

717 Manlio Montuori, Luca Rocchi
La conservazione preventiva nei luoghi custodi della memoria e il monitoraggio degli agenti biodeteriogeni

727 Giovanna Badaloni
Oltre il Muro. Verso Nuovi Scenari di Valorizzazione e Riuso della Cittadella di Ancona

739 Benida Kraja, Fiona Nepravishta, Vjola Ilia
The impact of systematic cataloging on the preservation of cultural heritage for traditional albanian tower house

749 Francesca Albani, Matteo Gambaro
Il patrimonio diffuso come occasione per la città di riscoprire sé stessa. Il caso delle zone "extra moenia" di Monza

761 Calogero Vinci, Gianvito Cacciatore
I balconi in travertino di Alcamo. Analisi e conoscenza per un recupero compatibile

773 Fiona Nepravishta
Industrial heritage preservation and adaptive reuse: Kombinat case study

785 Anna Laura Petracci
L'auto-recupero nel cantiere di restauro del Palazzo del Podestà al Galluzzo a Firenze: una forma partecipata per il riuso e la valorizzazione del patrimonio culturale

797 Elisabetta Caterina Giovannini, Davide Prati, Virna Maria Nannei, Giulio Mirabella Roberti
Interdisciplinarity in architecture: an HBIM data modelling approach for the church of San Tomè in Almenno (BG)

809 Anna Trupia
Scenari di riuso e valorizzazione delle rovine archeologiche. Il caso delle Terme Imperiali di Caracalla a Roma

821 Marco Ricciarini, Anastasia Cottini, Veronica Braccini
Metodologie di documentazione digitale per la valutazione e il recupero di insediamenti urbani: i casi studio di Camporgiano, Fornovolasco e Villa Basilica (LU)

833 Antonella Versaci, Raimon Farré Moretó, Núria Salvadó Aragonès, Luca Renato Fauzia, Michele Russo, Irene Vaccalluzzo
Dalla percezione del genius loci al progetto. Proposte di riuso dell'ex chiesa di Sant'Anna a Piazza Armerina

845 Massimiliano Savorra, Francesca Galasso
Digital storytelling and participatory tools. Enhancing and preserving the urban historical memory of the city of Bethlehem

857 Sofia Velichanskaia, Nora Lombardini
"Bitter work": the problem of safeguarding policies the Modernist heritage of former Soviet Republics

867 Miriam Terzoni, Nora Lombardini
Awareness of context identity for the conservation of cultural heritage

877 Monica Resmini
La facciata delle Marmoreas... Domos di Benedetto Ghislandi (detta dell'Arciprete): cronaca di un restauro

887 Beatrice Bolandrini, Roberta Grazioli
Affreschi strappati nel monastero di S. Spirito a Bergamo: restauro e rinascita

897 Christian Campanella, Michela Tessoni
Le ragioni del progetto (di architettura). Ritrovare Santa Marta

909 Clara Verazzo
The modern ruin. some reflections about the monument Gabriele D'Annunzio

921 Daniela Oreni, Gianfranco Pertot
La tormentata vicenda della chiesa e dell'ex monastero di San Bernardo in Milano, sede del collegio Calchi Taeggi. Studi e rilievi per la conoscenza, la conservazione e il riuso

933 Alessandro Bazzoffia
Peschiera: fortezza veneziana di terraferma tra il Garda e il Mincio

941 Fauzia Farneti
Palazzo Pucci a Firenze e il restauro innovativo di Piero Sanpaolesi

951 Susanna Caccia Gherardini
Usus sine doctrina. Around a possible theory of micro-restoration

SEZIONE 3 - Mitigazione del rischio sismico, idrogeologico e antropico dei Beni Culturali, architettonici, urbani e ambientali: indirizzi e criticità degli interventi di conservazione finalizzati alla tutela del Patrimonio

963 Andrea Donelli
Dissonanze: disegno – rilievo recupero e/o restauro del costruito edilizio

975 Guido Romano, Gabriele Bernardini, Enrico Quagliarini, Marco D'Orazio
Flood risk in historic built environments: how do safe human behaviors matter?

985 Maria Teresa Cristofaro, Giorgio Caselli, Costanza Stramaccioni, Marco Tanganelli
Studio sperimentale delle prestazioni meccaniche di una malta a base di calce per interventi su edifici monumentali

997 Filippo Maria Del Vecchio, Anna Livia Ciuffreda, Agnese Gasparotti, Marco Tanganelli
Approcci integrati per la conoscenza ai fini della valutazione della sicurezza strutturale di edifici scolastici

1009 Nebai Osorio Ugalde
Riabilitazione del patrimonio storico per la sostenibilità di Città del Messico

1019 Gülru Koca
Evaluation of retrofit interventions in terms of seismic resistance

1029 Cesare Tocci, Francesca De Cola
La standardizzazione del rilievo del danno. Meccanismi ricorrenti nei sistemi voltati in occasione del terremoto de L'Aquila del 2009

1041 Francesco Monni, Enrico Quagliarini
Confinamento di colonne in muratura di mattoni facciavista con micro-trefoli in acciaio annegati nei giunti di malta: risultati sperimentali

1053 Francesco Monni
L'intervento di recupero come risorsa per avviare un processo di conservazione preventiva: il caso del Palazzo Comunale di Corinaldo (Marche, Italia)

SEZIONE 4 - Strategie di intervento sul patrimonio costruito: abitabilità, accessibilità, trasformabilità, adattabilità e resilienza

1065 Francesco Spada, Laura Greco
Un contributo alla conoscenza del patrimonio costruito prefabbricato del Sud-Italia. Due interventi degli anni Settanta a Cosenza

1077 Pierfrancesco Fiore, Antonio Nesticò, Francesco Pisani, Emanuela D'Andria
Strategies for the sustainable regeneration of small towns: integrated reuse. Model and application to a case study in Campania (Italy)

1087 Domenico Amati, Marica Marazia, Sabrina Mellacqua
Il patrimonio ecclesiastico abbandonato: il caso dell'ex convento di Sant'Elia a Trepuzzi. Conoscenza, conservazione, restauro e valorizzazione

1099 Cristina Navajas Jaén
El museo Kolumba de Peter Zumthor en Colonia. Una construcción sobre las ruinas de la antigua iglesia gótica

1111 Maria Grazia Cianci, Michela Schiaroli
Lo spazio dell'immateriale. La ex fabbrica Mira Lanza, tra permanenze archeologiche e connessioni dello spazio urbano

1121 Domenico Chizzoniti, Tommaso Lolli, Amra Salihbegovic
The post-war reconstruction of spaces for worship.three project proposals in Mosul

1133 Michele La Noce, Grazia Massimino, Gaetano Sciuto
Il recupero dell'architettura rurale. Il caso studio della masseria Maucini

1143 Laura Magri
Efficientamento energetico e valorizzazione dell'architettura residenziale del secondo Novecento. Sfide, ricadute e potenzialità degli incentivi fiscali

1151 Rolando Pizzoli, Paola Bassani, Giuliana Cardani
The preservation of cultural heritage through the national recovery and resilience plan: opportunities and criticalities

1161 Fausta Fiorillo, Riccardo Mirri, Giuliana Cardani
Back to court: a reuse perspective to preserve identity and memory of Palazzo Visconti Nuovo (Brignano Gera d'Adda - BG)

1173 Federica Ribera, Antonello Pagliuca, Pier Pasquale Trausi, Giulia Neri, Roberto Facendola
Conoscenza e recupero della Palazzina di Comando dell'Idroscalo di Taranto di Armando Brasini

