

drawing disegnare

n. 67
idee immagini
ideas images

Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, disegno
e restauro dell'architettura – Sapienza Università di Roma
*Biannual Journal of the Department of History, representation
and restoration of architecture – Sapienza Rome University*

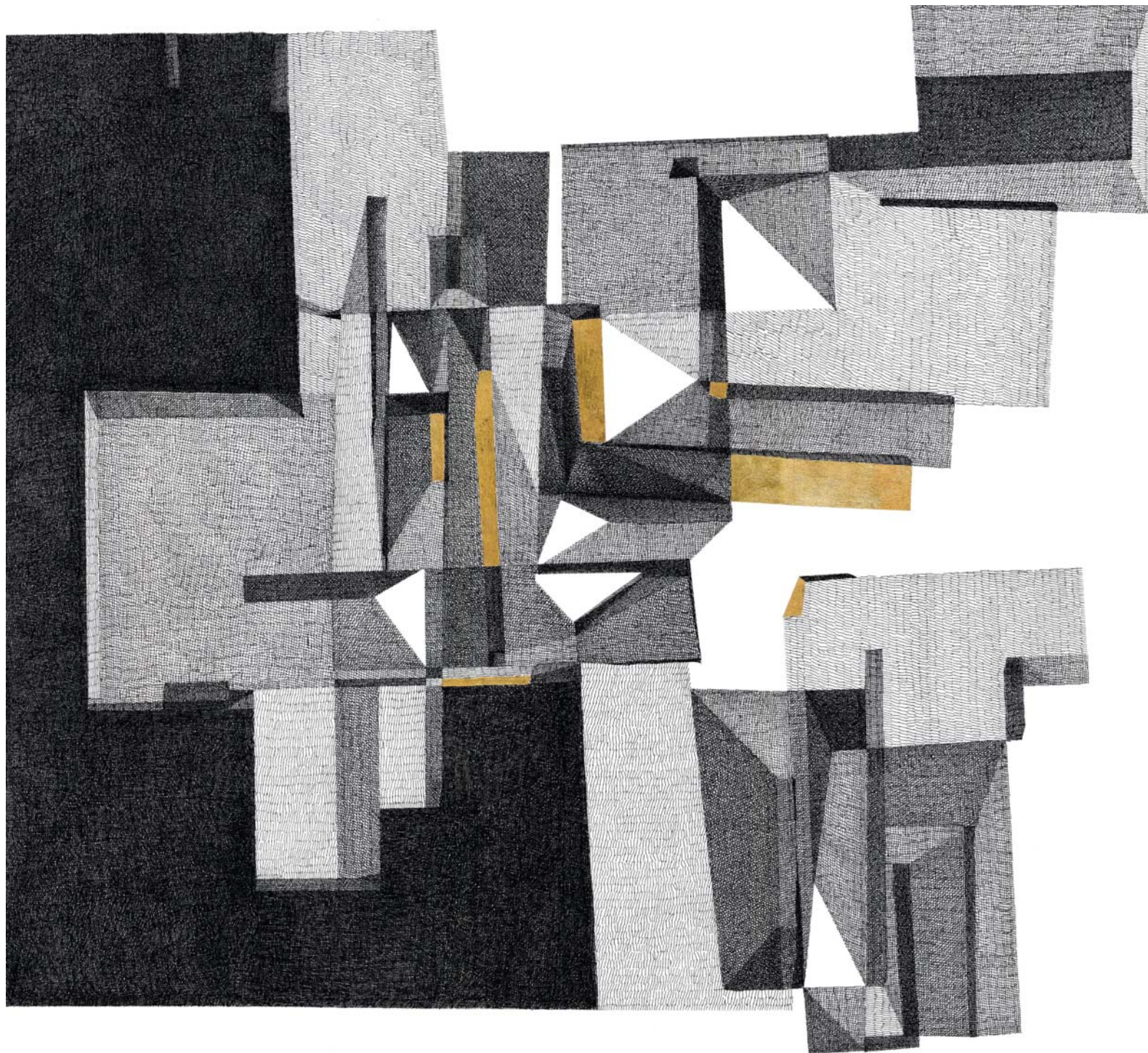
Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemeditore.it

Full english text



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Anno XXXIV, n. 67/2023
€ 15,00 - \$/£ 20.00





https://web.uniroma1.it/dsdra/dipartimento_/pubblicazioni/disegnare-idee-immagini

Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, disegno e restauro dell'architettura, pubblicata con il contributo di Sapienza Università di Roma
Biannual Journal of the Department of History, representation and restoration of architecture, published with the contribution of Sapienza Rome University

Registrazione presso il Tribunale di Roma n. 00072 dell'11/02/1991

© proprietà letteraria riservata

GANGEMI EDITORE^{spa}
INTERNATIONAL

via Giulia 142, 00186 Roma
tel. 0039 06 6872774 fax 0039 06 68806189
e-mail info@gangemieditore.it
catalogo on line www.gangemieditore.it

Le nostre edizioni sono disponibili in Italia e all'estero anche in versione ebook.
Our publications, both as books and ebooks, are available in Italy and abroad.

