



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

RA

World Heritage in transition
About management,
protection and sustainability
1972/2022
edited by
Susanna Caccia Cherardini
Maurizio De Vita
Carlo Francini

1

restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico
Rivista del Dipartimento di Architettura
della Università degli Studi di Firenze

Knowledge, preservation and enhancement
of architectural heritage
Journal of the Department of Architecture
University of Florence

Poste Italiane SpA - Fassa pagata - Paga di libro Aut. n. 022/006 FIL/VF del 31.03.2005

1972/2022
World Heritage in transition
About management,
protection and sustainability

1

2022
special issue

FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

Convegno
Internazionale
1972-2022

**Il Patrimonio Mondiale
alla prova del tempo.**

A proposito di gestione,
salvaguardia e sostenibilità
Firenze, 18-19 novembre 2022

World Heritage in transition
About management, protection and sustainability
International Conference (Florence, 18-19 november 2022)

Le Patrimoine mondial à l'épreuve du temps
Sur la gestion, la protection et la durabilité
Colloque international (Florence, 18-19 novembre 2022)

RA | restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico
Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze

Knowledge, preservation and enhancement
of architectural heritage
Journal of the Department of Architecture
University of Florence

Anno XXX special issue/2022
Registrazione Tribunale di Firenze
n. 5313 del 15.12.2003

ISSN 1724-9686 (print)
ISSN 2465-2377 (online)

Director
Giuseppe De Luca
(Università degli Studi di Firenze)

Editors in Chief
Susanna Caccia Gherardini,
Maurizio De Vita
(Università degli Studi di Firenze)

Guest Editors

Susanna Caccia Gherardini
Università degli Studi di Firenze

Maurizio De Vita
Università degli Studi di Firenze

Carlo Francini
Comune di Firenze

INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD

Hélène Dessales, Benjamin Mouton, Carlo Olmo,
Zhang Peng, Andrea Pessina, Guido Vannini

EDITORIAL BOARD

Andrea Arrighetti, Sara Di Resta, Junmei Du,
Annamaria Ducci, Maria Grazia Ercolino, Rita Fabbri,
Gioia Marino, Pietro Matracchi, Emanuele Morezzi,
Federica Ottoni, Andrea Pane, Rosario Scaduto,
Raffaella Simonelli, Andrea Ugolini, Maria Vitiello

EDITORIAL STAFF

Francesca Giusti, Virginia Neri,
Francesco Pisani, Margherita Vicario

layout revision by

Giorgio Ghelfi, Adele Rossi, Marta Raggi, Margherita Vicario, Salvatore Zocco
Università degli Studi di Firenze

The authors are at the disposal of those who, untraced, were legally entitled to
payment of any publication rights, subject to the solely scientific character of
this study and its nonprofit purpose.

Copyright: © The Author(s) 2022

This is an open access journal distributed under the Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International License
(CC BY-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>).

cover design

●●● dida**communicationlab**
DIDA Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 8
50121 Firenze, Italy

published by

Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
Via Cittadella, 7 - 50144 Firenze, Italy
www.fupress.com

cover photo

Firenze, Grotta del Buontalenti, Giardino di Boboli,
(123RF)

Stampato su carta di pura cellulosa *Fedrigoni*



**COMITATO PROMOTORE | Promoting
Committee | Comité de Pilotage**

Susanna Caccia Gherardini
Università degli Studi di Firenze

Maurizio De Vita
Università degli Studi di Firenze

Carlo Francini
Comune di Firenze

**COMITATO SCIENTIFICO
INTERNAZIONALE | International
Scientific Committee | Comité
Scientifique International**

Patricia Alberth
*Site manager Bamberg World Heritage
/ President International Association of
World Heritage Professionals (IAWHP)*

Gianluca Belli
University of Florence

Chris Blandford
President World Heritage UK

Wolfgang Börner
*Municipality of Vienna / ICOMOS
Austria / Founder of the International
Conference "Cultural Heritage and New
Technologies"*

Susanna Caccia Gherardini
*Co-director of the academic journal
«Restauro Archeologico», University of
Florence*

Chloé Campo de Montauzon
*General Delegate of the Association of
French World Heritage properties*

Lorenzo Cantoni
*UNESCO Chair on ICT to Develop and
Promote Sustainable Tourism at World
Heritage Sites, Università della Svizzera
Italiana, Lugano*

Nicola Casagli
*UNESCO Chair on the Prevention and
Sustainable Management of Geo-
Hydrological Hazards, University of
Florence*

Adele Cesi
*National Focal Point for the World
Heritage Convention, UNESCO Office of
the Ministry of Culture, Italy*

Sarah Court
*Instead Heritage
ICCROM / Herculaneum Conservation
Project*

Maurizio De Vita
*Co-director of the academic journal
«Restauro Archeologico», University of
Florence*

Paolo Faccio
Iuav University, Venice

Emanuela Ferretti
University of Florence

Donatella Fiorani
Sapienza University of Rome

Nicole Franceschini
*International Consultant on World
Heritage / World Heritage Leadership
programme, ICCROM*