1183 Santi Maria Cascone, Lucrezia Longhitano, Salvatore Polverino, Giuliana Sciacca
Conoscenza, recupero e riutilizzo. Il caso genovese del Tabarca

1195 Giorgia Ranieri
Patrimonio architettonico VS. speculazione edilizia: la masseria Solìto a Taranto

1205 Giorgia Strano, Francesca Castagneto
Ripensare i nuovi luoghi della cultura: strategie ibride di recupero e riuso culturale. Il progetto di rigenerazione urbana degli Ex Magazzini della Stazione Ferroviaria di Noto

1217 Vincenzo Sapienza, Angelo Monteleone
Digital building technologies for the architectural sustainable modules, in fragile context. Application in the fragile context of Aeolian islands

1229 Daniela Besana, Carmine Isi, Marco Morandotti
Strumenti di valutazione per la lettura del grado di reversibilità del patrimonio costruito

1241 Rebecca Moroni, Cinzia Maria Luisa Talamo, Oscar Eugenio Bellini
Il riuso a scopi sociali dei beni confiscati alla criminalità organizzata: il caso di regione Lombardia

1253 Valentina Spagnoli, Maria Vittoria Arnetoli, Sandra Carlini
La residenzialità studentesca come strumento di rigenerazione del patrimonio storico e moderno dismesso

1263 Salvatore Di Maggio, Calogero Di Maggio, Rossella Corrao, Calogero Vinci
Volte realine. Interventi di recupero e manutenzione

1273 Gianni Di Giovanni
Una metodologia operativa per il recupero tecnologico degli aggregati edilizi: verso un modello di interoperabilità

1283 Attilio Ferraro, Emanuela D'Andria, Pierfrancesco Fiore
Riuso adattivo e flessibilità architettonica: un modello partecipato e sostenibile per la trasformazione del Complesso "Lanzani" in Barlassina (MB), Italia

1295 Vjola Ilia, Florian Nepravishta, Benida Kraja
Restoration and revitalisation of Korça and Gjirokastra bazaars in Albania

1307 Giuseppe Canestrino, Roberta Lucente
Dialoghi compositivi con le fortificazioni. Una mappatura (2009 -2024) per la codifica di possibili azioni progettuali sulle fortezze "alla moderna"

1319 Alessandro Greco, Marco Morandotti, Daniela Besana
Strategie e approcci sostenibili per l'edilizia universitaria: la rigenerazione dell'area degli "Istituti Scientifici" in Pavia

1331 Alberto Anello, Angelo Ganazzoli, Luigi Savio Margagliotta
Il borgo rurale nella contemporaneità: progetti per la valorizzazione

1343 Antonino Margagliotta, Paolo De Marco, Emanuele Richiusa
Il patrimonio e la città. Un'occasione di riuso adattivo

1355 Teresa Casale, Emilia Garda, Valentina Porta
L'educazione alla legalità. Il caso dei beni confiscati alle mafie

1367 Luca Zecchin
Architettura interrotta. Paesaggio interspeciale

1379 Simonetta Acacia
Uso e riuso delle ville genovesi tra trasformazioni urbane e tutela

1391 Emanuele Garda, Marta Rodeschini
Strumenti di partenariato speciale e processi di rigenerazione del patrimonio pubblico: l'esperienza del Monastero del Carmine a Bergamo

1403 Pedro Murilo Freitas, Cristina Tasso, Ana Marques, João Ling, Teresa Cunha Ferreira
Training Experiences on Contemporary Architectural Heritage through heuristic activities: values-based reuse designs for the Escuelas Profesionales San José, Valencia, Spain

1415 Maurizio Oddo, Alessandro Barracco
Architettura, Storia e Contemporaneità. Innovazione tecnologica versus Restauro del Moderno

1427 Regina Helena Vieira Santos, Leticia Falasqui Tachinardi Rocha
Solar da Marquesa de Santos, del XVIII secolo, il suo reuso

1437 Michelle Gualdi, Andrea Belleri, Elisabetta Palumbo
Riuso di pannelli in acciaio formato a freddo per la riqualificazione integrata di edifici esistenti e per nuove costruzioni

1447 Pablo Alejandro Cruz Franco, Elena Gómez Bernal, María Pérez Sendín, Adela Rueda Márquez de la Plata
Nuevas fronteras en la conservación del patrimonio: integración de NERF en la restauración de monumentos arquitectónicos y control de obra.

1457 Pablo Alejandro Cruz Franco, Diego Gaspar Rodríguez, Elena Gómez Bernal, María Pérez Sendín, Adela Rueda Márquez de la Plata
DIGIMAP: diseño y gestión eficiente de gemelos digitales mediante sistemas de información: bases de datos geoespaciales para la preservación del patrimonio arquitectónico

1469 Giorgio Ghelfi
Trattamenti conservativi per la pietra. Il caso della Porta de las Granadas dell'Alhambra

1479 Eugenio Vassallo, Bogumil Filipczuk, Giuseppe Nucara, Riccardo Sonzogni, Virginio Brocajoli, Carlo Pavan, Alessio Leondini, Paolo Sette
Dal Restauro del Grand Hotel di San Pellegrino Terme spunti e riflessioni su questioni di metodo e scelte operative

SEZIONE 5 - Strategie di intervento per la gestione, la rivitalizzazione e la rigenerazione delle città, dei centri storici e delle aree periferiche: pianificazione, strategie e progetti di intervento sul costruito urbano, sul territorio e sul paesaggio

1489 Pablo Altaba Tena, Juan A. García-Esparza, Anna Valentín
Assembling cultural and natural values in vernacular landscapes: an experimental analysis

1499 Samia Chergui
Using building archaeology for a more careful and efficient restoration of architectural heritage in ottoman Algiers

1511 Alessandra Palma
Ri-costruire con la vegetazione. Kamarina (Ragusa) e la percezione del tempo

1523 Laura Lucarelli, Arturo Gallozzi, Marcello Zordan, Michela Cigola
Conservazione e recupero dei centri storici minori: il caso di Atina nel Lazio Meridionale

1535 Laura Lucarelli, Arturo Gallozzi, Michela Cigola, Marcello Zordan
Castelli e architetture difensive nei centri minori italiani. Il caso studio della Valle di Comino

1547 Ivana Passamani, Olivia Longo, Virginia Sgobba, Davide Sigurtà
Il paesaggio dentro l'architettura. Microarchitetture per una nuova mobilità sostenibile e resiliente

1559 Barbara Scala
Oltre il mutuo aiuto: il valore del credere nelle risorse locali per la rivitalizzazione del territorio e del paesaggio dell'alta Valle Trompia

1571 Alessandra Vazzoler, Olivia Longo, Davide Sigurtà
Progetto di valorizzazione architettonica e urbana delle "Ex Trafilerie" a Nave (BS)

1583 Francesca Bilotta, Francesco Garofalo
Fabbriche rurali nella Piana di Sibari: l'esempio di masseria Torre della Chiesa

1593 Maria Paola Gatti, Giorgio Cacciaguerra
To regenerate the small villages of the Terragnolo Valley through responsible and sustainable tourism

1603 Claudia Battaino, Maria Paola Gatti, Andrea Zaniboni
The Arco landscape factory: conservation, valorisation and use of the rural heritage

1613 Cristian Tolù, Stefania Mornati, Ilaria Giannetti
Valorizzare il patrimonio della prefabbricazione leggera in Italia: una piattaforma digitale a supporto della "decostruzione selettiva"

