

40° convegno Scienza e Beni Culturali
Collana Scienza e Beni Culturali
Volume.2025

ISSN 2039-9790
ISBN 978-88-95409-29-0

*LE PROSSIME SFIDE PER I BENI CULTURALI
RICERCA, COMPETENZE E PROFESSIONI A FRONTE DI
CAMBIAMENTI CLIMATICI, SOSTENIBILITÀ E TRANSIZIONE
DIGITALE*

Bressanone (BZ), 17 - 20 giugno 2025

I contributi estesi pubblicati nel presente volume sono stati sottoposti a double blind peer review da parte di esperti dello stesso settore.

Tutti i diritti riservati,
EDIZIONE ARCADIA RICERCHE Srl
Parco Scientifico Tecnologico di Venezia
Via delle Industrie 25/11 – Marghera Venezia
Tel.:041-5093048 E-mail: arcadia@vegapark.ve.it
www.arcadiaricerche.eu

È vietata la riproduzione, anche parziale o ad uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo, non autorizzata.

Le riproduzioni a uso differente da quello personale potranno avvenire, per un numero di pagine non superiore al 15% del presente volume, solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dall'editore.

*Finito di stampare nel mese di giugno 2025
presso Imoco Industrie Grafiche – Treviso - Italy*

SCIENZA E BENI CULTURALI

**LE PROSSIME SFIDE
PER I BENI CULTURALI
RICERCA, COMPETENZE E PROFESSIONI
A FRONTE DI CAMBIAMENTI CLIMATICI,
SOSTENIBILITÀ E TRANSIZIONE DIGITALE**

40° convegno di studi

Bressanone 17 – 20 giugno 2025

a cura di Guido Driussi e Zeno Morabito

CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO E SOSTENIBILITÀ SOCIALE: IL CASO DEL PROGETTO *CURIAMO*

L. Baratin, F. Gasparetto, V. Tronconi 1

UN PROCESSO DI CONSERVAZIONE VIRTUOSO AIUTA A EVOLVERE DALLA CONTRAPPOSIZIONE ALLA COLLABORAZIONE: IL CASO DELLA CHIESA DI S. ROMERIO IN VALPOSCHIAVO (SVIZZERA)

D. Foppoli, E. Rosina, E. Zanolari 13

PROPOSTA METODOLOGICA PER L'ASSEGNAZIONE DEI LIVELLI DI DANNO E LA STIMA DEI COSTI D'INTERVENTO IN COPERTURE A STRUTTURA LIGNEA E IN C.A.

R. Vecchiattini, M. Valentini 25

TUTELA DELLE AREE STORICHE URBANE E STRATEGIE DI TRASFORMAZIONE SOSTENIBILE. SFIDE E OPPORTUNITÀ PER LA CITTÀ VECCHIA DI GENOVA

C. Moggia, R. Vecchiattini 37

LA GESTIONE SOSTENIBILE DELL'ARTE CONTEMPORANEA NELLO SPAZIO PUBBLICO: METODI, CRITERI E INDICATORI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERFORMANCE

M. Gómez Ubierna 49

FRAGMENTS OF SUSTAINABILITY: REFLECTIONS ON THE CONSERVATION OF TANGIBLE AND INTANGIBLE HERITAGE

D. Pittaluga, F. Fratini, K. Admou, M. Ibnoussina 61

PARAMETERS FOR LOCAL BUILDING TRADITIONS AS CULTURAL HERITAGE TO MEET GLOBAL SUSTAINABILITY STANDARDS

N. Lombardini, M. Terzoni, A. Yusifli 73

MULTIDISCIPLINARIETÀ NELLA GESTIONE DEL PATRIMONIO STORICO: VALUTAZIONI IDRAULICHE E PROPOSTE DI RESTAURO PER LA EX STAZIONE FERROVIARIA DI STUPIZZA (UD)

M. Balistrocchi, P. Dreossi, A. Fellin, R. Ranzi, B. Scala, G. Vassena 85

INNOVAZIONE E PATRIMONIO COSTRUITO NELLA MISSIONE 1 DEL PNRR: OPPORTUNITÀ E LIMITI PER LA CONSERVAZIONE

C. Valiante 97

QUALITÀ E SOSTENIBILITÀ DEL RESTAURO ITALIANO: UNA FOTOGRAFIA DI SETTORE

D. Del Curto, A. Turrina 109

**‘SUPERECOBONUS’ E PATRIMONIO ARCHITETTONICO
RESIDENZIALE DEL SECONDO NOVECENTO. IL COMPLESSO
ABITATIVO ITALPOSTE A LODI (1979-1985 / 2021-2022)**

L. Magri 121

**MUTAMENTI DEL CLIMA, DISASTRI NATURALI E RELATIVE
CONSEGUENZE SUI COMPLESSI URBANI STORICI**

S. Gizzi 133

**LA CITTÀ MURATA DI AHMEDABAD. TENTATIVI DI PROTEZIONE E
PROCESSI DI EQUITÀ**

A. Tognon 145

**L’USO DELLE FONTI RINNOVABILI IN AMBITI DI VALORE STORICO
E PAESAGGISTICO: GLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI. PER UN
PROGETTO PILOTA NEL COMPLESSO MONUMENTALE DEL SAN
MICHELE A RIPA GRANDE IN ROMA**

C. Crova, L. Oliva 157

**COLLABORAZIONE TRANSFRONTALIERA ITALIA-SVIZZERA
FINALIZZATA ALLA MESSA A PUNTO DI PROCESSI DIAGNOSTICI ED
ANALITICI CONDIVISI**

D. Foppoli, E. Rosina, E. Zanolari 169

**MULINI A VENTO E SOSTENIBILITÀ. UN PATRIMONIO DI
ARCHEOLOGIA INDUSTRIALE DA RECUPERARE**

A. Trematerra 181

**TRA VALORE CULTURALE ED EFFICIENZA ENERGETICA:
STRATEGIE DI INTERVENTO IN VILLA GAZZOTTI (VICENZA)**

L. Sbrogiò, R. Canessa, M.R. Valluzzi 193

**PATRIMONIO CULTURALE E CAMBIAMENTI CLIMATICI. IL CASO
VENEZIA**

F. Trovò, G. Bruschi 205

**INTEGRATING CLIMATE RESILIENCE IN HISTORICAL BUILDINGS’
REHABILITATION: A SURVEY OF PROFESSIONAL PERSPECTIVES**

C.L.S. Blavier, L. Mulè, H.E. Huerto-Cardenas, C. Del Pero, F. Leonforte 217

**TOWARDS A SUSTAINABLE ROLE OF CONSERVATION/REUSE OF
BUILT CULTURAL HERITAGE IN FACE OF CLIMATE CHANGE
CHALLENGES; ADDA RIVER AND ITS DECOMMISSIONED WATER-
RELATED HERITAGE**