Carlo Francini
*Site manager Historic Centre of Florence,
Municipality of Florence / Scientific
Coordinator Association of Italian World
Heritage sites*

Maria Cristina Giambruno
Polytechnic University of Milan

Francesca Giliberto
University of Leeds

Fergus MacLaren
*President, ICOMOS International
Cultural Tourism Committee*

Pietro Matracchi
University of Florence

Alessandro Merlo
University of Florence

Giovanni Minutoli
University of Florence

Anne-Laure Moniot
Bordeaux Metropole

Stefano Musso
Università di Genova

Mara Nemela
*Director, "Dolomiti-Dolomiten-
Dolomites-Dolomitis UNESCO"
Foundation*

Emanuele Pellegrini
IMT School for Advanced Studies Lucca

Renata Picone
University of Naples Federico II

Marco Pretelli
University of Bologna

Alessio Re
*Fondazione Santagata
Università degli Studi di Torino*

Emanuele Romeo
Polytechnic University of Turin

Paolo Salonia
*National Research Council / ICOMOS
Italia*

Christina Sinclair
Director of Edinburgh World Heritage

Jane Thompson
*Instead Heritage / ICCROM /
Herculaneum Conservation Project /
SDA Bocconi*

Michael Turner
*Bezalel Academy of Arts and Design,
UNESCO Chair in Urban Design and
Conservation Studies*

**COMITATO ORGANIZZATIVO |
Organising Committee | Comité
d'Organisation**

Università degli Studi di Firenze

Paola Bordoni

Maddalena Branchi

Marta Conte

Elisa Fallani

Giorgio Ghelfi

Francesca Giusti

Gaia Lavoratti

Giulia Lazzari

Alessia Montacchini

Francesco Pisani

Carlo Ricci

Loredana Rita Scuto

Gaia Vannucci

Margherita Vicario

CON IL PATROCINIO DI | sponsored by | avec le soutien de

Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, Ministero della Transizione Ecologica, Ministero della Cultura, Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO, Regione Toscana, International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM), ICOMOS Italia Consiglio Internazionale dei Monumenti e dei Siti - Comitato Nazionale Italiano, Associazione Beni Italiani Patrimonio Mondiale, Accademia delle Arti del Disegno.

Indice | Summary | Index

vol. 1

Carte e convezioni: evoluzione del concetto di Patrimonio Mondiale Charters and Conventions: evolution of the notion of World Heritage Chartes et conventions : l'évolution de la notion de Patrimoine mondial	10
Study on the Recognition and Interpretation of the World Heritage Criterion (ii) "an important interchange of human values"	12
<i>Semina An</i>	
Synergies for World Heritage	18
<i>Calogero Bellanca, Susana Mora Alonso-Muñoyerro</i>	
Ampliare un World Heritage Site verso il passato recente. L'opera di Giancarlo De Carlo a Urbino	24
<i>Maria Paola Borgarino, Davide Del Curto</i>	
Patrimoine collectif des Nations/Patrimoine commun de l'Humanité At the origins of the debate on the conservation of world heritage	30
<i>Susanna Caccia Gherardini</i>	
La Dichiarazione europea per lo studio del latino e del greco antico: filologia e autenticità dei beni culturali	36
<i>Maria Carolina Campone</i>	
Conservazione e Ricostruzione: la difficile ricerca di equilibrio nella salvaguardia del Patrimonio Mondiale	42
<i>Donatella Fiorani</i>	
State of the art of open-air rock art as World Heritage site: past, present and future	48
<i>Estrela C. García García</i>	
Restauri storici tra riconoscimenti e negazioni nell'interpretazione del Patrimonio Mondiale. Spunti e confronti a partire dal Percorso arabo-normanno di Palermo	54
<i>Carmen Genovese</i>	
ICOMOS Charters on cultural tourism throughout the 50 years of the UNESCO World Heritage Convention	60
<i>Margaret Gowen, Fergus Maclaren, Celia Martínez, Cecilie Smith-Christensen</i>	
Oltre le barriere del tempo e dell'autorialità? Osservazioni sul concetto di patrimonio UNESCO	66
<i>Michela Marisa Grisoni</i>	
Le prochain patrimoine. L'architecture tropicale à Kinshasa	72
<i>Manlio Michieletto, Alexis Tshiunza</i>	
"Quality" of interventions on built Cultural Heritage	78
<i>Stefano Francesco Musso</i>	
Patrimonio rurale: percorsi concettuali nelle Carte e nelle Convenzioni (1972-2022)	84
<i>Iole Nocerino</i>	
50 Years After the World Heritage Convention. An analysis of the evolution of the concepts of Monuments and Authenticity	90
<i>Alessandra Pica</i>	
Il mausoleo di Oljeitu a Soltaniyeh in Iran. Bilanci e prospettive per un sito UNESCO	94
<i>Francesco Pisani</i>	