1623 Mariangela Carlessi, Fabrizio Bonomi, Sergio Valetti
The 'Belvedere' Compendium in Alzano Lombardo. Themes and strategies for managing a multifaceted and complex heritage

1635 Emanuele Giaccari, Paolo Giannandrea, Marianna Calia, Mariangela Piumini, Emanuel Quarto
Il patrimonio immobiliare abbandonato di Alianello in Basilicata. Analisi e proposte per il riuso

1649 Lia Ferrari, Massimo Cotti
Architetture storiche rurali: una proposta di valorizzazione per il "Casello" della Commenda Gerosolimitana in Calerno

1661 Giulia Luciani
Patrimonio in azione. Mobilizzare il passato nella rigenerazione ecologica delle città europee

1673 Corrado Scudellaro
I fattori di rischio antropico sul patrimonio in terra lionese: cause, sintomi e prospettive

1683 Mariangela Carlessi, Alessandra Kluzer
Oltre ogni ragionevole dubbio. Accogliere l'attitudine dei luoghi come trait-d'union tra conoscenza e progetto funzionale

1693 Ornella Zerlenga, Vincenzo Cirillo, Riccardo Miele
In-accessibilità. Santa Maria della Sanità in Napoli fra best-practices e spazi inesplorati

1703 Amra Salihbegović
Military brownfields. From assessment to design strategy for the Sarajevo University Campus

1713 Giulia Formato
I silos granari. Difficoltà e opportunità per il riuso a confronto

1725 Elena Zanazzi, Luca Leoni
Chiese emiliane e storia sismica recente: un'indagine sull'(in)efficacia degli interventi pregressi

1737 Altea Panebianco, Barbara Caselli
Piattaforme digitali per le aree interne. Il caso studio di Stigliano

1749 Lorna Dragonetti, Cecilia Mazzoli, Anna Chiara Benedetti, Annarita Ferrante
Riqualificazione energetica del patrimonio edilizio scolastico recente: metodo S.C.O.R.E.S. per la valutazione degli impatti delle strategie sostenibili di intervento

1761 Stefano Cecamore
Earthquakes and endless reconstructions. Irpinia 1980, from Lioni to Cairano towards adequate protection and conservation of the historic centres

1773 Stefano Cecamore, Arianna Petraccia
La chiesa dei SS. Marciano e Nicandro, terremoti, trasformabilità e adattabilità del patrimonio culturale aquilano

1785 Stefano Cecamore
Una comunità per la conservazione e valorizzazione della Piana del Cavaliere. La tutela del patrimonio e la chiesa di San Giorgio Martire a Pereto (AQ)

1795 Ilva Hoxhaj
Valona tra suolo e acqua: riconnettere il tessuto urbano attraverso il progetto del waterfront

1805 Francesco Paolo R. Marino
Ventilated rainscreen, new materials and modern construction techniques in the renovation and recovery of a historic heritage building

1817 Gianluca D'Agostino
Il patrimonio architettonico di Shahjahanabad: un destino incerto per le haveli della città vecchia di Delhi tra abbandono, heritage hotels e centri culturali

1825 Esther Almarcha Núñez-Herrador, Rafael Villena Espinosa, José Manuel López Torán
Patrimonio monumental y turismo en la España Franquista

David Ordóñez-Castañón, Teresa Cunha Ferreira, Poliana Marques da Silva
1835 ***Continuity and creation: adaptive reuse of a manor house in Esposende as Municipal Library by Bernardo Ferrão (1979-1992), Portugal***

1847 Carlo Atzeni, Stefano Cadoni, Massimo Faiferri, Stefano Mais, Silvia Mocci, Marco Moro, Fabrizio Pusceddu
Scientific infrastructure and landscape. First developments of the "Laboratory of architecture and territory" of the etic project

1857 Marco Galimberti, Mauro Casartelli
Aree industriali dismesse: fragilità delle strategie di intervento per il comparto sud della Ticosa di Como (1982-2024)

1867 Elena Cantatore, Vincenzo Ambrosio, Margherita Lasorella, Fabio Fatiguso
The systematization of technical information about architectural heritage in historic district by Citygml-Based Models. Preliminary activities towards digital recovery plans

1879 Francesca Privitera, Emiliano Romagnoli
Contemporary Models of Co-living for 'the three human ages': strategie di intervento per una rigenerazione urbana e sociale del quartiere del Soccorso a Prato

1891 Caio Felipe Gomes Violin, Renata Baesso Pereira
The reuse Project of Fazenda Mato Dentro in the city of Campinas-SP (Brazil): From a manor house to a Peace Museum

1899 Albina Scioti, Ippolita Mecca
Il riuso degli edifici storici dismessi: il caso delle carceri

1911 Alberto Cervesato
Borghi urbani. Sguardi progettuali per il riuso

1923 Francesca Picchio, Marianna Calia, Silvia La Placa, Rossella Laera
Strategie di documentazione integrata e di rilievo speditivo per la valorizzazione dei contesti fragili

1935 Sara Brescia, Giulia Porcheddu, Francesca Picchio
Strategie di rappresentazione di uno scavo archeologico

1947 Chiara Marchionni
Strategies for the regeneration and revitalisation of historic port areas: the case of the "caliscendi" of the port of Giulianova (TE)

1959 Silvia Meschini, Lavinia Chiara Tagliabue, Stefano Rinaldi, Giovanni Miri, Andrea Bracciali, Roberto Nai, Rosa Meo, Giuseppe Di Giuda
Blockchain-Driven Transparency: Revolutionizing Construction Tenders with Smart Contracts and Sustainable Waste Management

1971 Luca Guardigli, Annarita Ferrante, Sara Lanzoni, Carlo Costantino, Lei Sun
Exploring the potential of wood for urban densification: a case study of sustainable architectural design education

1983 Chiara Marchionni, Eleonora Laurini, Marianna Rotilio, Gianni Di Giovanni
La rigenerazione urbana sostenibile per le città resilienti. Il caso di studio del complesso sportivo di "Centi Colella" dell'Aquila

1995 Elena Paudice
La memoria dei territori della produzione e la forma del paesaggio. Tutelare l'abitare attraverso il recupero della storia dei luoghi

2007 Martina Porcu
Il ruolo delle grandi fabbriche dismesse nei processi di riqualificazione e rigenerazione urbana

2019 Ana Velosa, Hugo Rodrigues, Paulo Silva
Intervention in historic villages: conservation, rehabilitation and sustainability

SEZIONE 2

Restauro, riuso, fruizione, valorizzazione:

teorie, orientamenti e indirizzi metodologici per la conservazione
del patrimonio architettonico, archeologico, paesaggistico
e delle componenti materiche e strutturali

Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci (a cura di)
Reuso 2024: Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito
© PUBLICA, Alghero, 2024
ISBN 978 88 99586 454
Pubblicazione Ottobre 2024

XII[th] ReUSO Edition
Documentation, Restoration and Reuse of Heritage
29-31 October 2024, Bergamo, Italy

INTERDISCIPLINARITÀ IN ARCHITETTURA: UN APPROCCIO DI MODELLAZIONE HBIM PER LA CHIESA DI SAN TOMÈ AD ALMENNO (BG)

INTERDISCIPLINARITY FOR ARCHITECTURAL HERITAGE: AN HBIM DATA MODELLING APPROACH FOR THE CHURCH OF SAN TOMÈ IN ALMENNO (BG)