M. Rajabi 229

MONUMENTI VERDI: PARCHI E GIARDINI STORICI TRA FUNZIONE CULTURALE E SALVAGUARDIA AMBIENTALE

D. Crispino 241

TRANSIZIONE DIGITALE E PATRIMONIO CULTURALE: INTEGRAZIONE TRA RICERCA E ISTITUZIONI PER UNA CONSERVAZIONE SOSTENIBILE

A.M. Pentimalli Biscaretti di Ruffia 253

IL DIGITAL HERITAGE PER LA RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE DEL COSTRUITO STORICO

T. Zanni, M.R. Valluzzi 263

VERSO UN ARCHIVIO DIGITALE DI ARCHITETTURA CONTEMPORANEA GENOVESE

E. Geria 275

DALLA MORFOLOGIA DELLE LESIONI ALLA DIAGNOSI DEI DISSESTI: UN PROTOCOLLO IN AMBIENTE HBIM PER LA CLASSIFICAZIONE DEI DANNI STRUTTURALI

M. Parente, N. Bruno, F. Ottoni 287

LA BASILICA DI SAN LORENZO IN LUCINA A ROMA: SVILUPPI DI UN PROCESSO DIGITALE E DIAGNOSTICO PER LA CONOSCENZA E IL MONITORAGGIO DELLE CONDIZIONI CONSERVATIVE

M.G. Ercolino, C. Porrovecchio 299

METODOLOGIE E STRUMENTI PER LA CAMPAGNA DI DIGITALIZZAZIONE BI- E TRI-DIMENSIONALE DEL PIÙ ANTICO NUCLEO DELLE RACCOLTE STORICHE DI BRERA. LA MOSTRA VIRTUALE NAPOLEONE E L'ACCADEMIA

F. Berizzi, A. Mariani, C. Nenci, R. Rosso 311

ARCHITETTURE DELLA MEMORIA DOCUMENTAZIONE E DIGITALIZZAZIONE DELLE PERMANENZE INSEDIATIVE NEI PELORITANI

A. Altadonna, A. Chillemi, G. Salvo, F. Todesco 323

DAL PROGETTO DI RESTAURO AL METAPROGETTO PER LA DIGITALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO SULLE SUPERFICI DELL'ARCHITETTURA STORICA

V. Ciaffoni 335

LA DIGITALIZZAZIONE PER LA CONOSCENZA DI UN PATRIMONIO A RISCHIO. UNA SPERIMENTAZIONE SUI SITI REALI CAMPANI

R. Amore, M. Villani, M. Terracciano, M.G. Basilicata 347

**TECNOLOGIE PER IL RESTAURO: IL PROGETTO PILOTA DEL NINFE
DI VADUE (CAROLEI (CS) - CALABRIA) COME CASO STUDIO PER LA
CONSERVAZIONE E PROGETTAZIONE MULTIDISCIPLINARE**

M. Chiappetta, R. Greca, F. Bruno, D. Miriello, A. Lagudi, S. Paone,
A.M. Palermo 359

**LE PROSPETTIVE DI PROCESSO E PIATTAFORMA DIGITALE NELLA
VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE DELL'AUTOMO-
BILE**

R. Maspoli 371

TERRITORIO MUDÉJAR'S DIGITALIZATION STRATEGY

I. Ruiz Bazan, G.E.E. Vita, V.E. Trasobares Ruiz 383

**IN THE FACE OF DIGITALIZATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF
POLICIES IN ITALY AND CHINA**

N. Lombardini, S. Jiang 395

**ESPERIENZE DI DIDATTICA INTERNAZIONALE E NUOVE
COMPETENZE PER GLI ARCHITETTI DEL PATRIMONIO**

C. Bartolozzi, F. Novelli 407

**STRUMENTI DIGITALI PER L'ACQUISIZIONE, L'ANALISI E IL
CONFRONTO DELLA DOCUMENTAZIONE GRAFICA DELLA
ROTONDA DI SAN TOMÈ IN ALMENNO**

V.M. Nannei, E.C. Giovannini 419

**CONTENUTI, METODOLOGIE E STRUMENTI DIGITALI PER LA
CONSERVAZIONE, LA GESTIONE E LA VALORIZZAZIONE DELLA
PRESENZA MUSEALE ARCHEOLOGICA: IL CASO DEL MUSEO
NAZIONALE ROMANO IN PALAZZO ALTEMPS**

A. Pugliano, V.M. Lacolla 431

**IL CONTRIBUTO DELLA CULTURA DIGITALE AL PROGETTO DI
RESTAURO E ALLA VALORIZZAZIONE DEI MONUMENTI UMBRI
DANNEGGIATI DAL TERREMOTO. IL CASO DEL SAN SALVATORE DI
CAMPI (NORCIA)**

A. Pugliano, B. Gori, V.M. Lacolla 443

**VALORIZZARE LA STORIA DI UN TERRITORIO CON TECNOLOGIE
ABILITANTI: IL CASO DI MONTECATINI VAL DI CECINA**

S. Piane, M. Tennirelli, A. Brogni 455

**UN NUOVO BASAMENTO PER LA PROTEZIONE SISMICA DI BENI
MUSEALI**

A. Di Martino, F. Cannizzaro, N. Impollonia, F. Lo Iacono, G. Navarra,
M. Oliva 467

**EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL PATRIMONIO
ARCHITETTONICO DEL NOVECENTO: RIFLESSIONI SULLA TUTELA
E SUL RESTAURO ATTRAVERSO L'ANALISI DI CASI STUDIO IN
PIEMONTE**

L. Accurti, F. Lupo, M. Naretto 479

**CAMBIAMENTO CLIMATICO E STRATEGIE DI TUTELA DEL
PATRIMONIO COSTRUITO**

A. Biasi, I. Zamboni 491

**CLIMATE POLICIES AND ADAPTATION MEASURES FOR ALPINE
HERITAGE**

A. Psoma 503

**PARCHI E GIARDINI STORICI E CAMBIAMENTO CLIMATICO:
CARATTERI DI ADATTAMENTO E OPPORTUNITÀ NELLA
CONSERVAZIONE DI UN PATRIMONIO FRAGILE**

M. Ferrari 515

**NAPOLI NEL SUO SVILUPPO ORIENTALE: RESILIENZA E RESTAURO
PER IL PARCO CIMITERIALE DI POGGIOREALE**

P. Giordano 527

**EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUI PONTI IN FERRO: IL
CASO DEL PONTE SUL FIUME PO A CREMONA**

M. Scaglia 539

**AFFRONTARE GLI EVENTI METEREOLOGICI ESTREMI IN CONTESTI
ARCHEOLOGICI. STRATEGIE DI GESTIONE DELL'EMERGENZA NEL
PARCO ARCHEOLOGICO DI SUASA**

E. Melandri, A. Ugolini 551

**ALLUVIONE 2023 E 2024 NEL TERRITORIO DELLA SABAP-BO: ANALISI
DEI DANNI AL PATRIMONIO CULTURALE E CONSIDERAZIONI PER
UNA STRATEGIA DI PREVENZIONE**

F. Tomba, K. Ambrogio 563

**ALL'OMBRA DEL CHIOSTRO: ANALISI MICROCLIMATICHE DELLE
STRUTTURE CLAUSTRALI E STRATEGIE PER IL PROGETTO FRA
CONSERVAZIONE E INNOVAZIONE**