Un numero € 15,00 – estero € 20,00 / \$/£ 24.00
Arretrati € 30,00 – estero € 40,00 / \$/£ 48.00
Abbonamento annuo € 30,00 – estero € 35,00 / \$/£ 45.00
One issue € 15,00 – Overseas € 20,00 / \$/£ 24.00
Back issues € 30,00 – Overseas € 40,00 / \$/£ 48.00
Annual Subscription € 30,00 – Overseas € 35,00 / \$/£ 45.00

Abbonamenti/Annual Subscription

Versamento sul c/c postale n. 15911001
intestato a Gangemi Editore SpA
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
Payable to: Gangemi Editore SpA
post office account n. 15911001
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
BIC SWIFT: BPPIITRRXXX

Distribuzione/Distribution

Librerie in Italia e all'estero/
Bookstores in Italy and overseas
Emme Promozione e Messaggerie Libri Spa – Milano
e-mail: segreteria@emmepromozione.it
www.messaggerielibri.it

Edicole in Italia e all'estero/
Newsstands in Italy and overseas
Bright Media Distribution Srl
e-mail: info@brightmediadistribution.it

Abbonamenti/Annual Subscription

EBSCO Information Services
www.ebscohost.com

ISBN 978-88-492-5091-6
ISSN IT 1123-9247

Finito di stampare nel mese di dicembre 2023
Gangemi Editore Printing

Direttore scientifico/Editor-in-Chief

Mario Docci
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
mario.docci@uniroma1.it

Direttore responsabile/Managing editor

Carlo Bianchini
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
carlo.bianchini@uniroma1.it

Comitato Scientifico/Scientific Committee

Alonzo Addison, Berkeley, USA
Piero Albisinni, Roma, Italia
Carlo Bianchini, Roma, Italia
Eduardo Antonio Carazo Lefort, Valladolid, Spagna
Fabiana Carbonari, La Plata, Argentina
Laura Carnevali, Roma, Italia
Pilar Chias, Alcalá de Henares (Madrid), Spagna
Livio De Luca, Marsiglia, Francia
Francis D.K. Ching, Seattle, USA
Laura De Carlo, Roma, Italia
Mario Docci, Roma, Italia
Marco Gaiani, Bologna, Italia
Fernando Gandolfi, La Plata, Argentina
Angela García Codoñer, Valencia, Spagna
Natalia Jorquera Silva, La Serena, Cile
Joubert José Lancha, São Paulo, Brasile
Riccardo Migliari, Roma, Italia
Douglas Pritchard, Edinburgo, Scozia
Franco Purini, Roma, Italia
Mario Santana-Quintero, Ottawa, Canada
José A. Franco Taboada, La Coruña, Spagna

Comitato di Redazione/Editorial Staff

Laura Carlevaris (coordinatore)
Emanuela Chivaroni, Carlo Inglese,
Alfonso Ippolito, Luca Ribichini

Coordinamento editoriale e segreteria/Editorial coordination and secretarial services
Monica Filippa

Traduzioni/Translation
Erika G. Young

Redazione/Editorial office
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
tel. 0039 6 49918890
disegnare@uniroma1.it

In copertina/Front cover

Carlos Campos, Porta Rossa XXII.
Inchiostro, oro e strumento meccanico per disegnare su carta, 70x70 cm
Carlos Campos, Porta Rossa XXII.
Ink, gold and a small, analogically-built mechanical drawing tool on paper, 70x70 cm

Anno XXXIV n. 67, dicembre 2023

- 3 Editoriale di Mario Docci, Carlo Bianchini
PNRR, rischi e opportunità
Editorial by Mario Docci, Carlo Bianchini
The NRRP, risks and opportunities
- 7 Carlos Campos
Lettori di sogni. L'uso della linea come strumento narrativo o a-rappresentazionale
Interpreters of dreams. The use of the line as a narrative or non-representational tool
- 12 Mario Docci
Giuseppe Zander, un grande maestro della Storia dell'architettura
Giuseppe Zander, a great master of the History of Architecture
- 22 Maria Teresa Bartoli, Alessandro Nocentini
Un disegno geo-metrico dei tempi delle Crociate tra l'Islam e il Cristianesimo
A geo-metric design at the time of the Crusades, between Islam and Christianity
- 34 Michele Russo, Federico Panarotto, Giulia Flenghi, Alberto Pellegrinelli
Il Castello di Canossa: interpretazione di una fortificazione misteriosa
The Castle of Canossa: interpretation of a mysterious fortification
- 46 Tommaso Magnifico, Antonio Schiavo
Disegno come narrazione di un processo compositivo ideale: la Casa del Girasole di Luigi Moretti
Drawing as the narrative of an ideal compositional process: the Sunflower House by Luigi Moretti
- 58 Ivana Passamani
Le impalcature nella scena urbana. Proposte di lettura critica per nuovi valori
Scaffolds in the city. Critical proposals for new interpretations
- 72 M. Lucía Balboa Domínguez, Alberto Grijalba Bengoetxea, Noelia Galván Desvaux
Casa Cassina e le tracce di Carlo Scarpa
The Cassina House and traces of Carlo Scarpa
- 84 Anna Riciputo
Il Maestro e Albisinni. Pensiero, disegno e modello nei progetti didattici di Leonardo Savioli e Piero Albisinni
The Maestro and Albisinni. Idea, drawing and model in the didactic projects by Leonardo Savioli and Piero Albisinni