Elisabetta Caterina Giovannini - Department of Architecture and Design DAD, Politecnico di Torino, Turin, Italy, e-mail: elisabettacaterina.giovannini@polito.it
Davide Prati - Department of Engineering and Applied Sciences, University of Bergamo, Bergamo, Italy, e-mail: davide.prati@unibg.it
Virna Maria Nannei - Department of Engineering and Applied Sciences, University of Bergamo, Bergamo, Italy, e-mail: virnamaria.nannei@unibg.it
Giulio Mirabella Roberti - Department of Engineering and Applied Sciences, University of Bergamo, Bergamo, Italy, e-mail: giulio.mirabella@unibg.it

Abstract: The paper outlines a potential methodological workflow for developing an informative apparatus related to the Church of San Tomè in Almenno San Bartolomeo, in the province of Bergamo. With its central, round layout and distinctive decorations, the church stands out for its originality while displaying the typical features of Romanesque churches. It is a highlight of the Almenno Romanesque Park. The digital acquisition outcome was first segmented and imported as separated point clouds into the BIM environment for its geometric and informative representation. The semantic structure of the model follows the characteristics peculiar to Romanesque decorative elements. It was designed with the proper information management workflow, including structural analyses and detecting existing cracks. The iconographic analysis enriched the historical informative apparatus, making the HBIM model a valuable tool for investigating and preserving an evolving historical heritage.

Keywords: HBIM, Knowledge Representation, Collaborative Digital Environment, Enhanced Restoration Strategies, Architectural Heritage Valorization.

1. Introduction

Masonry represents one of the oldest construction materials, still used in developed and developing countries, even in areas with significant seismic activity, such as Italy [1]. The preservation of these constructions requires specific structural engineering efforts [2]. Accurate computational models are needed to capture these monuments' static and dynamic behaviour. Furthermore, information is crucial to enhancing almost-forgotten construction knowledge. To obtain these accurate and reliable models, developing a process that produces high Level of Detail (LoD) models is necessary to retain this complex behaviour. Implementing Building Information Modeling (BIM) technology to document historical structures digitally gained recognition in 2008 [3]. The theoretical foundation of this technology originated a while ago, specifically in 1974, with the establishment of Building Description System (BDS) software by Chuck Eastman. However, the possibilities offered by BIM, such as the implementation of semantic information embedded within 3D objects, further contributed to its adoption in modelling hi-

The Rotunda of San Tomè in Almenno San Bartolomeo (to the left, © V.M. Nannei).

storical structures. This connection with external databases, including semantic data, allowed for a more comprehensive understanding and representation of historical buildings.
Experts created historic BIM models using BIM software, which provided a platform for collaboration and documentation of these structures. In 2009, Maurice Murphy introduced the concept of Historic Building Information Modelling (HBIM), defining it as "a novel prototype library of parametric objects, based on historic architectural data and a system of cross-platform programs for mapping parametric objects onto point cloud and image survey data" [4]. This definition accurately encapsulates the practical procedure of HBIM, but the term is broader than this aspect. HBIM is an approach that improves the process of knowing, analysing, designing, conserving, and managing heritage and historical structures [5]. HBIM models offer valuable insights into historical buildings' geometry and information management, facilitating the preservation and maintenance of architectural heritage. The process can be outlined as follows: firstly, data is acquired from both the laser scanner and the drone as photogrammetry data. Secondly, a parametric library of structural elements of the building is formed and created. Subsequently, parametric objects are plotted on point clouds to produce the entire building as the final step in the inverse modelling procedure. The final HBIM model should be a three-dimensional representation incorporating interdisciplinary information. To preserve architectural heritage, the model should collect information about changes over time, restoration work, and the state of conservation, which are documented by an integrated survey.
As demonstrated, assembling historical building descriptions requires significant effort, and each scenario's outcome appears unsatisfactory. The core of the difficulty lies in the fact that most BIM applications provide parametric components for designing new structures. Due to their variability in the same building, it is required to model many potential configurations for the historical elements to produce parametric components for historical structures. Another significant methodological issue is the widespread adoption of hybrid approaches prioritising metric accuracy and favouring NURBS over mathematical modelling. Widely adopted strategies include visual programming languages or algorithmic modelling, which aim to approximate surfaces as closely as possible to their real-world counterparts. This workflow is also known as the as-built methodology. These reality-based and scan-to-BIM processes strive for highly accurate representations of reality [6].
Nevertheless, the objective of modelling individual ashlars or building elements often results in a geometric model overload, typically stemming from a lack of/or poorly managed information. Over time, various research groups have attempted to organise and prioritise information by structuring it into display levels that stratify the disciplinary dimensions of an HBIM model. Their goal has been to create a common language for addressing the different levels of knowledge associated with the model. This endeavour has led to the development of numerous acronyms and abbreviations that highlight certain information over others, depending on the model's objective. These information levels can be divided into two main categories: the first pertains to Italian, European, and International regulations, active in standardising construction processes related to built heritage; the second encompasses information levels with a more historical and humanistic focus, incorporating languages and approaches characteristic of the digital humanities and digital heritage.
The UNI 11337-4:2017 standard in Italy defines the Level of Information (LoI) and the Level of Geometry (LoG), with the Level of Detail (LOD) combining the two. The US Institute of Building Documentation (USIBD) defines the Level of Accuracy (LOA) based on the deviation between the BIM model and reality, requiring integrated modelling with NURBS or imported meshes to increase it [7]. Recently, it has also been revisited in research and re-proposed with three levels [8]. Grade of Generation (GOG) considers the generative principles of the model [9], and Grade of Information (GOI) manages multidisciplinary data. The ISO 19650-1:2019 Level of Information Need (LOIN) requires clear geometric and informational layers based on model objectives. Level of Knowledge (LOK), specific to HBIM, aligns with LOIN to enhance information based on model objectives [10]. Level of Evolution (LOE) addresses the temporal aspect of BIM elements using phases [11], while Level of Quality (LOQ) ensures information reliability [8]. Level of Reliability (LOR) measures the consistency of HBIM elements through critical analysis and reasoning [12], and the Level of History (LOH) relates to the historical accuracy of archival sources [13].
This project re-proposes the Virtual Reconstruction Information Modelling (VRIM) methodology, whi-

ch has been extended and revised to standardise digital reconstruction processes using historical documentation for partially documented subjects [14]. The aim is to emphasise the modelling process phases with a focus on informative data modelling, enhancing the role of heterogeneous knowledge in documenting architectural/archaeological heritage. The Knowledge Acquisition phase involves historical research and the collection of metric data. Data Analysis prepares the definition of the possible levels of knowledge representation in line with the multidisciplinary nature and objectives of the HBIM model. The Knowledge Interpretation phase establishes the critical and methodological approach to 3D reconstruction in a digital environment, including the semantic structuring of the model's components. This is crucial for knowledge organisation within the model. Knowledge Representation aims to create a digital ecosystem complementary to the HBIM model. This ecosystem will serve as the primary access point to multidisciplinary information that is accessible online and consistent with its disciplinary domains.

2. Case Study: San Tomè in Almenno San Bartolomeo

The Rotunda of San Tomè is a unique and symbolic church that serves as an example and prototype of Lombard Romanesque architectural ingenuity. The Romanesque Rotunda is located at the junction of the Imagna and Brembana valleys in the Agro di Almenno, an agricultural area with remains of Roman settlement. In the middle of the 12th century, an older building with a central plan likely served as the foundation for the present building. It is cylindrical on the outside, with thin, engaged columns marking the surface. Truncated conical roofs connect two narrower volumes, the first containing the dome and the second the lantern. An apsidal structure develops along the north-east axis. A double row of eight columns, connected by arcades, surround the central hall, while a hemispherical dome, on which the lantern oculus opens, crowns it. Two narrow staircases within the thickness of the walls access the matroneum, where the apsidiole preserves the remains of frescoes. According to the cosmogonic symbolism of the time [15], the openings on the ground floor and at the level of the matroneum are oriented to maintain a precise astronomical relationship with the sun's rays at sunrise and sunset of the solstices and equinoxes.