The Porticoes of Bologna and contemporary architecture. A proposal for a Minor Boundary Modification towards Kenzo Tange <i>Marco Pretelli, Ines Tolic</i>	100	Il patrimonio della Tirana Moderna: il rapporto tra monumento e città <i>Corrado Castagnaro</i>	208
The Shift in Paradigm of the (Post)Mining Landscapes, Between Risks and Recognitions <i>Oana Cristina Tiganea, Francesca Vigotti</i>	106	Marketplace per elementi lapidei di pregio: un'innovativa opportunità per la salvaguardia del patrimonio UNESCO <i>Alessandra Cernaro, Ornella Fiandaca</i>	214
Tutela, salvaguardia e protezione del Patrimonio Mondiale Protection and safeguarding of World Heritage Préservation, sauvegarde et protection du Patrimoine mondial	110	Civilization Lost and Re-discovered, International Efforts for Advocacy and Conservation of Ani Archaeological Site <i>Hunghsi Chao, Jonathan S. Bell</i>	220
20th-Century architectural heritage adaptation to present climate challenges: Interdisciplinary methods for a rational intervention <i>Myriame Ali-oualla, Caroline Mazel</i>	112	Le rôle paradoxal de l'eau à Lalibela (Ethiopie) : Enjeux et méthodes pour la conservation d'un affleurement naturel anthropisé <i>Rémy Chapoulie, Romain Mensan, Loïc Espinasse, Pascal Mora, François Daniel, Emma Lamothe-Dubrocca, Bruno Dutailly, Caroline Delevoie, Vincent Baillet, Kidane Ayalew, Marie-Laure Derat</i>	226
Conservazione e nuove frontiere tecniche pluridisciplinari <i>Claudia Aveta</i>	118	Integration and BIM digitization of interdisciplinary research and diagnostic campaigns for knowledge and conservation: Palazzo Vecchio in Florence <i>Anna Livia Ciuffreda, Massimo Coli, Marco Tanganelli, Giorgio Verdiani</i>	232
Learning from the past: old and new ksour in the M'Zab Valley (Algeria) <i>Cheima Azil, Margherita Vicario</i>	124	Monitorare per conservare: il caso della Torre Ghirlandina di Modena <i>Eva Coisson, Lia Ferrari, Elena Zanazzi</i>	238
Urbino città Patrimonio UNESCO: un piano per la conservazione, valorizzazione e gestione del patrimonio storico – artistico dell'Ateneo <i>Laura Baratin, Alessandra Cattaneo, Francesca Gasparetto, Veronica Tronconi</i>	130	Distruzione, protezione e restauro in Italia a seguito di eventi bellici <i>Daniela Concas, Roberto Nadalin</i>	244
“L'arte dei muri a secco”, confronti tra esperienze per la conservazione del patrimonio culturale dei paesaggi rurali <i>Zaira Barone, Francesco Marchese</i>	136	Il patrimonio residenziale Moderno e il problema della certificazione: interventi sostenibili per la conservazione <i>Giuseppina Currò, Fabio Minutoli</i>	250
New Technologies for the Preservation, Conservation and Enhancement of Verona's UNESCO Heritage: The Walls <i>Pietro Becherini</i>	142	Firenze Novecento fra conoscenza, tutela e pianificazione <i>Maurizio De Vita</i>	256
I ciabòt del sito UNESCO Langhe-Roero e Monferrato: problematiche di conservazione delle architetture rurali fragili quali componenti storico-culturali dei paesaggi vitivinicoli <i>Giulia Beltramo</i>	148	Fabbriche di mattoni - fabbriche di cultura. La riconversione di forni Hoffmann sul litorale abruzzese e laziale <i>Daniilo Di Donato, Matteo Abita, Alessandra Bellicoso</i>	262
Rispetta la montagna – Risparmia l'acqua e riduci i rifiuti quando visiti le Dolomiti WHS <i>Elisabeth Berger, Virna Bussadori, Marcella Morandini</i>	154	Tecnologie digitali e consapevolezza culturale <i>Marco Di Paolo, Stefania Raschi</i>	268
The safeguarding and enhancement of the Historic and Traditional businesses of the Historical Centre of Florence <i>Stefano Bertocci, Federico Cioli</i>	160	Il Progetto 4CH per un Centro di Competenza per la Conservazione del Patrimonio Culturale: nuove tecnologie a supporto della tutela <i>Giulia Favaretto, Danila Longo, Serena Orlandi, Rossella Roversi, Beatrice Turillazzi</i>	274
Guerra tra giganti. Il riconoscimento del patrimonio archeologico sardo tra conservazione e accessibilità <i>Bruno Billeci</i>	166	Il sistema informativo territoriale della “Carta del rischio del patrimonio culturale italiano” e i siti UNESCO italiani: un processo virtuoso per il monitoraggio della vulnerabilità dei beni patrimonio mondiale <i>Angela Maria Ferroni, Carlo Cacace</i>	282
The relation between use and safeguarding: the case study of the Portico of Glory <i>Anna Bonora</i>	172	Il complesso delle Ville di Oplontis. Strategie per il restauro e il miglioramento della fruizione del sito UNESCO <i>Ersilia Fiore</i>	292
Il valore della sostenibilità per la conservazione del patrimonio. Riflessioni verso una definizione dei prodotti sostenibili del restauro <i>Paola Bordoni</i>	178	Ricerca e conservazione sul patrimonio costruito: Casina Spinelli ad Acerra <i>Raffaella Fiorillo</i>	298
Caratteri architettonici e problematiche conservative dei fronti edilizi ottocenteschi del centro storico fiorentino <i>Maddalena Branchi</i>	184	Frank Lloyd Wright's World Heritage throughout Time. The complex compromise between use and conservation in the American approach to architectural restoration <i>Davide Galleri</i>	304
Florence Heritage data System. Un modello di controllo e valutazione per i siti Patrimonio Mondiale <i>Carolina Capitanio, Daniela Chiesi, Martina Franco</i>	190	Quale ‘restauro’ per i siti patrimonio dell'Umanità. Riflessioni a partire da alcuni casi studio nei Paesi emergenti <i>Mariacristina Giambruno, Sonia Pistidda</i>	310
L'UNESCO e la ‘democratizzazione della cultura’. Siti archeologici nel centro antico di Napoli tra accessibilità e fruizione inclusiva <i>Luigi Cappelli, Luigi Veronese</i>	196	Amatrice avant Amatrice : Une méthode de travail pour l'étude, la documentation et la conservation d'un village perdu <i>Simone Lucchetti</i>	316
Un patrimonio celato fra le architetture moderne di Asmara: avanguardie e sperimentazioni costruttive italiane in terra d'Oltremare <i>Giovanni Carbonara, Pier Pasquale Trausi</i>	202	Fonti e strumenti digitali per la conoscenza e la tutela del patrimonio costruito di Roma <i>Nicoletta Marconi, Ilaria Giannetti, Valentina Florio</i>	322