Carlos Campos, Santa Maria del Fiore, Firenze, 2021.
Matita e oro su carta, 19x25 cm.
*Carlos Campos, Santa Maria del Fiore, Florence, 2021.
Pencil and gold on paper, 19x25 cm.*





Michele Russo, Federico Panarotto, Giulia Flenghi, Alberto Pellegrinelli
Il Castello di Canossa: interpretazione di una fortificazione misteriosa
The Castle of Canossa: interpretation of a mysterious fortification

<https://cdn.gangemeditore.com/DOI/10.61020/11239247-202367-05.pdf>

Medieval fortifications often have close ties with the territory and reduced accessibility. The integrated use of drawing tools such as surveying, graphic restitution, and BIM modelling makes it possible to initiate comparative and interpretative analyses in order to define new knowledge models. The study focused on the Castle of Canossa, the epicentre of crucial events during the Middle Ages. The objective was to unveil part of the mystery surrounding the evolution of its architecture and lay the groundwork for an in-depth interdisciplinary study.

Key words: fortifications, integrated multi-resolution survey, reconstructive BIM modelling, multi-scale representation, Castle of Canossa.

There are several reasons why the study, analysis and interpretation of the archaeological remains of medieval fortifications is a complex undertaking. On the one hand, the historical stratification of these architecture types is multifaceted, with traces that are superimposed based on rules that are difficult to interpret. Moreover, the morphology of the land significantly influences their construction and development, especially in the case of fortified castles on hilltops. Their interpretation rests on a profound understanding of their context since the latter defines the terms of their existence: architectural rules are adapted to the orography, to the detriment of its interpretation and comprehension based on architectural canons. In addition, the fact the walls have adapted over the years makes interpreting changes in the palimpsest even more complex. Analysing historical sources enables us to link the construction and development of these buildings to specific events. Unfortunately, these textual and iconographic sources do not always relate the architectural changes that have taken place since they are considered less important compared to the political, social, and religious role of the buildings. A meticulous study of the ruins of fortified buildings may therefore be necessary, but may not provide sufficient data to formulate an interpretation. In general, a fortified building may present different morphologies and dimensions depending on the construction technique, context, territorial role, historical origin, and development of the structure.

Le architetture fortificate medioevali presentano spesso una stretta relazione con il territorio e una ridotta accessibilità. L'uso integrato degli strumenti propri del Disegno quali il rilievo, la restituzione grafica e la modellazione BIM consente di avviare analisi comparative e interpretative per la definizione di nuovi modelli della conoscenza. L'oggetto di studio è il Castello di Canossa, epicentro di eventi cruciali in epoca medioevale. L'obiettivo è svelare parte del mistero che avvolge la sua evoluzione architettonica, preparando le basi per un approfondimento interdisciplinare.

Parole chiave: architetture fortificate, rilievo integrato multi-risoluzione, modellazione BIM ricostruttiva, rappresentazione multi-scala, Castello di Canossa.

Lo studio, l'analisi e l'interpretazione delle tracce archeologiche di fortificazioni medioevali è un tema complesso per differenti motivazioni. Da un lato la stratificazione storica che caratterizza queste tipologie di architetture è molto articolata, con tracce sovrapposte secondo regole non facilmente interpretabili. Inoltre, sia la nascita che lo sviluppo di tali architetture sono fortemente legati alla morfologia del territorio, soprattutto nel caso dei castelli fortificati sulla sommità di alture. La loro lettura non può prescindere dalla pro-

fonda conoscenza del contesto, che ne definisce i termini della stessa esistenza: le regole architettoniche si adattano alla orografia, a discapito di una sua lettura e comprensione secondo i canoni architettonici. In aggiunta, l'adattamento nel tempo delle cinte murarie rende ancora più complessa l'interpretazione evolutiva del palinsesto.