Fig. 1 - The Rotunda of San Tomè in Almenno San Bartolomeo (@V.M. Nannei).

The French scholar Fernand de Dartein, who visited the temple in the mid-18th century, first noted its architectural features. De Dartein's work is mainly based on the ground plan and longitudinal section published by the canon M. Lupo [16]. In these representations, he emphasises the remarkable proportionality and accuracy of detail of the geometric drawings [17], praising in particular the fact that they show all the irregularities of the building's forms. On the other hand, he criticised the regularised and modular plates published by G. B. L. Séroux d'Agincourt [18] and F. Osten [19]. In 1917, A. Kingsley Porter [20] confirmed that the Rotunda dates back to around 1140. He presumes the presbytery was built slightly later, perhaps around 1180. Recent studies have confirmed these dates.
Since 19th century, various works have been carried out to preserve and restore the building. These works, also carried out by Fornoni [21], have left us with a building in excellent condition. However, they have also created an overlap of materials, which makes reading the palimpsest particularly difficult and leaves room for new research to clarify its architectural evolution. The most recent intervention, which was carried out less than a decade ago, involved the insertion of metal bracing elements at the level of the dome drum and the external cornice of the main volume [22]. Although the aim was to repair the cracks in the walls and vaults of the church, the interventions were not decisive, and the cracks are still evident, at least in the interior.

3. Digital acquisition and integrated survey

Data acquisition for the geometric modelling of the Rotunda was carried out by laser scanning, supplemented by UAV photogrammetry to reconstruct the roofs. For the TLS survey, a Faro Cam2 Focus S+ 150® was employed using a targetless approach. A total of 70 scans, 38 exterior and 32 interior, were acquired (tab. 1). Some outdoor scans were taken to capture the roof geometry from a distance of 30-40 m on the building's south, west, and northwest sides. Due to the nearby slope, only close-range scans were possible on the north and east sides of the church. A resolution of 6.14 mm/10m, a 4× quality filter and an acquisition rate of 122 kpt/sec were used for the exterior scans, and a resolution of 7.67 mm/10m, a 4× quality filter and an acquisition rate of 122 kpt/sec were used for the interior scans. Despite poor indoor lighting, all RGB data was acquired, resulting in an unreliable chromatic representation. The scans were aligned using FARO SCENE 2020® (version 0.7.6378) software with interactive cloud-to-cloud registration, using an average sub-sampling distance of 0.03 m and an average tolerance radius of 3 m (tab. 2).
Using a DJI Mavic 2 Pro UAV, a total of 989 photos were taken at a resolution of 5472 × 3648 pixels with a density of 72 dpi. Of these, 98 nadir shots were taken from different heights, while 891 close-up shots were taken with the camera directly facing the wall surface in an orthogonal direction. The images were processed using 3D Flow Zephyr Aerial® (version 7.507) to produce a sparse point cloud of

Part of the building	Number of scans	Number of points	Average Scan Resolution (mm/10m)	Scan Quality filter
Exterior	38	$284 \cdot 10^6$	6.14	4×
Ground floor int.	20	$149 \cdot 10^6$	7.67	4×
Matroneum int.	12	$89 \cdot 10^6$	7.67	4×

Tab. 1 - TLS survey campaign overall data.

Part of the building	Average Standard Deviation (mm)	Average Overlapping Between Scans (%)	Subsampling average distance (cm)	Searching radius (m)
Exterior	7.5	19	0.03	5
Ground floor int.	1.7	30	0.03	1
Matroneum int.	2.5	42	0.03	1

Tab. 2 - Cloud-to-cloud registration parameters.

596,059 points. A dense cloud of 41,557,710 points was then generated. Before integrating the photogrammetric survey with the laser scanner data, a comparison of the two point clouds was performed using the 3DFlow Zephyr Aerial® software. The software compared the two clouds using a point-to-point Euclidean distance with the laser scanner cloud as a reference, showing an average distance of 7.3 mm and a maximum error of 3.2 cm in the overlapping areas (fig. 2). Finally, five control points were acquired with a GPS receiver to georeference the digital model.

4. Levels of knowledge representation and geometrical analysis

The preparatory phase involved defining the model's structure, starting with its geometric construction based on the point cloud. This construction was carried out using mathematical curves to approximate the geometry as accurately as possible. For the main body with a central plan, the centres used to construct the intrados and extrados of the walls varied on different levels. The internal structure changes from an irregular octagon on the ground floor to a circular profile at the balustrade of the matroneum.
The developed HBIM model aims to serve as an access point for many different types of information. The levels of knowledge identified represent the disciplines of graphic representation, architectural history and restoration, each tailored to their specific methodological approaches and tools. To test the process, we focused on 'sector 2' (see fig. 3).

5. Semantic approach for HBIM elements

The documentation of architectural heritage through HBIM systems lacks standardised protocols or methodologies. The literature exhibits a diversity of methods due to the diverse objectives of the stakeholders involved in constructing these models. However, modelling in BIM environments requires a semantic structure derived from the architectural complex under investigation. This semantic structure is essential, particularly when creating models for structural analysis or restoration purposes, and therefore remains an indispensable step.
Machine and deep learning tools are increasingly used in point cloud segmentation tools, which can be used to create HBIM models [23-25]. One of the main challenges in the point cloud pre-processing phase is the interpretative limitations of algorithmic and computational models, especially when dealing with a sparse number of points or when trained on a limited range of natural or synthetic datasets. This problem often arises when classifying architectural features such as openings, doors, windows, and arches. For example, arches can be mistaken for vaults due to their common geometric features, while