Il complesso termale Tettuccio a Montecatini Terme. Un patrimonio da svelare <i>Pietro Matracchi, Alessio Prandin</i>	328
Nuove tecnologie e sostenibilità: dal rilievo alla comunicazione per il Museo di Casa Romei di Ferrara, città Patrimonio UNESCO <i>Gianmarco Mei, Cristian Boscaro, Stefano Costantini, Manuela Incerti</i>	334
Nuove strategie per il piano di gestione del verde di Parchi e Giardini storici alla luce delle mutate condizioni ambientali e di fruizione <i>Alberto Minelli, Paola Viola</i>	340
Strumenti BIM e GIS per la gestione della manutenzione e salvaguardia della Fortezza veneziana di Bergamo <i>Virna Maria Nannei, Vittorio Paris, Giuseppe Ruscica, Giulio Mirabella Roberti</i>	346
Spazi in attesa nelle Residenze Sabaude, Patrimonio Mondiale dal 1997. Previsioni di restauro e messa a sistema nell'obiettivo della sostenibilità culturale <i>Monica Naretto</i>	352
La conoscenza per il recupero dei 'valori' del passato: il caso della chiesa della Madonna delle Vergini a Matera <i>Antonello Pagliuca, Giuseppe D'Angiulli</i>	358
Nuove tecnologie per conoscere e valorizzare il Patrimonio: "itinerari culturali" nella città di Ascoli Piceno <i>Enrica Petrucci, Sara Cipolletti</i>	364
Ripensare i confini. La città antica di Pompei e i siti minori del Parco archeologico nella buffer zone vesuviana <i>Renata Picone</i>	370
The archaeology of architecture for the knowledge and preservation of the 'modern' <i>Daniela Pittaluga</i>	378
L'Imperiale Palazzo de' Pitti. Conservazione e valorizzazione <i>Elena Pozzi</i>	384
Strategie per la conoscenza e il restauro del Paesaggio Culturale. Il caso dell'antico vigneto e del Palazzo Mansi ex Palazzo Vescovile di Scala (Sa) <i>Giulia Proto</i>	390
Strategie per la conservazione integrata di un patrimonio a rischio, tra fruizione e tutela: il sito UNESCO della Costiera Amalfitana <i>Giuseppina Pugliano</i>	396
Il patrimonio scomparso di Guarino Guarini per l'Ordine dei Chierici Regolari Teatini: catalogazione con l'impiego di nuove tecnologie <i>Rossana Ravesi</i>	402
Protezione del colore nel Patrimonio Mondiale. La pelle del Cenador del León nel Real Alcázar di Siviglia <i>María Dolores Robador González</i>	408
Innovative techniques integrating advanced and bio-composite materials for energy and seismic retrofitting of built heritage <i>Rosa Romano, Alessandra Donato, Valerio Alecci, Paola Gallo</i>	414
Di pietre e d'acqua. La conservazione del patrimonio proto-industriale nel paesaggio culturale della Costiera Amalfitana <i>Valentina Russo, Stefania Pollone</i>	420
La Convenzione UNESCO del 1972 nel XXI secolo e la trasformazione Digitale Tecnologica Antropologica, una riflessione <i>Paolo Salonia</i>	426
La verifica di un de restauro come criterio per una riflessione necessaria. La Villa Romana del Casale di Piazza Armerina (Enna), dal 1997 nella World Heritage List <i>Rosario Scaduto</i>	432
E l'acqua si fa luce: la rigenerazione di un patrimonio cambiato di segno <i>Chiara Simoncini</i>	440