L'analisi delle fonti permette di collocare la nascita e lo sviluppo di questi manufatti nella storia in relazione a eventi specifici, ma non sempre tali fonti testuali o iconografiche ri-



1/ *Pagina precedente*. Immagini di castelli dell'Appennino reggiano: a) Bianello; b) Rocca del Boiardo; c) Rossena; d) Sarzano; e) Carpineti; f) Montecchio (fonte: Wikimedia Commons).

Previous page. *Castles in the Reggio Emilia Apennine region*: a) *Bianello*; b) *Rocca del Boiardo*; c) *Rossena*; d) *Sarzano*; e) *Carpineti*; f) *Montecchio* (source: *Wikimedia Commons*).

2/ *Pagina precedente*. Immagini riprese da drone del fianco sud-ovest e nord-ovest della collina di arenaria su cui poggiano le tracce del Castello di Canossa (fotografie degli autori, 2022).

Previous page. *Drone images of the south-west and north-west side of the sandstone hill, with the remains of the Castle of Canossa at the top* (photographs by the authors, 2022).

3/ Carta d'Italia (Bibliothèque Nationale de France, 1883, public domain) rielaborata dagli autori con evidenziata l'area occupata dalle terre matildiche.

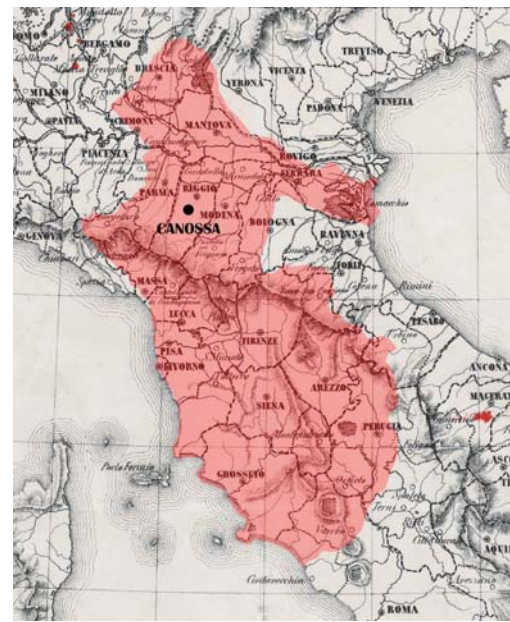
Map of Italy (Bibliothèque Nationale de France, 1883, public domain) reprocessed by the authors to show the lands that were part of Matilda's kingdom.

portano anche le trasformazioni architettoniche, di minore importanza rispetto al ruolo politico, sociale e religioso di tali architetture. Lo studio attento dei ruderi delle strutture fortificate può pertanto risultare una condizione necessaria ma non sufficiente per giungere a una loro conoscenza interpretativa. In generale, un'architettura fortificata può presentare differenti morfologie e dimensioni a seconda della tecnica costruttiva, del contesto e ruolo territoriale, dell'origine storica e dello sviluppo della struttura.

I castelli fortificati sono un esempio mirabile di complesse strutture stratificate a scala variabile (fig. 1), costituite da articolati sistemi architettonici difensivi interconnessi. Il contesto, dato dal sistema viario, dalla morfologia dei terreni e dalla vegetazione, ne definisce gli accessi, indirizzando i flussi di persone, merci e attività militari. L'interpretazione di queste strutture richiede quindi un'analisi multi-scala dell'ecosistema castello-territorio.

Il caso di studio qui presentato è il Castello di Canossa, un complesso edificio medioevale fortificato posto alle pendici dell'Appennino reggiano, in provincia di Reggio Emilia (Italia), la cui storia è legata alla contessa Matilde di Canossa, figura femminile emblematica dell'epoca medievale. Oggi il Castello conserva solo le vestigia della sua antica forma, poiché la maggior parte delle strutture è andata perduta nel corso della sua storia millenaria. Dalle fonti storiche è molto difficile recuperare delle informazioni dettagliate che ne descrivano l'evoluzione architettonica, che rimane parzialmente avvolta nel mistero.

Il progetto di ricerca¹ si è proposto di studiare l'intero sistema costruttivo, utilizzando gli strumenti propri del Disegno, per dipanare quella complessa stratificazione di tracce territoriali e architettoniche, giungendo a una prima ricostruzione interpretativa attendibile [Russo 2013]. L'obiettivo è quello di fornire un modello di conoscenza semplificato ma aggiornabile, fondato su un percorso metodologico consolidato nell'ambito del *Building Information Modeling* (BIM) [Bianchini, Nicastro 2018a; Rocha et al. 2020], che consenta di aprire in futuro nuove strade interpretative attraverso una discussione transdisciplinare.



Il caso studio

Il Castello di Canossa, parte di un articolato sistema di fortificazioni nel territorio dell'Appennino reggiano (fig. 1)², si trova su una scoscesa collina di arenaria bianca, affiancata da una vasta area calanchiva inaccessibile (fig. 2). Gli eventi storici che si intrecciano in questo territorio nel corso di più di mille anni sono determinanti per comprendere la complessità interpretativa del palinsesto.