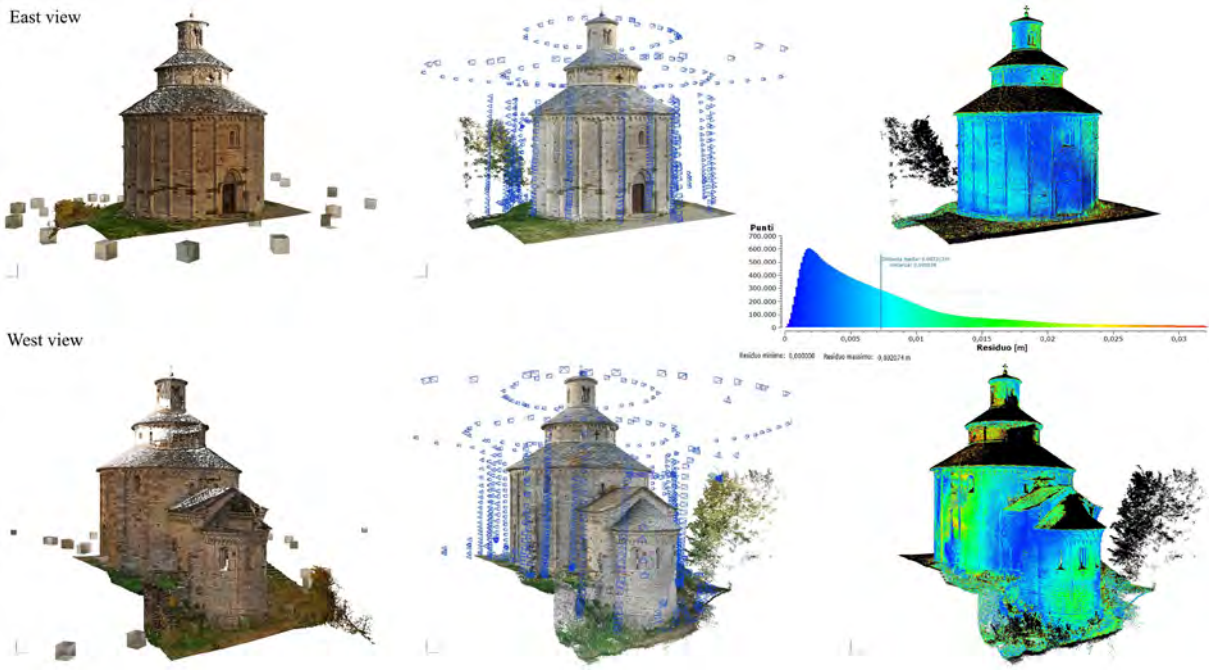

Fig. 2 - From the left: laser scanner point cloud with scan positions, photogrammetric point cloud with camera positions and comparison between the two point clouds (top, east view; bottom, west view). (@V.M. Nannei)

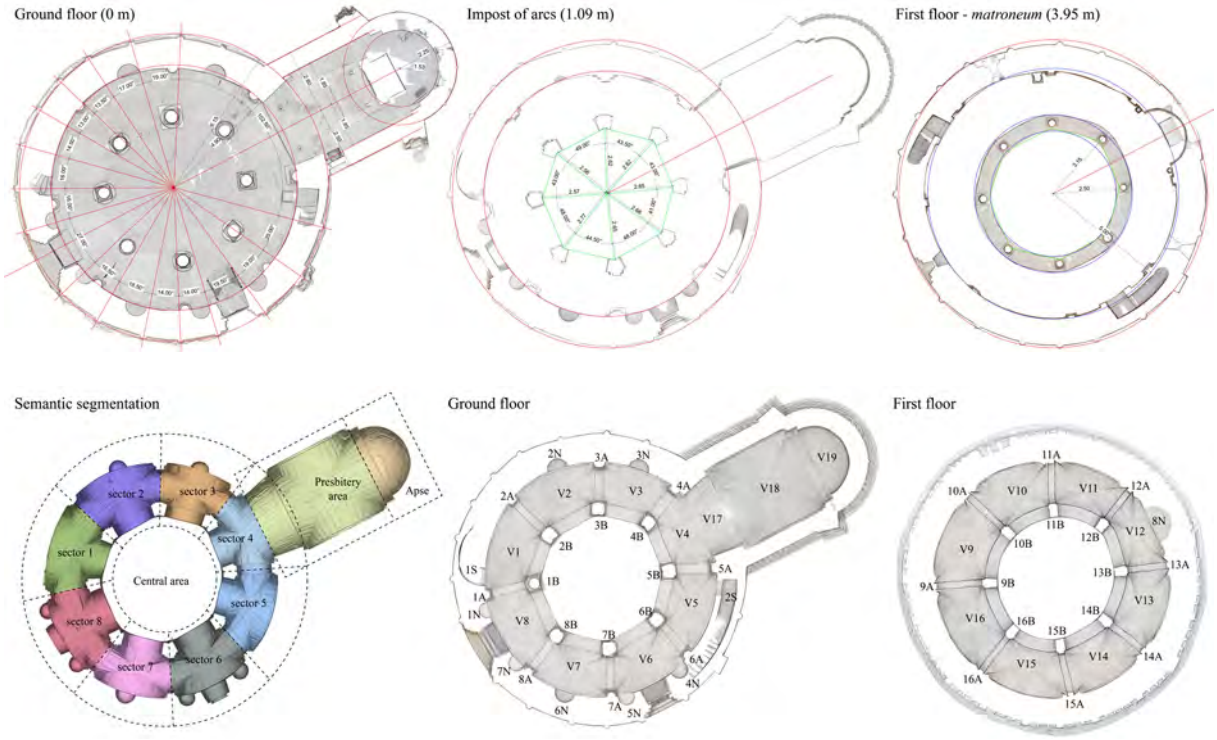

Fig. 3 - Geometric analysis (top, plan views) and Semantic segmentation of the point cloud (bottom) according to areas of the HBIM model on the left (vaulted systems views). On the right, the main architectural elements are encoded: pilasters (A), columns (B), niches (N), stairs (S), and vaults (V). (@E.C. Giovannini).

pilasters are often misidentified as walls [26].
Therefore, it was decided to manually segment the point cloud according to the geometric modelling in the BIM environment. The peculiarities of the church's central layout and the complexity of the vaulting system also motivated the choice. Interior elements such as columns and vaults within the circular layout are numbered progressively clockwise. The arcs between columns mark the shared boundaries of adjacent vault systems in their identification codes. Semantic segmentation of the point cloud resulted in multiple coded sub-clouds, each imported separately into the BIM environment to manage system load and enable independent viewing (fig. 4).
The architectural elements are encoded according to their respective levels: the ground floor contains the central plan system with the presbyterion and apse; the first floor includes the matroneum; the drum houses the central dome; and the lantern crowns the structure. Architectural elements such as walls,

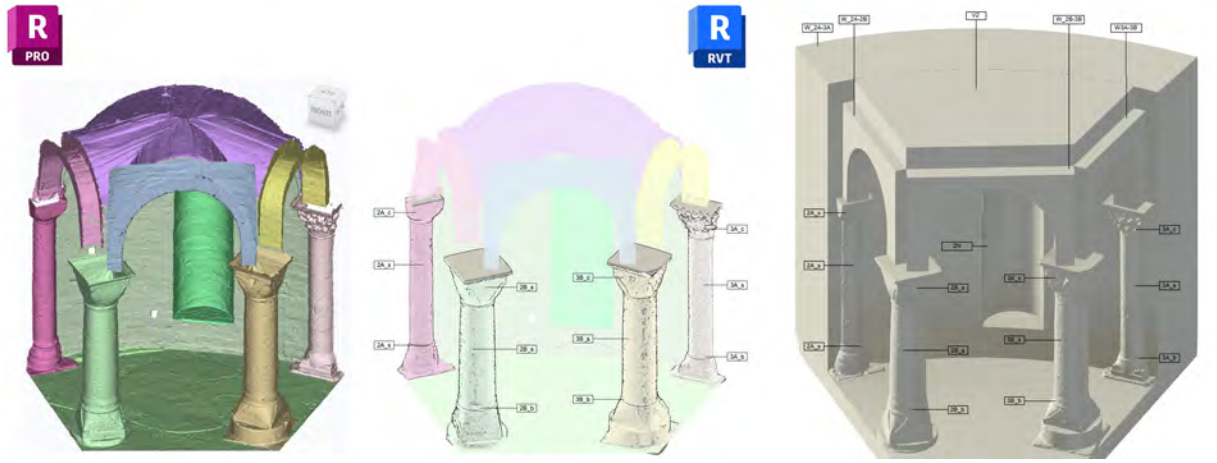

Fig. 4 - HBIM elements of the ground floor (sector 2). From the left, semantic segmentation of the point cloud and its visualisation in ReCap Pro; superimposition between reality-based segmented models and segmented point clouds; HBIM model with encoded architectural elements. (@E.C. Giovannini).

columns, roofs, and floors were prioritised as 'system families'. The geometric modelling of the vaulting systems, spanning all four levels of the circular layout, was generated using a visual programming language and imported as 'ceiling' elements. This approach balanced shape fidelity and dimensional accuracy by favouring geometrically defined shapes.
Columns and pilaster capitals were generated from point clouds using reverse modelling and re-meshing techniques. These .obj elements were then imported into the model as 'generic models' (fig. 5).