Recupero e valorizzazione dei mercati ittici: un patrimonio architettonico e sociale da conoscere e riqualificare <i>Valentina Spagnoli, Claudio Piferi</i>	446
Il Patrimonio mondiale religioso inaccessibile. Conservazione e fruizione ampliata <i>Adriana Trematerra</i>	452
Florence and the Renaissance art works: the importance of the seismic safety <i>Stefania Viti, Francesco Trovatelli</i>	458
Methodology for Establishing the Appropriate Protected Area based on the Analysis of Old Drawings In case of Gia Long Mausoleum, Hue <i>Hiroki Yamada, Shigeru Satoh, Shigeo Tanaka, Yukihiro Hirai, Susumu Kawahara, Keisuke Sugano</i>	464
Il soft power della Lista del Patrimonio Mondiale The soft power of the World Heritage List Le soft power de la Liste du Patrimoine mondial	470
Patrimonio per la Pace in un Mondo Pieno di Conflitti <i>Mesut Dinler</i>	472
Changing Approaches of the 1972 Convention's Stake-holders. Historic Areas of Istanbul, Türkiye <i>Asli Hetemoglu, Yesim Tonga-Uriarte</i>	478
Cultural Heritage "on prescription": heritage-led challenges for the societal wellbeing <i>Giulia Mezzalama</i>	484
UNESCO World Heritage Sites in China's cultural diplomacy: Fostering mutual understanding along the Silk Roads <i>Martina Tullio, Gianluca Sampaolo</i>	490
Lost and found: the water-based settlement of the historic city of Ayutthaya <i>Patiphol Yodsurang</i>	496

Strumenti BIM e GIS per la gestione della manutenzione e salvaguardia della Fortezza veneziana di Bergamo

Virna Maria Nannei | virnamaria.nannei@unibg.it

Università degli Studi di Bergamo, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate

Vittorio Paris | vittorio.paris@unibg.it

Università degli Studi di Bergamo, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate

Giuseppe Ruscica | giuseppe.ruscica@unibg.it

Università degli Studi di Bergamo, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate

Giulio Mirabella Roberti | giulio.mirabella@unibg.it

Università degli Studi di Bergamo, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate

Abstract

The implementation of architectural heritages' information systems to collect a huge amount of data using BIM and GIS constitutes a relatively recent field of research. However, the potentiality of such an approach is clear: the systemic application of these tools to the sites belonging to the UNESCO World Heritage would allow the building of easily accessible databases to support the heritage sites' management and preservation.

As part of the collaboration between the Municipality and the University of Bergamo, an information system has been designed to support the Preservation Program of the Venetian Fortress of Bergamo. The geometrical simplicity of its elements makes the complex a suitable case study for the development of a data digitization procedure, allowing an efficient management of ordinary maintenance and, where needed, a detailed representation of the state of conservation, structural instabilities, and stratigraphic relationships, which can also be proposed in other contexts.

Keywords

Preventive conservation, Geographic Information System, Heritage Building Information Modelling, Digital archive, Venetian Fortress of Bergamo.

Introduzione

La cinta muraria, o meglio la fortezza, costruita dalla Serenissima Repubblica di Venezia nel XVI secolo e concepita come il baluardo più avanzato in terraferma dei territori veneziani verso il ducato di Milano¹, caratterizza ancora oggi il profilo della città di Bergamo (Fig. 1). L'importanza storica e culturale di quest'opera imponente e ben conservata, da sempre considerata parte integrante dell'immagine della città, è stata sancita a luglio del 2017 dall'inserimento nelle liste del patrimonio mondiale dell'umanità dell'UNESCO, con una candidatura transnazionale che comprendeva diverse città fortificate in Italia, Croazia e Montenegro nel sito "Opere di difesa veneziane tra il XVI ed il XVII secolo: Stato da Terra - Stato da Mar Occidentale". Questo riconoscimento ha rafforzato l'impegno dell'amministrazione comunale, responsabile della manutenzione ordinaria del circuito delle mura, che sono di proprietà demaniale, per lo studio e la salvaguardia di questo complesso difensivo



Fig. 1 Baluardo di Valverde, Fortezza Veneziana, Bergamo.

costituito da un sistema di cortine e bastioni, del perimetro di circa cinque chilometri, che cinge il nucleo più antico della città di Bergamo.

Già a partire dal 2015, con il supporto di Fondazione Cariplo, il Comune di Bergamo, in collaborazione con l'Università degli Studi di Bergamo e i volontari di Orobicambiente, ha condotto una serie di rilievi, campagne diagnostiche e cantieri pilota i cui risultati sono confluiti in un Piano di Conservazione, con lo scopo di favorire le operazioni di cura del bene minimali e ripetitive e prevenire così interventi più invasivi e costosi². L'obiettivo dello studio successivamente descritto è quello di sviluppare un Sistema Informativo Digitale (SID) che consenta di programmare una gestione efficiente delle operazioni di manutenzione dell'opera architettonica, rispondendo così alle sollecitazioni e alle responsabilità legate all'inserimento nella lista UNESCO.