La fondazione del Castello di Canossa risale al X secolo [Manenti Valli 1987], ma l'area risulta essere stata precedentemente frequentata, come evidenziato da recenti scavi che hanno messo in luce tracce di un insediamento di epoca romana [Patroncini 2001].

Il monaco Donizone di Canossa nella *Vita Mathildis* del secondo decennio del XII secolo [Donizone 2008] riferisce che Adalberto Atto di Canossa, figlio di Sigifredo di Lucca, costruì in questo punto un sistema fortificato, che subì nel corso del 953 e del 957 i primi due assedi da parte di Berengario II d'Ivrea e di Adalberto, figlio di Berengario. Il primitivo manufatto era una piccola fortificazione costituita da una torre circondata da mura, che già nelle sue prime fasi di vita dimostrò la sua inespugnabilità grazie alla sua particolare collocazione nel territorio.

Many admirable examples of complex, layered structures exist; they differ in size (fig. 1) and have complex, interconnected defensive architectural systems. The context – established by the road network, vegetation, and morphology of the land – defines their entrances which in turn direct the flows of people, goods, and military activities. An interpretation of these structures therefore requires a multi-scale analysis of the whole castle-territory ecosystem.

The study described in this article focuses on the Castle of Canossa, a complex, fortified medieval building at the foot of the Reggio Emilia Apennines in Italy. Its history is linked to Matilda of Canossa, an emblematic female figure who lived in the Middle Ages. At present, only a few remains of the castle's ancient structure are still standing because most of it has been lost over the course of its thousand-year history. Indeed, it is very difficult to retrieve detailed historical information about the evolution of the architecture of the castle since it remains partially shrouded in mystery.

The research project¹ used Drawing tools to study the entire construction system and thus unravel the complex stratification of the territorial and architectural remains and formulate an initial, reliable interpretative reconstruction [Russo 2013]. The objective was to provide a simplified but updatable knowledge model, based on a methodology consolidated within the *Building Information Modelling* (BIM) framework [Bianchini, Nicastro 2018a; Rocha et al. 2020], that in the future will lead to new interpretations based on a transdisciplinary discussion.

The case study

The Castle of Canossa is part of a complex system of fortifications in the Reggio Emilia Apennines (fig. 1)²; it stands on a steep, white sandstone hill surrounded by a vast expanse of inaccessible gullies (fig. 2). Knowledge of the historical events that have taken place in this territory in the last one thousand years is crucial if we are to understand how difficult it is to interpret this palimpsest.

The Castle of Canossa was founded in the 10th century [Manenti Valli 1987], but the

4/ In alto miniatura del perdono di Canossa e il disegno Die Gartenlaube (1872) che ritrae il castello dei principali eventi storici (grafica degli autori, 2022). Top, miniature of the forgiveness of Canossa and the drawing Die Gartenlaube (1872) of the castle (sources: Wikimedia Commons). Bottom, chart showing the main historical events (by the authors, 2022).
 5/ Sequenza di immagini della rupe da nord, da sud, percorso di salita all'area archeologica e foto panoramica delle rovine di Sant'Apollonio con vista sulla valle (fotografie degli autori, 2022). Sequence of images of the hill from the north and south; path leading to the archaeological area; panoramic photograph of the ruins of Sant'Apollonio with a view over the valley (photographs by the authors, 2022).

area appears to have been inhabited before that date thanks to recent excavations that have uncovered traces of a Roman settlement in the area [Patroncini 2001]. In the second decade of the 12th century [Donizone 2008] the monk Donizone of Canossa wrote Vita Mathildis [TN: The Life of Matilda] in which he reports that Adalbert Atto of Canossa, son of Sigifred of Lucca, built a fortified system on that very spot, but that the settlement was twice besieged by Berengar II of Ivrea and Adalbert, son of Berengar in 953 and 957. Even during the early years of its existence, the initial building – a small fortification consisting of a tower surrounded by walls – had already proved impregnable due to its specific position in the territory. Under Countess Matilda of Canossa (1046-1115) the castle assumed a central political, military, and religious role; it became not only a centre of reference for the entire territory over which Matilda ruled – extending from Lake Iseo to Lake Bracciano (fig. 3) – but also the stage where crucial events were played out during the Middle Ages, for example the meeting between Pope Gregory VII and Henry IV in 1077, known as the forgiveness of Canossa, in which Matilda of Canossa participated as a mediator, since she had close ties with both protagonists (fig. 4). Sources report that the castle was enlarged to accommodate the Pope's court. In 1092, Henry IV attacked the castle, but did not succeed in his intent. In 1106, Matilda of Canossa enlarged the castle even further; it is very likely that this was the moment when the castle reached its maximum extension. When Matilda died in 1115, the property in Canossa passed to Emperor Henry IV. In 1255, the Reggio Emilia population, led by Albert of Canossa, besieged the fortress and reduced it to ruins [Ferretti 1884]. A few years later, however, the Canossa family rebuilt it. Between the 13th and 14th century, a landslide (probably due to anthropic causes) carried away part of the southern side of the hill, causing the first substantial reduction in the castle area and a change in its defensive walls. In 1412 there was a new siege by the population of Reggio Emilia, helped by the population of Parma; this probably caused a second landslide, but on the western side of the hill [Aceto 1878]. Unlike the