E. Petrucci, R. Cocci Grifoni, G.E. Marchesani 575

**ANALYZING MICROCLIMATE DYNAMICS IN LAKESIDE
ARCHITECTURE HERITAGE OF LAKE COMO**

E. Rosina, H.E. Toussi 587

**SOSTENIBILITÀ E RESTAURO A FERRARA. CASI DI INTEGRAZIONE
TRA BENE CULTURALE E INTERVENTI VOLTI AL MIGLIORAMENTO
DELL'EFFICIENZA ENERGETICA**

K. Ambrogio, F. Tomba 599

**PONTI STORICI TRA SICUREZZA E CONSERVAZIONE. STRATEGIE
DIAGNOSTICHE PER UN USO COMPATIBILE**

A. Saisi 611

**IL RUOLO DELLA CONOSCENZA COME PREREQUISITO
FONDAMENTALE NEL PROGETTO DI RESTAURO: IL CASO DI
PALAZZETTO BESTA DI BIANZONE (SO)**

C.G. Bonaglia, D. Foppoli, L. Aliverti 623

**LA REGINA VIARUM 2300 ANNI DOPO: INNOVAZIONE TECNOLOGICA
DI INTERVENTO ATTRAVERSO QUANTO SANCITO DALL'ARTICOLO
9 DELLA COSTITUZIONE ITALIANA**

E. Dello Vicario, S. Bella, S. Nardocci, D. Leonardi, P. Galassi, G. Signori 635

**IL PROGETTO DI RESTAURO DEI MANUFATTI ANTICHI DELL'ORTO
BOTANICO DI PADOVA. SOSTENIBILITÀ E PREVENZIONE**

S.R. Illuzzi, D. Perissinotto 645

**LA SFIDA DI CONSERVARE LE AREE ARCHEOLOGICHE FRAGILI:
DAL MONITORAGGIO ALLA PROGETTAZIONE NEL CASO DELLA
TOMBA DEI PESCI DI CAGLIARI**

E. Romoli, G. Petra, F. Leonforte, E. Rosina, F. Serrenti 657

**IL RESTAURO TRA SOSTENIBILITÀ TECNOLOGICA ED ECONOMICA:
IL CASO DEL MUSEO E IL REAL BOSCO DI CAPODIMONTE ED IL
PROJECT FINANCING**

C. Aveta, A. Capuano 669

**MULTI-RISCHIO PATRIMONIO. FENOMENI CALAMITOSI E
RIFLESSIONI OPERANTI NELL'AGRO AVELLANO**

A. Sodano 681

**MATERIALI E METODOLOGIE PER INTERVENTI DI CONSERVAZIONE
DELLE PAVIMENTAZIONI LITICHE IN AREE SOTTOPOSTE ANCHE A
VINCOLO MONUMENTALE DIRETTO (DL 42/2004)**

E. Dello Vicario, S. Bella, S. Nardocci, P. Galassi, D. Leonardi, G. Signori 693

**TRA CONSERVAZIONE E RISCHIO SISMICO. LA TUTELA DELLA
CHIESA DI SAN BARTOLOMEO APOSTOLO AD ENZOLA (POVIGLIO,
REGGIO EMILIA) ATTRAVERSO IL PIANO DI DIAGNOSTICA**

L. Bolondi, R. De Ponti, L. Cantini 701

INNOVATIVE APPROACHES FOR THE CONSERVATION OF STONE MATERIALS IN CRITICAL MICROCLIMATIC ENVIRONMENTS: THE USE OF HYDROXIDE NANOPARTICLES

C. Tuccio, F. Armetta, M.L. Saladino 713

IL GEL DI *OPUNTIA*: UNA PROPOSTA SOSTENIBILE PER IL CONSOLIDAMENTO DI PITTURE MURALI “A SECCO”

S. D'Ottavio, E. Manzo, L. Bacchetta, A. Tati, C. Alisi 725

LE MEMBRANE TESSILI: UN SISTEMA INTEGRATO PER MIGLIORARE LE PRESTAZIONI AMBIENTALI DEGLI EDIFICI MONUMENTALI

L. Coco, M. De Vita, C. Bartolomucci 737

UN PASSATO SOSTENIBILE: SUPPORTI E IMBALLAGGI ECOLOGICI PER LA CONSERVAZIONE DEI REPERTI ARCHEOLOGICI

S. Bini, C. Tomaini 749

IL PROGETTO CO.R.A.V.E., TRA RUDERI E VEGETAZIONE: PRIMI ESITI DA UNA SPERIMENTAZIONE DI RESTAURO ARCHEOLOGICO

E. Morezzi, T. Vagnarelli, L. Borgioli 759

SVILUPPO DI NUOVI MATERIALI PER IL RESTAURO DEL PATRIMONIO CULTURALE MEDIANTE RICICLO IN UN'OTTICA DI GEOPOLIMERI

G. Trinchese 771

PER UNA COMUNITÀ PROFESSIONALE IN APPRENDIMENTO SULLA TRANSIZIONE DIGITALE NEI MUSEI: L'*AULA VIRTUALE* COME STRUMENTO DI CONDIVISIONE

P. Petrarola, C. Achille 783

I PROFILI PROFESSIONALI DELLA GESTIONE INFORMATIVA DIGITALE PER IL RESTAURO ARCHITETTONICO

A.L.C. Ciribini 795

CONSERVAZIONE PROGRAMMATA ED EVOLUZIONE CLIMATICA. PROBLEMI, SFIDE, APPROCCI METODOLOGICI

S. Fasana, M. Zerbinatti 807

LA TUTELA DELLE COMPETENZE ARTIGIANALI E LE NORME: IL CASO DEI COSTRUTTORI DI MURI A SECCO

M. Fumo, G. Trinchese, G. D'Angelo 819

LA TUTELA DEL PAESAGGIO NELLA SOCIETÀ IN CAMBIAMENTO. QUALI SFIDE PER GLI OPERATORI DEL SETTORE TRA DIRITTO ALL'INNOVAZIONE E DOVERE DI SALVAGUARDIA

F. Miraglia 831

OLTRE LE “SPECIFICHE COMPETENZE”: LA MULTIDISCIPLINARIETÀ AL PARCO ARCHEOLOGICO DI POMPEI

M.P. Amore, A. Spinosa

839

DOTTORATO NAZIONALE IN HERITAGE SCIENCE

851

USING THE DELPHI METHOD TO DEFINE COMPETENCIES FOR RECUITING, TRAINING AND DESCRIBING PROFESSIONALS

A. Calderan

853

VERSO «LA PROFEZIA DEL MIGLIOR AMBIENTE D’ABITAZIONE PER L’UOMO». STRATEGIE E SOLUZIONI DI UN CONTESTO PASSATO PER TEMI E DOMANDE ANCORA ATTUALI

M. Mauri

859

DIGITALIZZARE L’ARCHIVIO D’ARTISTA: IL CARTEGGIO DI VINCENZO AGNETTI

G. Cerrelli

865

TRANSITIONAL SPACES IN HISTORIC CITIES AND CLIMATE CHANGE: A TRANSVERSAL APPROACH TO ADAPTATION, REUSE AND CONSERVATION FOR NEW RESILIENCE SOLUTIONS

S. Matoti

871

PATRIMONIO COSTRUITO URBANO A RISCHIO: INDAGINI SU DB GEORIFERITI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO

F. Ravizza

875

SOLUZIONI SOSTENIBILI PER FRONTEGGIARE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO. IL CASO DELLA BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III DI NAPOLI