Struttura del Sistema Informativo Digitale (SID)

Come ormai da prassi comune³, il Piano di Conservazione viene articolato in tre documenti, il Manuale Tecnico, che contiene tutte le indicazioni per le operazioni di ispezione e manutenzione, il Programma di Conservazione, che definisce le tempistiche delle attività descritte dal Manuale Tecnico, e il Manuale d'Uso, che illustra le corrette modalità di fruizione del bene da parte degli utenti. Il Manuale Tecnico, in particolare, comprende una grande mole di dati eterogenei, dalla catalogazione degli elementi del manufatto, corredata da descrizioni e rappresentazioni grafiche, alla delineazione delle anomalie attese e delle procedure di manutenzione. Questi dati devono essere consultabili e aggiornabili dai tecnici in modo agile e immediato⁴, per cui il Piano richiede la costruzione di un vero e proprio Sistema Informativo, un archivio digitale interattivo che contenga tutti i dati relativi al bene e sia accessibile in contemporanea da tutti gli operatori interessati (Fig. 2).

Nel caso della Fortezza Veneziana di Bergamo, la scelta degli strumenti da utilizzare per costruire questo archivio è stata determinata da diversi fattori, il primo dei quali è la semplicità di utilizzo. Infatti, sebbene a partire dal 2025 sia previsto l'impiego della modellazione BIM per la gestione degli appalti pubblici riguardanti opere di importo superiore al milione di euro⁵, il livello di specializzazione richiesta da questo tipo di software, oltre



Fig. 2 Articolazione del Sistema Informativo Digitale.

al costo elevato delle licenze, suggerisce che essi non saranno utilizzabili da tutti i tecnici delle pubbliche amministrazioni in tempi brevi. Pertanto, si è ritenuto di utilizzare una piattaforma GIS, e in particolare il software *open-source* QGIS, per la gestione dei contenuti del Manuale Tecnico. Questa scelta è dovuta anche alle caratteristiche della fortezza, che è costituita, ad esclusione delle porte, da elementi ripetitivi dalla geometria elementare e di dimensioni tali da raggiungere la scala urbana. Inoltre, l'utilizzo del GIS consente una visualizzazione spaziale immediata di alcuni dati, come le informazioni catastali relative ai terreni nei pressi delle mura, l'urgenza delle attività ispettive o la gravità dei fenomeni di degrado, indispensabili all'applicazione del Piano.

Un livello di modellazione di maggiore dettaglio risulta comunque necessario in caso di interventi, come quelli di consolidamento strutturale, che esulano dalle operazioni di cura ordinarie. Per questo, i modelli BIM degli elementi della fortezza che verranno realizzati nel corso del tempo dovranno essere inseriti nell'archivio digitale, che si prevede troverà la sua collocazione in un'area riservata del sito dedicato alle Mura Veneziane. Il collegamento tra il sistema GIS e i documenti contenuti nell'archivio digitale, dai dati storici ai modelli geometrici, può avvenire quindi tramite un semplice link.

Aggiornamento del Piano di Conservazione in ambiente GIS

Le operazioni di manutenzione ordinaria della fortezza riguardano in prevalenza la rimozione periodica della vegetazione infestante che cresce sulle murature e nei terreni al piede. Se la vegetazione non viene tempestivamente rimossa, infatti, le radici si inseriscono negli interstizi tra le pietre e provocano l'allargamento delle fessure, fino a causare la sconnessione e l'espulsione dei blocchi del paramento. Considerata l'estensione della struttura e il fatto che molti dei terreni che la circondano sono di proprietà privata, l'aspetto più complesso della gestione del Piano di Manutenzione è la programmazione delle ispezioni, per verificare lo stato di conservazione dei tratti della cinta, e della pulizia da parte dei volontari, che richiede almeno un paio di anni per l'intero perimetro.