Nel corso della vita della contessa Matilde di Canossa (1046-1115) il Castello assunse un ruolo centrale dal punto di vista politico, militare e religioso, divenendo un centro di riferimento per tutto il territorio matildico, che si estendeva dal lago d'Iseo fino al lago

di Bracciano (fig. 3), nonché teatro di eventi cruciali nella storia medioevale. Fra questi si ricorda nel 1077 il celebre incontro tra papa Gregorio VII e l'imperatore Enrico IV, noto come il perdono di Canossa, al quale partecipò Matilde di Canossa nel ruolo di media-



6/ Nuvola di punti integrata (a sinistra) e classificata (a destra): in verde i dati da laser scanner 3D, in viola da fotogrammetria di dettaglio, in azzurro da fotogrammetria di inquadramento (modello degli autori, 2022).

Integrated points cloud (left) and classified points cloud (right): in green, data from the 3D laser scanner; in purple, data from the detailed photogrammetry; in light blue, data from the framing photogrammetry (model by the authors, 2022).

trice, avendo strette relazioni con entrambi (fig. 4); le fonti riportano la notizia di lavori di ampliamento del castello per accogliere la corte del papa. Nel 1092 Enrico IV attaccò il castello tentando di espugnarlo, ma non riuscì nel suo intento. Nel 1106 il castello fu ulteriormente ampliato da Matilde di Canossa, raggiungendo plausibilmente la sua massima estensione. Alla morte della contessa, nel 1115, la proprietà canossiana entrò in possesso dell'imperatore Enrico IV. Nel 1255 i Reggiani, guidati da Alberto di Canossa, assediaron la fortezza riducendola in rovina [Ferretti 1884]; pochi anni dopo venne però ricostruita dai Canossa. Tra il XIII e il XIV secolo una frana, probabilmente provocata da cause di natura antropica, ridusse la collina sul lato meridionale, e provocò un primo sostanziale ridimensionamento della struttura e un intervento sulle mura. Nel 1412 vi fu un nuovo assedio da parte dei Reggiani, con l'aiuto dei Parmensi, che probabilmente causò una seconda frana, questa volta sul versante occidentale [Aceto 1878]; in questa occasione vi furono pochissimi danni alla struttura, mentre le mura furono seriamente danneggiate e fu necessario riadattarle al nuovo profilo della collina³.

Nel 1512 il sistema dei Castelli dell'Appennino reggiano passò allo Stato Pontificio ma nel 1523 gli Estensi rioccuparono il Castello di Canossa [Manenti Valli 1987]. Nel 1557 la rocca subì un attacco da parte di Ottavio Farnese, le cui cannonate causarono una frana nell'area settentrionale, distruggendo la struttura d'ingresso nell'angolo nord-orientale [Confortini 2001]; l'anno successivo gli

Estensi ripresero possesso del Castello e procedettero a fortificare le mura e a restaurare il palazzo. A partire dal 1570, il Castello passò di mano più volte, a partire dai Ruggeri, che lo trasformarono in una dimora signorile⁴, per finire nel 1642 con i Valentini di Modena, che lo gestirono fino al 1796. Dopo questa data, la fortezza venne trascurata e cadde in rovina (fig. 4). L'ultima distruzione significativa, nel 1821, fu opera degli abitanti della zona circostante, mentre altri eventi naturali (1831-1832 e 1846) causarono un ulteriore ridimensionamento della rupe che richiese altre modifiche del perimetro esterno delle mura [Manenti Valli 1987]. Nel 1878 lo Stato italiano acquistò la rocca, dichiarandola monumento nazionale; il castello è stato successivamente oggetto di una serie di interventi di restauro e recupero.