S. Cenatiempo

881

***DIGITAL PAPHYROLOGY* E NUOVI APPROCCI ANALITICI: PER UNO STUDIO DEI PAPIRI ERCOLANESI DELLA BIBLIOTECA NAZIONALE DI NAPOLI IN UNA PROSPETTIVA DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE**

S. Serraino

887

METHODS FOR EVALUATING THE STATE OF CONSERVATION OF OUTDOOR CONTEMPORARY MURAL PAINTINGS IN PAINTED VILLAGES IN ITALY

A. Cairolì

893

**IL MONITORAGGIO DEL MICROCLIMA PER LA VALUTAZIONE E LA
PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI CONSERVATIVI: IL CASO
DELLA CHIESA DI SANTA MARIA DI CORREANO AD AUSONIA (FR)**

E. Maddalena 899

**CONSOLIDATION OF HISTORICAL STONE HERITAGE: AN OVERVIEW
OF CURRENT RESEARCH**

A. Verniero, B. Liguori, D. Caputo 905

**STRATEGIE PER LA CONSERVAZIONE DELLE GROTTA RUPESTRI
DEL SICHUAN, CINA**

N. Iacopino, S. Della Torre, E. Gioventù, X. Zhenbin, A. Sansonetti 911

**DAL BENE CULTURALE AL DATO DIGITALE: UNA DISCUSSIONE
APERTA NEL CAMPO DELLA STORIA DELL'ARTE**

M.S. Matarrese 917

**ARCHIVI IN TRANSIZIONE. STRATEGIE DIGITALI PER LA
VALORIZZAZIONE DEL FONDO CAVALCASELLE**

J. Palermo 923

**LA DIAGNOSTICA APPLICATA ALLA CONSERVAZIONE DELLE
STRUTTURE MISTE IN MURATURA-CALCESTRUZZO:
POTENZIALITÀ, LIMITI E PROSPETTIVE FUTURE**

M. Schiaffini 929

**FENOMENOLOGIA DEI MUSEI IN FASE DI PROGETTAZIONE: PER UNA
STRATEGIA DI GESTIONE ETICA, TECNOLOGICA E SOSTENIBILE**

F. Tardani 935

ATMOSFEROLOGIA E INFRASTRUTTURE ANTICHE

F.K.B. Simi 941

**RE-THINKING SOLVENT CLEANING IN CULTURAL HERITAGE:
INVESTIGATING ESSENTIAL OILS AS BIOBASED, SUSTAINABLE
ALTERNATIVES**

C. Suraci 947

COLLABORAZIONE TRANSFRONTALIERA ITALIA-SVIZZERA FINALIZZATA ALLA MESSA A PUNTO DI PROCESSI DIAGNOSTICI ED ANALITICI CONDIVISI

DARIO FOPPOLI¹, ELISABETTA ROSINA², EVARISTO ZANOLARI³

¹Foppoli e Moretta Associati srl, Tirano (SO) - Italy
d.foppoli@foppolimoretta.it

²Politecnico di Milano, Milano – Italy
elisabetta.rosina@polimi.it

³Zarch sa, Poschiavo (GR) - Swiss
info@zar.ch

Abstract.

The Interreg project ConValoRe, as stated by its acronym, had the aim of creating a Common Retic Space, extended to province of Sondrio in Italy and Graubünden Canton in Swiss, in which to share skills aimed at developing a correct approach to the conservation and valorization of cultural and environmental heritage. Some buildings on both sides of the border were selected as representative case studies, with reference to their typology and state of conservation.

A complete and articulated knowledge path of these buildings was developed through analysis techniques that were selected by comparing the methodologies used in Swiss and Italy. A virtuous and emblematic path was thus drawn, moving from laser-scanner and photogrammetric survey to structural diagnostic («NDT») to surfaces and microclimate diagnostic. It was so possible to obtain the data necessary to fully identify the structural, conservative and environmental vulnerabilities of the analyzed buildings.

The data obtained from NDTs were consequently implemented in proper HBIM models in order to record all the information in an interoperable way, suitable to be used to ensure the conservation and maintenance of cultural heritage buildings. This allows to orient the choices of valorization with a better awareness of both the potentiality and the vulnerability of the buildings and the costs and difficulties to be faced for the restoration, if any, and the maintenance.

Keywords: *HBIM, NDT, diagnostic, laser scanner*

Introduzione

La salvaguardia del patrimonio culturale può essere ottenuta solamente con l'integrazione di diverse discipline e competenze; per questo è necessario partire da una solida base di dati sviluppando un processo virtuoso che si fondi su appropriate attività di analisi e conoscenza.

L'approccio olistico che deve essere posto alla base della conservazione di un edificio facente parte del patrimonio culturale prevede infatti un percorso che passa attraverso la conoscenza delle fasi costruttive, dei metodi di produzione e dei processi di invecchiamento dei materiali. L'accorpamento di tutte le informazioni reperite nelle fasi di rilievo, ispezione e ricerca documentale in un modello unico, permette di avere una visione d'insieme dettagliata della storia dell'edificio, delle demolizioni e ricostruzioni susseguitesì, di riconoscere gli elementi originali da quelli ricostruiti o riprodotti nel tempo, fattori che sono essenziali sia per valutare il comportamento strutturale che per sviluppare in modo informato ed appropriato le eventuali successive fasi progettuali.

Con questa visione, in una zona alpina geograficamente centrale ma a cavallo del confine di stato tra Valtellina e Valposchiavo, è stato sviluppato negli anni scorsi un progetto finalizzato a condividere informazioni e conoscenze in merito all'approccio alla conservazione e valorizzazione dei beni culturali allo scopo di mettere a punto metodologie operative uniformi e condivise ai due lati del confine.

Il progetto, attuato negli anni 2020-2023, è stato denominato («Conservare e Valorizzare nello spazio comune Retico»), acronimo ConValoRe, ed inserito nella programmazione transfrontaliera Italia Svizzera, c.d. Interreg, con capofila il comune di Tirano (Italia) e la Regione Bernina (Svizzera) ed una articolata partnership comprendente tra gli altri il Politecnico di Milano ed il Servizio Monumenti dei Grigioni. Ha previsto lo sviluppo di attività intangibili di promozione, formazione e disseminazione, ma anche l'applicazione di tecniche di rilievo, diagnostica ed analisi selezionate su quattro casi studio, tre situati in Svizzera ed uno in Italia: Chiesa di San Vittore Mauro a Poschiavo (CH); Casa Samadeni a Poschiavo (CH); Chiesa di San Romerio a Brusio (CH) e Palazzo Visconti Venosta a Tirano (IT).

In una prima fase sono stati acquisiti dati attraverso la ricerca storica, l'ispezione visiva ed il rilievo dettagliato della geometria degli edifici con modalità laser scanner. Successivamente sono state eseguite prove leggermente distruttive («Minor Destructive Testing - MDT») in numero limitato, integrate con prove non distruttive («Non-Destructive Testing – NDT») al fine di estendere i dati riducendo l'impatto sull'edificio. In questo modo è stato possibile rilevare i dettagli costruttivi e valutare l'omogeneità dei materiali senza limitare la densità di informazioni ottenibili dal processo conoscitivo.