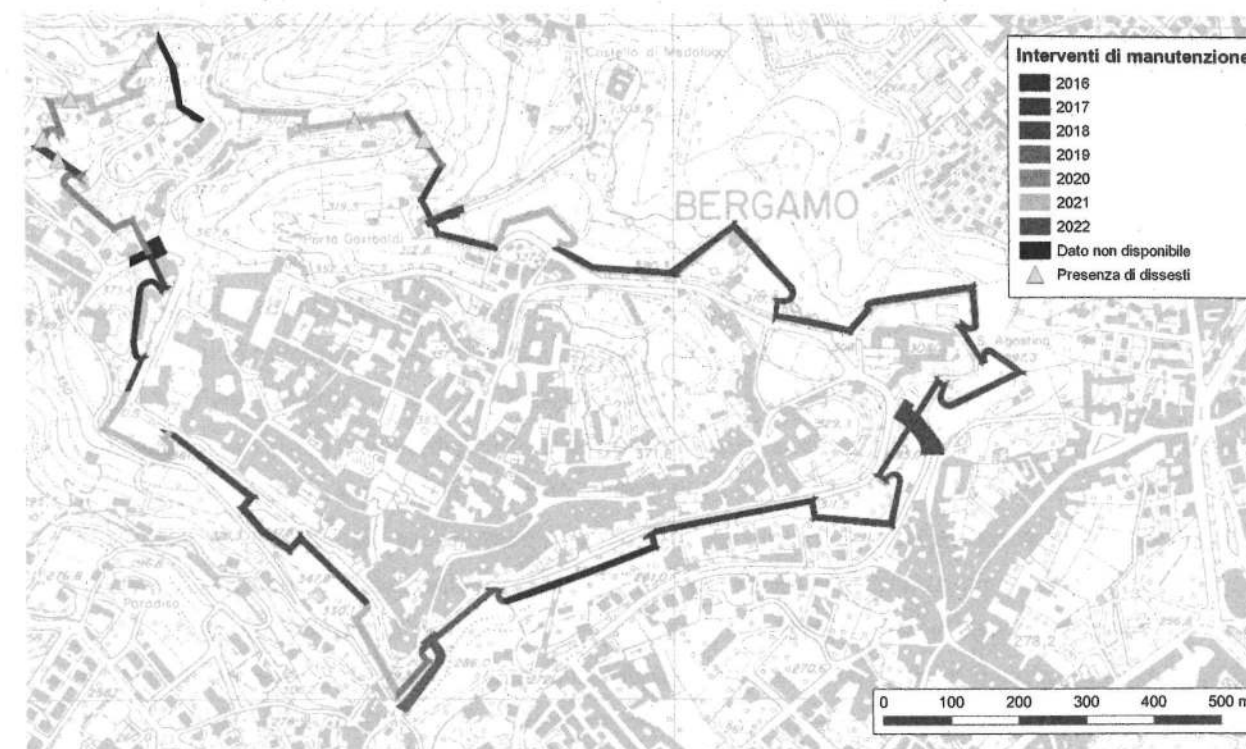


Fig. 3 Fortezza Veneziana di Bergamo, mappa degli ultimi interventi di pulizia e manutenzione.

Date le caratteristiche del manufatto e la sua estensione, nella stesura del Piano è stato utilizzato un livello di catalogazione per corpi di fabbrica, secondo la suddivisione in porte, viadotti, baluardi, piattaforme e cortine. La suddivisione dei corpi di fabbrica in elementi, nel caso delle mura di Bergamo, riguarda più gli interventi straordinari, pertanto, pur facendo parte del Piano, è demandata a un livello di dettaglio maggiore che è proprio della modellazione BIM e che verrà illustrato nel paragrafo successivo. Le informazioni principali relative ai corpi di fabbrica, come le date dell'ultima ispezione o dell'ultimo intervento di pulizia, possono invece essere agevolmente visualizzate in una mappa GIS (Fig. 3).

Per semplicità, i dati sono stati organizzati all'interno di due diversi *shapefile*: il primo, a carattere generale, contiene i dati identificativi dei corpi di fabbrica, le date dell'ultima ispezione, dell'ultimo rilievo strumentale e dell'ultimo intervento di manutenzione e la presenza di danni strutturali, oltre ai link che rimandano alle cartelle con i documenti completi del piano di conservazione. Il secondo file raccoglie i dati relativi all'ultima ispezione condotta, con l'elenco delle anomalie riscontrate e una valutazione della loro gravità.

Attualmente, il software prescelto, QGIS, non consente un'integrazione dei modelli BIM; è possibile visualizzare nel programma oggetti tridimensionali come *mesh* o nuvole di punti, ma per poterli modificare è necessario utilizzare altri codici e formati⁶. In futuro, integrando i modelli tridimensionali in ambiente GIS sarà possibile gestire informazioni fino almeno alla scala 1:50, che è la scala più adeguata alla mappatura e all'analisi dei fenomeni di degrado, in vista di interventi che esulano dalla manutenzione ordinaria, in particolare quelli che riguardano il consolidamento delle strutture.

Modellazione di dettaglio del manufatto in ambiente CAD e BIM

Come già detto, il SID contiene anche le informazioni geometriche necessarie per la descrizione del manufatto, al fine di salvaguardare l'opera e facilitarne la gestione. In esso, perciò, sono inclusi almeno i dati grezzi di rilievo, i modelli di tipo BIM e quelli di tipo CAD.

I primi, i dati grezzi di rilievo, descrivono lo stato dell'opera in modo analitico e sono fondamentali per la costruzione sia dei modelli BIM sia di quelli CAD. Inoltre, la comparazione di dati grezzi di rilievi effettuati in differenti periodi temporali può evidenziare fenomeni difficilmente rappresentabili da modelli geometrici, come, ad esempio, la proliferazione della vegetazione infestante o azioni cicliche usuranti. I modelli BIM e CAD, invece, forniscono una descrizione dettagliata dell'opera in analisi, degli elementi costruttivi e tipologici, dei materiali impiegati e delle modifiche avvenute nel tempo⁷. Essi sono fondamentali per la costruzione dei piani di manutenzione e restauro. In particolare, i modelli CAD inclusi nel SID sono stati realizzati in *Rhinoceros* di Robert McNeel & Associates[®] (Figura 4) e ottenuti implementando algoritmi semi-automatici sviluppati *ad hoc*. Essi rappresentano l'opera con una discrepanza inferiore ai 30 mm rispetto all'architettura reale e descrivono la tessitura del paramento faccia a vista, individuando i singoli conci lapidei, la loro posizione e il loro stato. Tali modelli hanno lo scopo di fornire una base per le indagini sulla stabilità dell'opera, in quanto elaborati per lo sviluppo di simulazioni numeriche, e costituiscono le geometrie iniziali per la costruzione di modelli BIM.