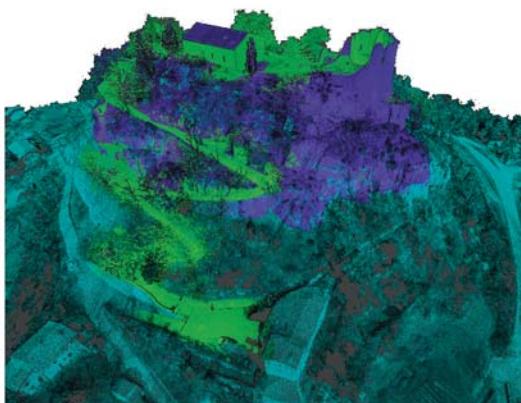
Al centro dell'attuale sito archeologico si trova il Museo Nazionale di Canossa, intitolato a Naborre Campanini, inaugurato nel 1893 e riorganizzato nel 2002, che conserva numerosi e interessanti reperti archeologici e una preziosa ricostruzione storica del Castello. Dal 2017 l'Associazione Culturale Matilde di Canossa gestisce l'area; dal 2018 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti monitora la stabilità delle pareti rocciose della rupe.

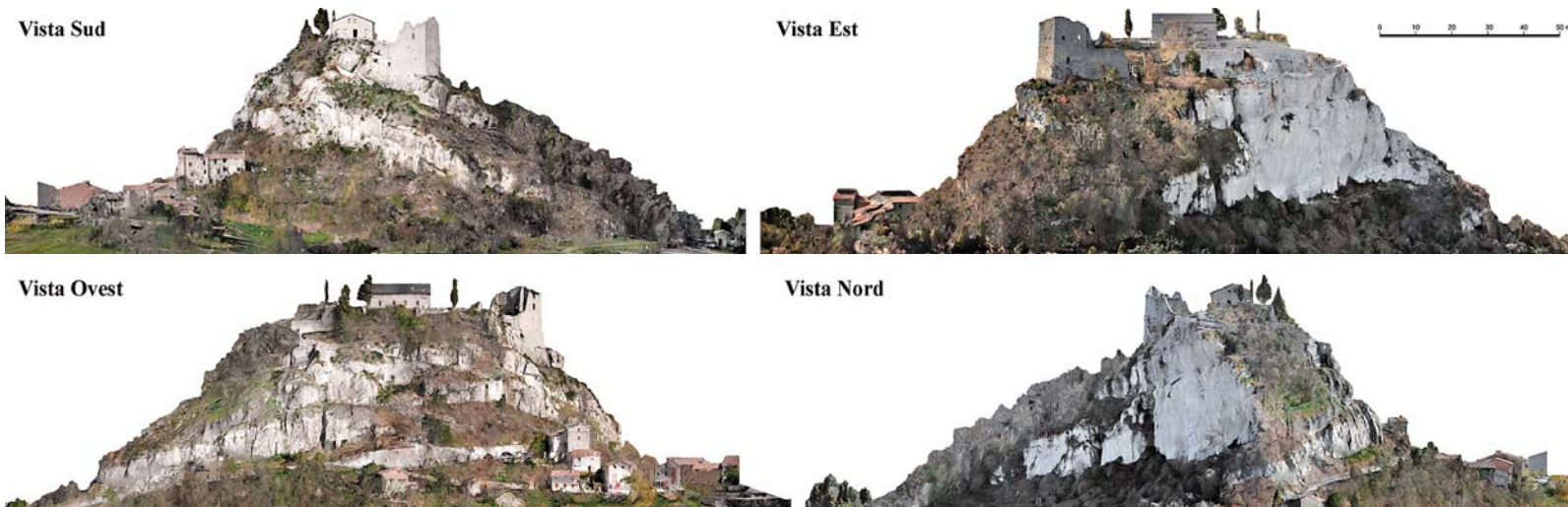
Attualmente si conservano solo alcune vestigia dell'imponente fortezza di epoca matildica. Le rovine comprendono i resti di un monastero e alcune mura del palazzo costruito dai Ruggeri alla fine del XVI secolo. Nell'area meridionale si conserva l'abside della chiesa di Sant'Apollonio (risalente alle prime fasi del complesso fortificato) e resti di strutture

previous siege, this one caused very little damage to the structure, but the walls were seriously disrupted, and work was required to readjust them to the new shape of the hill.³

In 1512 the Castles in the Reggio Emilia Apennine range passed to the Papal State, and in 1523 the Este family reoccupied the Castle of Canossa [Manenti Valli 1987]. In 1557 it was attacked by Ottavio Farnese; the cannon shots he fired at the castle caused a landslide in the northern area, destroying the entrance in the north-east corner [Confortini 2001]. A year later, the Este family once again took possession of the Castle; they fortified the walls and restored the building. Starting in 1570 the castle changed hands several times; it was first owned by the Ruggeri family that turned it into an aristocratic residence,⁴ and then in 1642 by the Valentini family of Modena that managed it until 1796. After this date, the fortress was left neglected and fell into ruin (fig. 4). The last major destruction occurred in 1821, perpetrated by the inhabitants of the area around the castle; other natural events (1831-1832 and 1846) caused further changes in the hillside and outer perimeter [Manenti Valli 1987]. Finally, in 1878 the Italian State acquired the hill and declared it a national monument; the castle later underwent a series of restoration and recovery interventions. The National Museum of Canossa, named after Naborre Campanini, was built in the centre of the current archaeological site. The museum was inaugurated in 1893 and was reorganised in 2002. It contains numerous archaeological remains and an invaluable historical reconstruction of the Castle. Since 2017 the area has been managed by the Associazione Culturale Matilde di Canossa; in 2018 the Ministry of Infrastructure and Transport became responsible for monitoring the stability of the cliff walls.