Tutti i dati i raccolti sono stati utilizzati per implementare un modello HBIM («Heritage Building Information Modeling») con l'obiettivo di realizzare un unico sistema in grado di operare, attraverso l'interscambio di informazioni, durante tutto

il ciclo di vita dell'edificio. Nel settore dei beni culturali tale metodologia consente di applicare il concetto di digitalizzazione agli edifici storici che, per loro natura, costituiscono il risultato di innumerevoli fasi costruttive ed evolutive, stratificazioni materiche, modifiche architettoniche e strutturali.

L'elaborazione teorica compiuta in anni recenti ha portato a definire una metodologia che si articola a partire dal rilievo digitale integrato al BIM e consente di classificare le informazioni quantitative sul danno esistente esportabili per le valutazioni strutturali¹, di realizzare analisi numeriche strutturali, di gestire efficacemente i processi di progettazione e Direzione dei Lavori² e di implementare anche la gestione del Piano di Conservazione³ all'interno del processo.

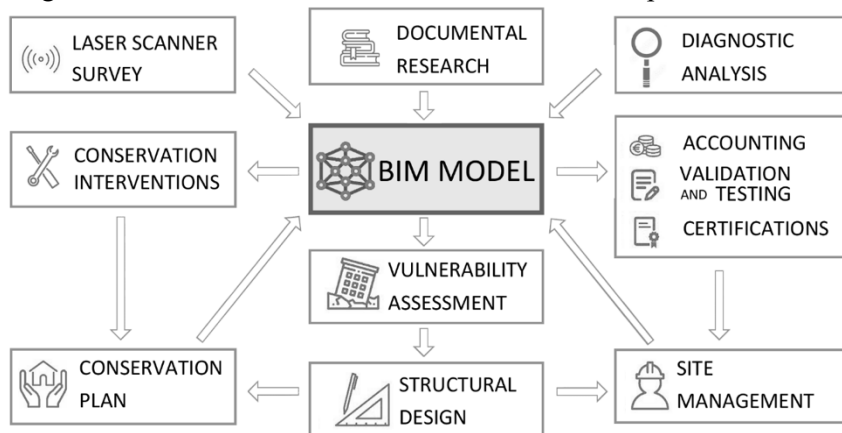


Fig. 1. Flusso di azioni ed informazioni nel processo HBIM⁴

Il processo HBIM risulta efficace per poter assimilare la vastissima quantità di dati, geometrici, storici e diagnostici (Fig. 1): i modelli elaborati vengono arricchiti da metadati che ne garantiscono l'interoperabilità, intesa come capacità di due o più programmi di condividere e scambiare informazioni inserendosi così in un sistema globale. Infine essi risultano costantemente aggiornabili e modificabili in modo che tutti gli operatori coinvolti nei futuri processi di progettazione, realizzazione degli interventi e gestione degli edifici possano farvi riferimento per l'intera vita utile degli stessi.

Percorso della conoscenza

Al fine di ottenere un'adeguata densità di informazioni in relazione ad un edificio esistente è necessario perseguire quello che viene definito il percorso della

¹ CARDANI et al. 2014, pp.135-146.

² ORENI et al. 2017.

³ DELLA TORRE et al. 2020, pp.231-241.

⁴ ARMANASCO et al.2022.

conoscenza. Dal punto di vista strutturale esso si articola nelle seguenti attività⁵: analisi storica delle fasi costruttive, degli eventi accaduti e degli interventi di adeguamento; rilievo geometrico ed analisi del degrado, del quadro fessurativo e delle deformazioni; rilievo dei dettagli costruttivi e dello stato di conservazione di materiali e strutture; caratterizzazione meccanica dei materiali; caratterizzazione del comportamento terreno-fondazione; monitoraggio.

Nei capitoli successivi verrà analiticamente presentata la declinazione di tale percorso nel caso-studio e l'implementazione dei suoi esiti nel modello HBIM, obbiettivo non secondario del progetto.

Rilievo Laser-scanner

Sebbene la metodologia HBIM possa essere sviluppata anche a partire dagli elaborati geometrici tradizionali, il rilievo laser scanner rappresenta la modalità che meglio ne valorizza le peculiarità in quanto minimizza l'amplificazione dell'errore di rilievo conseguente all'errore di restituzione. Tale modalità di rilievo fornisce informazioni ridondanti sulla consistenza dell'organismo edilizio, da cui possono essere ricavate, anche in un momento successivo, indicazioni utili per la classificazione degli elementi della costruzione, p.e. strutture, tamponamenti, elementi decorativi. In questo modo si ottiene una base consistente per implementare tutte le successive fasi di analisi, di valutazione e di progettazione.

L'utilizzo della tecnologia laser-scanner 3D produce in output una notevole densità di informazioni metriche che risulta indispensabile per la corretta e puntuale modellazione tridimensionale dell'edificio e consente di eliminare le approssimazioni tipiche del rilievo tradizionale. Il rilievo può così costituire un efficace punto di partenza per la modellazione e contestualmente parte integrante della metodologia HBIM finalizzata ad implementare un database di informazioni il più ampio possibile.

Operando nel caso-studio su edifici esistenti, ed ancor più specificatamente storici, caratterizzati come sempre accade da numerose irregolarità geometriche, le complessità che si presentano durante la trasposizione tridimensionale del rilievo obbligano l'operatore ad effettuare semplificazioni, che devono essere attentamente valutate in relazione alla sensibilità delle informazioni che vengono restituite. L'approccio a tale schematizzazione dipende fortemente dall'obiettivo dell'intervento e quindi a titolo di esempio il modello parametrico necessario per effettuare la valutazione di vulnerabilità sismica di un edificio conterrà informazioni e avrà tolleranze differenti rispetto a quello necessario per la progettazione di un intervento di restauro o di un intervento impiantistico.

Il numero di posizioni di scansione necessarie per la descrizione dell'edificio dipende da diversi fattori primo dei quali la complessità geometrica del bene; risulta tuttavia determinante a questo riguardo anche la quantità di oggetti presenti

⁵ ARMANASCO et al. 2014, pp.13-15.

all'interno ed il livello di dettaglio richiesto per la restituzione⁶. Per descrivere realtà geometricamente complesse e spazialmente ampie, come nel caso della Collegiata di San Vittore a Poschiavo (Fig. 2), il numero di stazioni risulta molto elevato, in quanto deve consentire di rilevare tutti gli oggetti strutturali, architettonici ed artistici d'interesse, soprattutto in contesti dimensionalmente limitati quali p.e. i vani lungo la canna del campanile o i sottotetti.



Fig. 2. Nuvola di punti Chiesa di San Vittore a Poschiavo

Nelle aree non direttamente visibili da terra o da posizioni elevate accessibili, il rilievo laser-scanner è stato integrato utilizzando un drone che ha effettuato riprese fotografiche prevalentemente delle coperture. Appositi software di structure from motion hanno poi consentito di ricavare dalle foto aeree una nuvola di punti tridimensionale, analoga a quella prodotta dal laser scanner, idonea a completare il rilievo dove lacunoso. È opportuno sottolineare che comunque la nuvola di punti ottenuta per via fotogrammetrica non consente di raggiungere la precisione delle nuvole prodotte con laser scanner.