In particolare, nel corso della ricerca, sono state effettuate investigazioni sullo sperone nord del baluardo di Valverde, gravemente dissestato, (Fig. 4 e 5), per il quale è stato sviluppato un modello BIM concio per concio, dunque *Grade of Generation 10 (GOG 10)*⁸, all'interno dell'ambiente *Revit* di Autodesk[®]. Sempre in *Revit*, sono state



Fig. 4 Modello CAD dello sperone di Valverde e sovrapposizione con la mesh elaborata nel corso della campagna di rilievo a cura del Laboratorio SABE dell'Università di Bergamo, i cui risultati sono in corso di pubblicazione.



Fig. 5 Modello BIM dello sperone di Valverde (GOG 10).

implementate le geometrie di tutti elementi architettonici del baluardo, quali ad esempio gli speroni e il corpo delle mura. In accordo con quanto ampiamente approfondito in letteratura⁹, la questione di un'adeguata scelta del *Level Of Detail (LOD)* utile a supportare i processi decisionali futuri è stata oggetto di discussione. In particolare, tenendo conto dello scopo della ricerca, si è deciso di adottare un *Level Of Geometry 500 (LOG 500)*¹⁰ ovvero con un livello di dettaglio geometrico pari a quello *as-built*.

Conclusioni

L'organizzazione di una grande mole di dati di diversa natura è un aspetto fondamentale della gestione dei beni culturali architettonici, in cui l'utilizzo di strumenti in grado di associare informazioni relative a materiali e stato di conservazione al modello geometrico permette una programmazione efficiente delle operazioni di manutenzione ordinaria, facilitando la tutela del costruito storico.

In quest'ottica, l'elaborazione di un Sistema Informativo Digitale per il Piano di Conservazione della Fortezza Veneziana di Bergamo si configura come cantiere per l'elaborazione di un metodo di gestione dei beni culturali che non solo potrà essere applicato dall'amministrazione comunale al resto del suo patrimonio, ma potrà essere proposto come strumento di collaborazione nella gestione degli altri elementi del sito transnazionale UNESCO sulle Opere di difesa veneziane.

Ringraziamenti

Il Piano di Conservazione della Fortezza Veneziana di Bergamo è stato realizzato in collaborazione con l'amministrazione comunale di Bergamo con il contributo finanziario di Fondazione Cariplo, nell'ambito dei bandi n. 2037-2015 "Buone prassi di conservazione del patrimonio" e n. 3068-2019 "Beni al sicuro".

¹ ALBERTO FUMAGALLI, *Fortificazioni Venete a Bergamo*, in *Le Mura di Bergamo*, a cura di S. Angelini, Bergamo, Azienda Autonoma di Turismo, 1977

² GIULIO MIRABELLA ROBERTI, VIRNA MARIA NANNEI ET ALII, *Preserving the Venetian Fortress of Bergamo: quick photogrammetric survey for conservation planning*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-2/W11, 2019, pp. 873-879. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-873-2019>

³ STEFANO DELLA TORRE, *La conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico. Linee guida per il piano di manutenzione e consultivo scientifico*, Milano, Guerini e Associati, 2003

⁴ CARLOTTA COCCOLI, GIAMPAOLO TRECCANI ET ALII, *GIS e conservazione programmata: un caso applicativo. Il piano di manutenzione della Parrocchiale di Vilminore di Scalve (BG)*, in «MondoGIS», XXXVII, 2003, pp. 22-25.

⁵ Decreto del Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibile n. 312 del 2 agosto 2021

⁶ STELIOS VITALIS, KEN ARROYO OHORI E JANTJEN STOTER, *CityJSON in QGIS: Development of an open-source plugin*, «Transactions in GIS», XXIV(5), 2020, pp. 1147-1164. <https://doi.org/10.1111/tgis.12657>

⁷ MAURICE MURPHY, EUGENE MCGOVERN E SARA PAVIA, *Historic Building Information Modelling. Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*, «ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing», LXXVI, 2013, pp. 89-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>

⁸ FABRIZIO BANFI, *BIM orientation: Grades of generation and information for different type of analysis and management process*, «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-2/W5, 2017, pp. 57-64. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-57-2017>

⁹ RAFFAELLA BRUMANA, STEFANO DELLA TORRE ET ALII, *Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI): surveying, preservation, site intervention—the Basilica di Collemaggio (L'Aquila)*, «Applied Geomatics», X, 2018, pp. 545-567. <https://doi.org/10.1007/s12518-018-0233-3>

¹⁰ Ivi