6. Iconographic documentation

The iconographic research began with a thorough historical and archaeological literature review. Critical contributions by Rota Nodari and Manzoni [27] and Gritti [28] were crucial, as they included a comprehensive range of iconographic representations and drawings. Subsequently, the focus shifted to identifying digital resources, starting with bibliographic references and inspection of online repositories. The aim is to exploit these images by documenting their primary URIs or URLs, ensuring they are accessible and referenced online. Although commonplace in the digital humanities, this practice is still uncommon for built heritage projects. This approach aims to create a precise digital ecosystem through Linked Open Data (LOD) and the Semantic Web, facilitating future connections between documentary and cultural resources.
Documentary resources, in particular architectural representations, document the building itself and correspond to the semantic structure of the HBIM model. While floor plans, elevations, and sections provide a comprehensive overview of the entire structure, the collected representations also facilitate detailed representations of specific elements characteristic of the church's Romanesque architecture. The decorative elements that define the building were accessed through URL parameters within the knowledge map of the iconographic apparatus, serving as informative data (fig. 6). This process establishes a link between the physical and digital realms, linking the iconographic source to its subject through visual and graphical representations on a ResearchSpace platform [29].

Fig. 5 - Semantic segmentation of the column elements encoded according to Rota Nodari [27]. From the left, superimposition between HBIM models and points cloud. On the right, reality-based segmented models. (@E.C. Giovannini).

Fig. 6 - Knowledge map representing iconographical documentation about column 4B and its sub-elements. The images were sourced from Osten [19] and Dartein [17]. (@E.C. Giovannini).

7. Level of Accuracy

The BIM model greatly assists monument investigations by enabling accurate measurement and description. It reveals information that might otherwise be overlooked, supports interpretations, and provides a solid foundation for a deeper understanding of structural behaviour. The model can store crucial data, such as the actual shape of the Rotunda's plaster dome. In this case, only the lower four stone courses are visible, while the upper part of the lantern appears off-centre relative to the axis of the dome. In addition, a dark brown horizontal ring indicates a possible break in the construction material (see fig. 7). Several geometric models were created to characterise the dome's construction.

The first technique uses a mathematical methodology. The sphere (S1) is defined by minimising the sum of the squared distances of the points to the surface using the least squares method. The second method consists of optimising the algorithm using the Galapagos Grasshopper plug-in, which uses a genetic algorithm [30] in which the centre of the sphere (S2) is restricted to moving along an axis found by interpolating the centres of the circles derived from the horizontal sections of the point cloud. The radius is calculated by minimising the distance between the sphere's surface and the point cloud [31].

These two models can help to understand the current geometry of the dome and, when combined, can suggest the original, unaltered shape. However, determining the optimal model, specifically the original model used for tracing and construction, is much more complex [32]. This task requires integrating knowledge from other disciplines, particularly local historical building practices, and a deeper under-

Fig. 7 - Accuracy analysis. Two dome's scalar fields connected to the dome's model. (@D. Prati).

standing of historical alterations and the structural behaviour of domes. Over time, historical monuments in their current form have undergone multiple restorations and modifications due to settling, functional or aesthetic changes, and construction errors. Therefore, the original shape of the dome may not match the previously mentioned models but should be considered among a group of shapes with different characteristics. Based on the behaviour of similar domes, it is likely that the crown region is positioned lower than the optimum shape. By linking the model to the displacement analysis as scalar field representations of the original point cloud, we can confront different model features with the point cloud and trace this information within the model using shared parameters. In this way, the HBIM model plays a key role in this type of analysis, allowing the use of appropriate software for quantitative assessment of deformations and displacements over time.

8. Crack analysis

The church's interior has significant cracks, some of which affect the masonry from the base to the roof of the upper gallery, as well as partially the vaults on the ground floor and the matroneum's balustrade. They are located on the four sides of the hall, at the weak points of the external walls: the entrance door, the stairs, and the first-floor apsidiole. Broken mortar markers from 1946 indicate that the cracks are not recent, yet they appear to continue widening despite the 2013 repairs. During these works, a metal hoop was installed at the top of the outer masonry and the base of the drum. Metal plates connected these two hoops to absorb the thrust coming from the cross vault of the matroneum. These cracks were also visible outside before the 2013 repairs, but the restoration completely sealed them [22].
As the developing crack pattern is of concern for the building's safety, a catalogue of the cracks was compiled during the survey. A survey sheet was used to record observations such as the building elements involved, crack shape, depth, the presence of monitoring systems, and the expected crack evolution. This data was then entered into a spreadsheet linked to the HBIM model. In addition, each crack was photographed and digitally drawn directly onto the textures obtained from the digital model.

9. Discussion and future developments

The trial carried out with this case study suggested some general considerations regarding the link between a traditional digital model and an information repository containing different sources related to the heritage: historical documents, descriptions of past interventions (restorations carried out, technical equipment installed, etc...), results of mechanical and geotechnical tests, and so on. The ultimate goal is not to have an exact digital geometric reproduction but rather a digital archive linked to the physical and geometric description of the monument. The need to leave the HBIM environment for information enrichment is due to the need to manage data, metadata and also 3D data and images, which cannot be inserted in a structured way in the BIM environment, except at the cost of forcing the system. Attaching a heterogeneous set of data inside parameter tabs is possible, but it can only be used for one-to-one

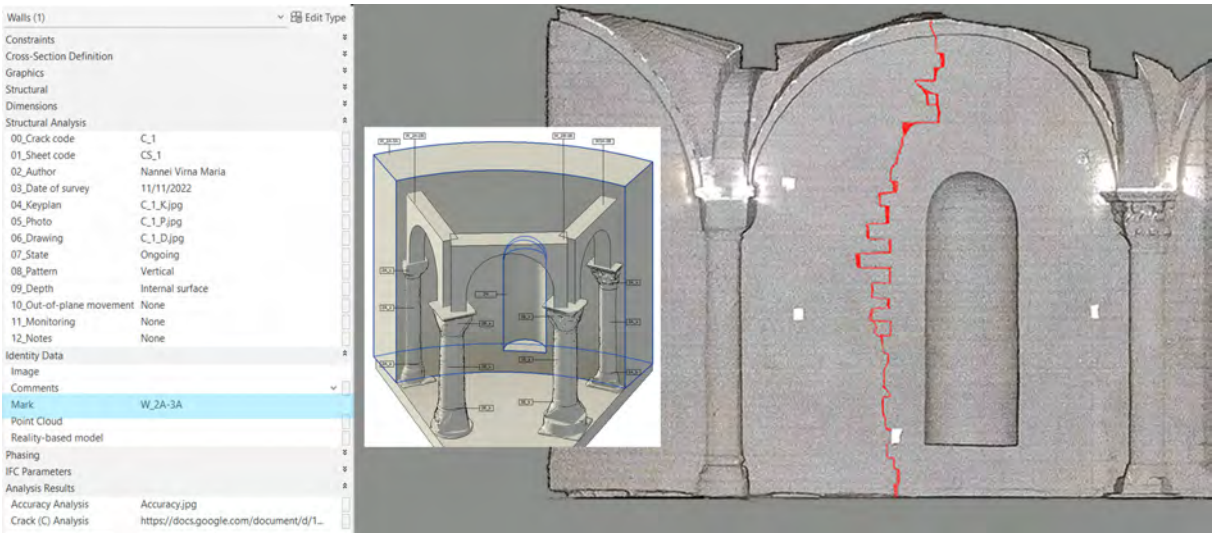

Fig. 8 - Crack analysis of section 2 walls. (@V.M. Nannei).

relationships, while new technologies and structured systems prefer graph databases to perform further implementations better. This activity is spreading anyway, thanks to increasingly powerful visual programming language tools [33].
Nevertheless, it is essential to point out that modelling in the BIM environment allows for a structured geometric and information database, with standards such as IFC allowing for online export. The HBIM methodology proposed here is far from being a 'digital twin'. The proposed approach is preliminary to the development of a web-based visualisation system. It can, therefore, be seen as untethered from the dynamics of commercial software and as part of a broader digital ecosystem that integrates and links strictly disciplinary data visualisation tools, like a kind of hypertext, a 'HyperBIM'.