L'ultima fase del processo consiste nel trattamento delle informazioni raccolte in campagna tramite appositi software che permettono di elaborare i dati, verificarne la correttezza, correggere eventuali problemi di coerenza ed unirli in modo tale da creare il modello digitale dell'edificio; il prodotto finale del rilievo consiste quindi in un'unica nuvola di punti georeferenziata.

Modello HBIM

La modellazione deve consentire di mantenere comunque tutti i dati ottenuti dal rilievo integrando nel modello la nuvola di punti, la quale viene importata nel

⁶ BRUMANA et al. 2017.

software di modellazione in un formato compatibile con esso, es. .rcp per Autodesk Revit. In questo modo non viene ridotta la densità delle informazioni geometriche disponibili e nel contempo è possibile effettuare la modellazione privilegiando l'utilizzo di elementi parametrici, piuttosto che perseguire una rigorosa precisione geometrica⁷ che costringe a rinunciare alla parametricità del modello. Durante la modellazione HBIM è necessario considerare fin dal principio che il modello stesso deve risultare idoneo a mutare nel tempo, arricchito dalle informazioni che verranno rese man mano disponibili e che dovranno essere integrate durante il ciclo vita dell'edificio.

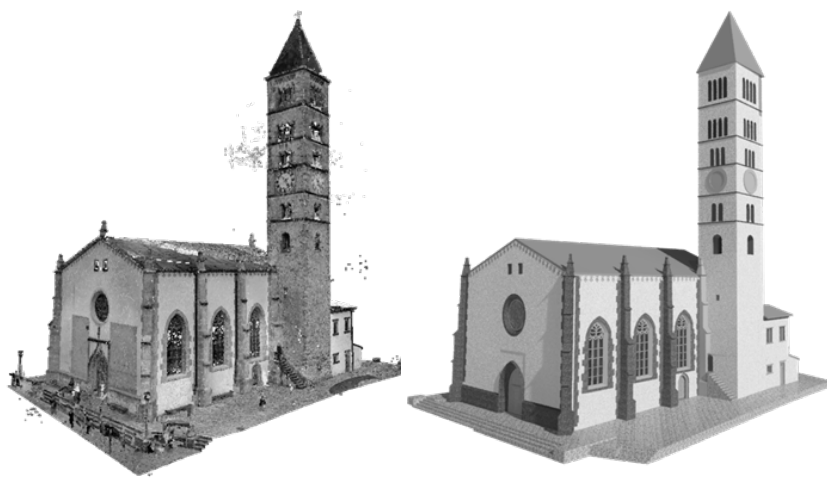


Fig. 3. Dalla nuvola di punti al modello BIM, Chiesa di San Vittore Mauro

I modelli informativi sono caratterizzati da dati, informazioni e contenuti informativi contemporaneamente digitali, relazionali parametrici, strutturali rielaborabili⁸: durante il passaggio tra LOD («Level Of Development/Definition») con differente grado di definizione, i dati contenuti nel modello devono essere considerati consolidati rispetto al livello precedente e non soddisfacenti rispetto al livello successivo. Attualmente nella normativa italiana⁹ risultano definite scale specifiche in base all'ambito operativo del progetto e sono state ulteriormente specificate scale ad hoc per interventi di recupero e restauro di beni vincolati. È necessario raggiungere il LOD F per esprimere la virtualizzazione dello stato di fatto del bene, verificata sul luogo; il LOD G risulta caratteristico dell'aggiornamento del modello rispetto al precedente stato di fatto, implementando gli interventi di gestione e manutenzione.

⁷ LOMBARDINI et al. 2019.

⁸ BRUMANA et al. 2019.

⁹ UNI 11337-4.

Nella norma¹⁰ vengono inoltre definiti i ruoli, requisiti e flussi informativi propri del processo di digitalizzazione, nonché i livelli di coordinamento. Dal punto di vista generale risulta infatti utile dividere i modelli per discipline: architettonico, strutturale, impiantistico. I modelli disciplinari devono risultare coerenti dal punto di vista geometrico e informativo, devono essere perciò privi di incongruenze reciproche e di interferenze. In relazione all'analisi dei beni culturali, risulta fondamentale il coordinamento di dati, informazioni e geometrie, mentre l'analisi delle interferenze assume un ruolo fondamentale soprattutto nella fase di progettazione.

La modellazione effettuata (Fig. 3) ha consentito peraltro di mettere in evidenza alcuni limiti dell'attuale applicazione del processo HBIM: esso non risulta ancora compiutamente sviluppato dal punto di vista tecnico, per cui permangono procedure che richiedono interfacce esterne (plug-in o software esterni) le quali non consentono una completa automazione dei processi di feed-back. Inoltre l'utilizzo nel modello di elementi standardizzati risulta molto semplice, ma nel caso di edifici esistenti è estesamente necessario procedere a modellare elementi ad hoc, operazione che risulta complessa e poco efficace, comportando un notevole dispendio in termini temporali.

Indagini Diagnostiche

L'ispezione visiva ha consentito di definire lo stato di conservazione, effettuare l'analisi del quadro fessurativo e selezionare gli elementi che richiedono indagini più approfondite. Sulla base di ciò per ogni edificio sono state programmate campagne diagnostiche in situ che combinando prove leggermente distruttive e prove non distruttive, in modo da estendere le informazioni numeriche ottenute dalle prime senza causare un impatto significativo sul manufatto.

Il rilievo a vista dei dettagli costruttivi è stato implementato mediante endoscopie ed analisi termografiche; queste ultime consentono anche di localizzare materiali differenti, risultando utili per esempio per identificare la tessitura muraria sotto gli intonaci.

In modo complementare sono state realizzate prove RADAR ed ultrasoniche allo scopo di localizzare la presenza di discontinuità nel corpo murario. A questo proposito è opportuno segnalare che nell'ambito della presente ricerca sono state applicate a scopo sperimentale alcune tecniche di prova innovative.

Nel caso del GPR («Ground Penetrating RADAR») lo strumento utilizzato è implementato con la tecnologia SFCW («Stepped Frequency Continuous Wave») che consiste nell'emissione di frequenze discrete equidistanti con una data larghezza di banda. In questo modo il target può essere individuato sulla base della sua risposta al segnale per ogni frequenza discreta, ottimizzando così la risoluzione in relazione alla profondità di penetrazione. Nel caso delle prove ultrasoniche è stata applicata la

¹⁰ UNI 11337-5.

tecnica pulse-echo, che analizza la riflessione di brevi impulsi di onde elastiche mediante una serie di trasduttori equi spaziat di emissione-ricezione degli impulsi che restituiscono l'ecografia 2D o 3D dell'elemento analizzato. Gli esiti di queste prove si prestano ad essere confrontati e combinati ottimizzando l'interpretazione dei risultati (Fig. 4).

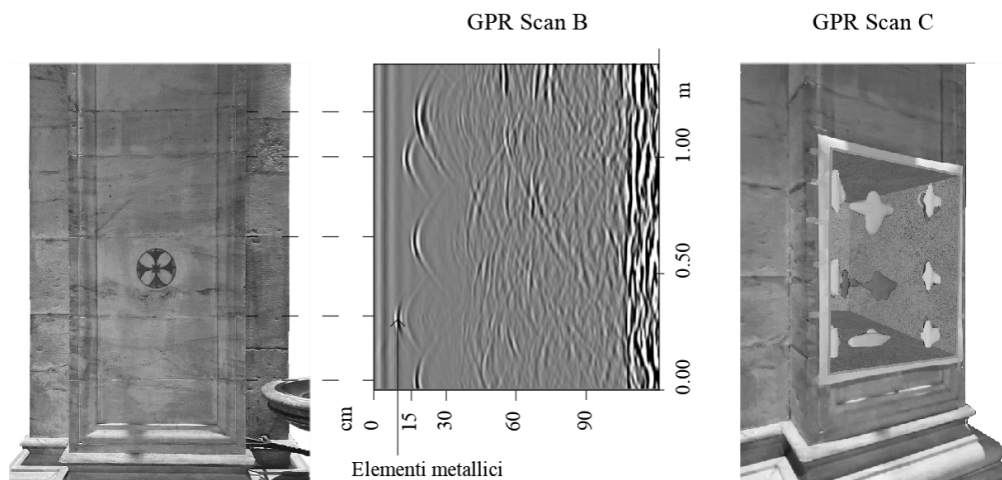


Fig. 4. Confronto tra le scansioni sezionali (scan B) e volumetriche (scan C) di un pilastro che localizzano e visualizzano gli elementi metallicci presenti nei giunti tra i conci

La caratterizzazione meccanica delle murature è stata effettuata attraverso prove con martinetti piatti, che hanno consentito di determinare le caratteristiche di deformabilità e di stimare la resistenza a compressione. Tali prove, di natura MDT, sono state limitate a Casa Samadeni ed a palazzo Visconti Venosta, estendendone i risultati tramite prove soniche NDT. La velocità di propagazione delle onde di volume nel materiale è quindi stata correlata con il modulo di deformabilità e con la resistenza a compressione della muratura sperimentalmente ed utilizzando dati bibliografici relativi a murature simili ubicate nello stesso contesto territoriale¹¹. La consistenza delle malte, che incide direttamente sulla resistenza della muratura, è stata indagata mediante prove penetrometriche sui giunti di malta.

L'analisi delle strutture in legno, ed in particolare dell'orditura della copertura e dei solai, è stata effettuata mediante ispezione visuale che, con le metodologie prescritte dalla norma¹², ha consentito di classificare le travi in sito; nei punti dove gli esiti di tale ispezione sono risultati non univoci si è proceduto ad individuare e circoscrivere le aree in cui il degrado compromette il comportamento meccanico dell'elemento strutturale mediante prove penetrometriche con strumento resistografico. Attraverso questo strumento è stato inoltre possibile analizzare nel dettaglio i nodi strutturali

¹¹ SALA et al.2022.et al. 2021

¹² UNI 11119:2004.

degli elementi in legno: tenone/mortasa/cavicchio, esprimendo un giudizio anche in merito all'efficienza delle connessioni. Infine, a cura del Servizio Monumenti dei Grigioni, sono stati utilizzati metodi dendrocronologici per datare alcune tra le travi presenti in sito.

Implementazione dei dati documentali e diagnostici nel modello

Le informazioni desunte dall'analisi documentale, dal rilievo del quadro fessurativo e dalle indagini diagnostiche sono state successivamente inserite nel database del modello. La potenzialità del processo HBIM consiste nel fatto che questa fase può essere man mano integrata seguendo le eventuali fasi di approfondimento diagnostico, peculiari della realizzazione degli interventi in cantiere, e successivamente aggiornata durante la vita utile dell'edificio con nuovi dati che consentono di approfondire il livello di conoscenza ed aggiungere documentazioni ed informazioni nell' ACDat («Ambiente di Condivisione dei Dati») e nel modello stesso.

Nel caso specifico la modellazione HBIM ha caratterizzato gli elementi strutturali, codificando e parametrizzando gli stessi in base all'epoca della costruzione, alle caratteristiche del materiale, alle caratteristiche costruttive ed agli eventuali danni strutturali rilevati in fase di ispezione. La documentazione storica disponibile è stata catalogata ed inserita all'interno del modello e dell'ACDat, ottenendo un collegamento univoco fra l'elemento parametrico ed il documento da cui è stata reperita l'informazione.

Successivamente sono state implementate le informazioni desunte dalla campagna d'indagine. Sono state rappresentate la distribuzione e la localizzazione dei fenomeni fessurativi mediante modellazione tridimensionale delle fessure con elementi parametrizzabili integrati con tutte le informazioni rilevate nella schedatura delle fessure stesse. Sono stati implementati infine i dati ottenuti dal rilievo dei dettagli strutturali e delle caratteristiche dei materiali attraverso la modellazione di elementi che consentono la localizzazione corretta dei punti di prova nello spazio tridimensionale del modello.

Piano di Conservazione

Nell'ambito dei beni vincolati il Piano di Conservazione costituisce lo strumento di pianificazione delle attività che hanno l'obiettivo di tutelare, conservare e valorizzare il patrimonio culturale secondo una strategia dinamico-sistemica, in contrapposizione con l'ordinario processo di manutenzione che si basa invece sui due concetti di vita utile degli elementi tecnologici e di riparazione a guasto avvenuto, più idonei quindi all'applicazione ai beni "nuovi".

L'approccio HBIM fornisce un supporto efficace per impostare e gestire il Piano di Conservazione in quanto si basa su un sistema informatizzato che consente di registrare informazioni in maniera continuativa e di renderle disponibili in tempo

reale¹³. L'intero processo risulta estremamente efficiente a condizione di tenerne conto fin dalle fasi di impostazione del modello, ovvero di modellare gli elementi e correlarli mediante parametri che ne definiscono caratteristiche manutentive e conservative.

A questo scopo a ciascun elemento modellato, ritenuto omogeneo per materiali, tecniche impiegate e condizioni di esposizione alle sollecitazioni antropiche ed ambientali, è stato assegnato uno specifico parametro compilato con un codice alfanumerico, derivante da una preliminare scomposizione del manufatto in ambienti e in elementi, in grado di identificarlo in modo univoco.

Il modello viene poi gestito creando ed eventualmente esportando semplici abachi che riportano gli elementi codificati, tavole bidimensionali o con viste tridimensionali in cui vengono esplicitate le codifiche, oppure interrogando direttamente il modello mediante un visualizzatore. Ciò fornisce ai gestori del bene informazioni continue ed interoperabili relative alla programmazione delle operazioni preventive/manutentive necessarie specificandone i tempi e le risorse. Al termine di ogni specifica azione manutentiva deve essere necessariamente effettuato il feed-back del database che consente di mantenere attivo lo storico delle operazioni realizzate.

Modellazione strutturale e valutazione della vulnerabilità

La modellazione è stata utilizzata anche per effettuare la valutazione della vulnerabilità strutturale rispetto alle combinazioni di carico statico e sismico, in linea con la vigente Normativa Tecnica¹⁴. Per ogni caso di studio il livello di modellazione e di analisi è stato scelto in relazione alla tipologia strutturale e alla geometria, prendendo in considerazione quattro diverse procedure di analisi strutturale: analisi statica locale, analisi statica globale, analisi sismica locale, analisi sismica globale.