References

[1] Lourenço PB. Masonry Structures, Overview. In: Beer M, Kougioumtzoglou IA, Patelli E, Au ISK, editors. Encyclopaedia of Earthquake Engineering, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014.
[2] Scianna A, Gaglio GF, La Guardia M. BIM Modelling of Ancient Buildings. In: Ioannides M, Fink E, Brumana R, Patias P, Doulamis A, Martins J, et al., editors. Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection, vol. 11196, Cham: Springer International Publishing; 2018.
[3] Bastem SS, Cekmis A. Development of historic building information modelling: a systematic literature review. Build Res Inf 2022; 50(5): 527–558.
[4] Murphy M, McGovern E, Pavia S. Historic Building Information Modelling - Adding Intelligence to Laser and Image Based Surveys of European Classical Architecture. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci 2012; XXXVIII-5/W16: 1–7.
[5] Adami A, Bruno N, Rosignoli O, Scala B. HBIM for Planned Conservation: A New Approach to Information Management. In: Börner W, Uhlirz S, editors. Proceedings of the 23rd International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2018, vol. 23, CHNT 23. Vienna: Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie; 2019.
[6] Brumana R. How to Measure Quality Models? Digitisation into Informative Models Re-use. In: Ioannides M, Patias P, editors. 3D Research Challenges in Cultural Heritage III. Cham: Springer International Publishing; 2023, p. 77–102.
[7] Oreni D, Brumana R, Della Torre S, Banfi F, Barazzetti L, Previtali M. Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila). ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci 2014; II–5: 267–273.
[8] Maiezza P. As-built reliability in architectural HBIM modeling. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci 2019; XLII-2-W9: 461–466.
[9] Banfi F. BIM orientation: grades of generation and information for different types of analysis and management process. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci 2017; XLII-2/W5: 57–64.
[10] Castellano-Román M, Pinto-Puerto F. Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). Digit Appl Archaeol Cult Herit 2019; 14: e00110.
[11] Bianchini C, Nicastro S. From BIM to H-BIM. 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) - 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018), San Francisco, CA, USA: IEEE; 2018.
[12] Bianchini C, Nicastro S. The definition of the level of Reliability. A contribution to the transparency of historical-BIM processes. DN 2018: 208–225.
[13] Stefano Brusaporci, Alessandra Tata, Pamela Maiezza. The "LoH - Level of History" for an Aware HBIM Process. In: Arena A, Arena M, Mediati D, Raffa P, editors. Connecting. Drawing for weaving relationships. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers. FrancoAngeli srl; 2021.
[14] Giovannini EC. VRIM workflow: semantic H-BIM objects using parametric geometries. In: Empler T, editor. 3D Modeling & BIM - Progettazione Design Proposte per la ricostruzione, Roma: DEI s.r.l.Tipografia del Genio Civile; 2017.
[15] Gaspani A. S. Tomè. Astronomia, geometria e simbolismo cosmico in una chiesa romanica. Fonte

di Connla; 2013.
[16] Lupo M. Codex diplomaticus civitatis, et ecclesiae bergomatis a canonico Mario Lupo eiusdem ecclesiae primicenio digestus notis, et animadversionibus illustratus; volumen primum. Praecedit... Bergamo: Ex typographia Vincentii Antoine [tipografo]; 1784.
[17] De Dartein F. Études sur l'architecture lombarde et sur les origines de l'architecture romano-byzantine. Paris: Dunod; 1865.
[18] Seroux d'Agincourt JBLG. Storia dell'arte col mezzo dei monumenti dalla sua decadenza nel IV secolo fino al suo risorgimento nel XVI secolo. Milano: Ranieri Fanfani; 1825.
[19] Osten F. Die Bauwerke in der Lombardei vom 7ten bis zum 14ten Jahrhundert. Darmstadt: Carl Wilhelm Leske; 1846.
[20] Kingsley Porter A. Lombard architecture. New Haven: Yale University Press; 1915.
[21] Fornoni E. La corte di Lemine e la chiesa di San Tomè. Bergamo: S. Alessandro; 1896.
[22] Rossi PP, Rossi C. Strengthening Interventions of the Romanesque Temple of San Tomè in Bergamo 2014.
[23] Croce V, Caroti G, De Luca L, Jacquot K, Piemonte A, Véron P. From the Semantic Point Cloud to Heritage-Building Information Modeling: A Semiautomatic Approach Exploiting Machine Learning. Remote Sens 2021; 13(3): 461.
[24] Matrone F, Grilli E, Martini M, Paolanti M, Pierdicca R, Remondino F. Comparing Machine and Deep Learning Methods for Large 3D Heritage Semantic Segmentation. ISPRS Int J Geo-Inf 2020; 9(9): 535.
[25] Grilli E, Menna F, Remondino F. A review of point cloud segmentation and classification algorithms. Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci 2017; XLII-2/W3: 339–344.
[26] Pierdicca R, Paolanti M, Matrone F, Martini M, Morbidoni C, Malinverni ES, et al. Point Cloud Semantic Segmentation Using a Deep Learning Framework for Cultural Heritage. Remote Sens 2020; 12(6): 1005.
[27] Rota Nodari C, Manzoni P. La rotonda di S. Tomè. Analisi di un'architettura romanica lombarda. Sondrio Italy: Lyasis; 1997.
[28] Gritti J. Almenno: Dartein e l'architettura medievale bergamasca. Fernand de Dartein. La figura, l'opera, l'eredità. 1838-1912. Quad Ananke 2012; 4: 158–167.
[29] Oldman D, Tanase D, Santschi S. The problem of distance in digital art history. Int J Digit Art Hist 2019: 5.29-5.45 Pages.
[30] Rutten D. Galapagos: On the Logic and Limitations of Generic Solvers. Archit Des 2013; 83(2): 132–135.
[31] Mirabella Roberti G, Nannei VM. Il rilievo per la diagnosi dei dissesti in San Tomè di Almenno. In: Della Torre S, Russo V, curatori. Restauro dell'architettura Per un progetto di qualità.. Roma: Edizioni Qasar; 2024; p. 629–37.
[32] Heyman J. On shell solutions for masonry domes. International Journal of Solids and Structures. 1967; 3:227–41.
[33] Lovell LJ, Davies RJ, Hunt DVL. The Application of Historic Building Information Modelling (HBIM) to Cultural Heritage: A Review. Heritage. 2023;6:6691–717.