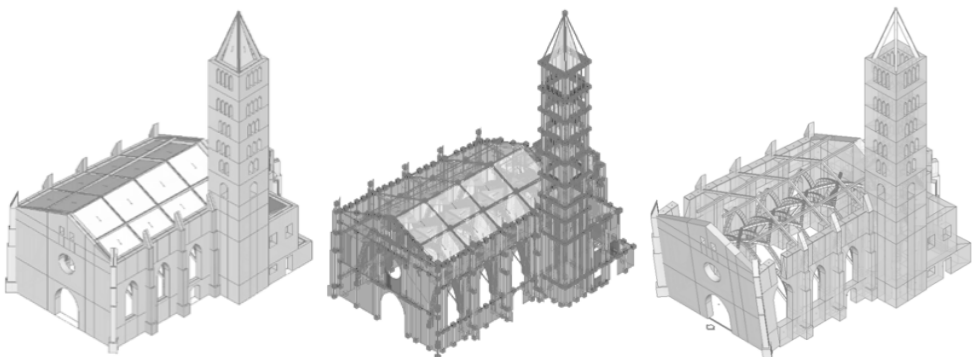


Fig. 5. Modello strutturale, modello a telaio equivalente, modello cinematico per la Chiesa di San Vittore Mauro a Poschiavo

¹³ PILI 2014.

¹⁴ D.M. 17/01/2018.

Sia per l'analisi statica globale che per quella sismica gli elementi bidimensionali, ovvero pareti in muratura e fasce di solaio, sono stati modellati attraverso un telaio equivalente (Fig. 5). Poiché il telaio equivalente non consente di considerare correttamente i gusci curvi per specifici elementi complessi della Chiesa di San Vittore, quali le volte della navata e dell'abside, è stata effettuata un'analisi statica locale specifica. In questo modo è stata analizzata separatamente la vulnerabilità delle volte e i risultati di output di questa analisi sono stati utilizzati come dati di input nel modello a telaio equivalente globale.

La valutazione della vulnerabilità sismica di una struttura esprime il livello di sicurezza della stessa in termini di $IRS = \zeta_E$ («Indicatore di Rischio Sismico»). Questo indicatore viene espresso in termini di rapporto delle accelerazioni e deve risultare $\zeta_E \geq 1$ per poter considerare la struttura sismicamente adeguata.

Sugli edifici analizzati sono stati applicati i tre differenti livelli di analisi della vulnerabilità sismica definiti dalla normativa: in ordine di complessità crescente LV1 («analisi qualitativa e valutazione con modelli meccanici semplificati»), LV2 («valutazione su singoli macro-elementi, meccanismi locali di collasso»), LV3 («valutazione complessiva della risposta sismica del manufatto»).

Conclusioni

Il lavoro svolto nell'ambito del progetto Interreg ConValoRe è stato utile per la salvaguardia dei casi studio analizzati, ma soprattutto per definire una procedura, un modello, un percorso da seguire condiviso nei due ambiti confinanti italiano e svizzero. È stata dimostrata l'efficacia di una metodologia combinata, che traccia un percorso di conoscenza allo scopo di garantire la conservazione e la manutenzione dei Beni Culturali architettonici.

Questo processo è stato ottenuto implementando i modelli HBIM ottenuti da rilievo laser scanner con le analisi del degrado e del quadro fessurativo e con le informazioni ottenute dalle prove su materiale e struttura. La correlazione tra le diverse prove diagnostiche leggermente e non distruttive ha consentito di ridurre l'impatto dell'analisi sull'edificio fornendo tuttavia un quadro completo delle caratteristiche dei materiali.

La gestione attraverso i modelli HBIM ha inoltre consentito di raccogliere e confrontare tra di loro i dati necessari per una specifica valutazione del livello di degrado in modo da consentire di individuare le vulnerabilità strutturali e conservative degli edifici analizzati.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziamo il comune di Tirano (IT) e la Regione Bernina (CH), rispettivi capofila nazionali del progetto ConValoRe, che hanno permesso l'esecuzione delle analisi sopra descritte e la divulgazione dei dati a fini scientifici, oltre a tutti coloro che hanno contribuito all'esecuzione delle stesse.

Bibliography

ARMANASCO Alessandro, FOPPOLI Dario, *Diagnostic tests vs structural models: the utility of the comparison*, Proceedings of 11th International conference on non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage (Madrid, April 2014), pp. 13-15.

ARMANASCO Alessandro, BELLANOVA Maria Grazia, CASPANI Valentina, FOPPOLI Dario, *HBIM: to Know to Model the Complexity, Cases History on Italian Cultural Heritage*, Proceedings of 5th International Conference on Structures & Architecture, Aalborg, 2022.

BRUMANA Raffaella, BANFI Fabrizio, CANTINI Lorenzo, PREVITALI Mattia, DELLA TORRE Stefano, *HBIM Level of Detail-Geometry-Accuracy and survey analysis for architectural preservation*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ed. ISPRS 2019, Volume XLII-2/W11, 293-299.

BRUMANA Raffaella, DELLA TORRE Stefano, ORENI Daniela, PREVITALI Mattia., CANTINI Lorenzo, BARAZZETTI Luigi, FRANCHI Alberto, BANFI Fabrizio, *HBIM challenge among the paradigm of complexity, tools, and preservation: the Basilica di Colle-maggio 8 years after the earthquake (L'Aquila)*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ed. ISPRS 2017, Volume XLII-2/W5, 97-104.

LOMBARDINI Nora, CANTINI Lorenzo, *Non-standardized data in the BIM process. The management of construction systems data in the cultural heritage conservation*. Proceedings of 3rd International Conference on Protection of Historical Constructions, Lisbon, 2017.

CARDANI Giuliana, ANGJELIU Grigor, *Building Information Modelling Applied to Built Heritage: A Structural Analysis Perspective Based on the Interoperability*, in DELLA TORRE Stefano (a cura di), ICT per il miglioramento del processo, ed. Nardini, Firenze 2014, vol. V, pp. 135-146.

DELLA TORRE Stefano, PILI Alessandra, *Built Heritage Information Modelling/Management. Research Perspectives, Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer, Cham 2020, pp. 231-241.

ORENI Daniela, BRUMANA Raffaella, DELLA TORRE Stefano, BANFI Fabrizio, *Survey HBIM and conservation plan of a monumental building damaged by earthquake*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ed. ISPRS 2017, vol. XLII-5/W1.

PILI Alessandra, *La gestione del Piano di Conservazione con software GIS e BIM: metodologie a confronto*, in Biscontin, G., Driussi G. (eds), "Quale sostenibilità per il restauro?", Atti del Convegno di Studi (Bressanone luglio 2014), ed. Arcadia Ricerche, Venezia 2014, pp. 713-722

SALA Mattia, FOPPOLI Dario, DELLA TORRE Stefano, *Mechanical Characterization of Traditional Masonry in an Homogeneous Territory: Valtellina*, Proceedings of 12th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions (Barcelona, 2021).