Only a few vestiges of the Matilda fortress are currently preserved. The ruins include the remains of a monastery and several walls of the building built by the Ruggeri family in the late 16th century. Some structures have survived in the area to the south: the apse of the Church of Sant'Apollonio (dating to the first construction phase of the fortified complex) and the remains of the buildings probably used to store provisions (fig. 5). It is still possible to see the foundations





of the gate tower, located to the south of the building, and a raised section of the east tower. The numerous archaeological studies performed over the years began with the first crucial excavations by Gaetano Chierici in 1880. Following these discoveries, the Società Reggiana di Archeologia produced an interpretative maquette of the original appearance of the fortress at the time of Matilda; the model is currently housed in the museum and was analysed during this research.

The multi-resolution survey of the castle-hill system

In 2022 a multi-resolution survey campaign was planned based on active and passive 3D data acquisition methodologies [Guidi et al. 2009]; the objective was to investigate all the different morphological features of the castle-hill system [Benavides et al. 2020]. The actual planning of the survey had to take into consideration the vast hillside area (300x300 m), the diverse morphology of the vertical rocky areas (south and north-east slopes), the areas covered in vegetation, the approximately 60 m difference in elevation between the base and top of the hill, and the archaeological area at the summit (40x60 m). A narrow asphalt road climbing up between the trees on the south-west side leads to the castle entrance (fig. 6). During the design phase we also considered producing an architectural representation on a scale of 1:50 and restitution of the entire hill system on a scale of 1:200.

The redundancy of the acquired data allowed us to verify the global and local accuracy of the system [Ramos, Remondino 2015].

The survey was divided into two separate phases: territorial framing and architectural survey. The ground survey was conducted by integrating a Global Navigation Satellite System (GNSS) with RPAS photogrammetry. By positioning 25 A3 and A2 ground targets throughout the entire area (but in a more dense arrangement at the top of the hill) it was possible to materialise the initial reference network

probabilmente utilizzate per la conservazione delle provviste (fig. 5). Sono ancora riconoscibili le fondamenta della torre-porta situata a sud di un edificio che separava l'area di culto dalla zona residenziale. È visibile, inoltre, una sezione rialzata della torre orientale.

Le numerose ricerche archeologiche hanno avuto inizio con i primi fondamentali scavi di Gaetano Chierici realizzati nel 1880. A seguito di queste scoperte, la Società Reggiana di Archeologia ha realizzato un modello plastico interpretativo dell'aspetto originario della fortezza all'epoca di Matilde, conservato all'interno del museo e analizzato durante la presente ricerca.

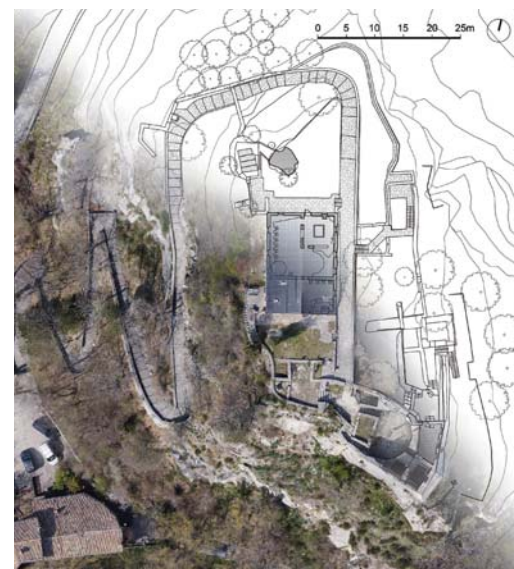
Il rilevamento multi-risoluzione del sistema castello-collina

Nel 2022 è stata pianificata una campagna di rilevamento multi-risoluzione basata su metodologie di acquisizione dati 3D attive e passive [Guidi et al. 2009], andando ad approfondire a differenti livelli di scala tutti gli aspetti morfologici del sistema castello-collina [Benavides et al. 2020]. La pianificazione del rilievo ha dovuto tenere in debita considerazione la vasta estensione dell'area collinare (300x300 m), la sua variegata morfologia costituita da aree rocciose verticali (versanti sud e nord-est) e da aree coperte da vegetazione, la variazione in quota di circa 60 m tra la base e la cima della collina e l'area archeologica sommitale (40x60 m). L'ingresso al Castello è costituito da una stretta strada asfaltata che si inerpica tra gli alberi del lato sud-ovest (fig. 6). In fase di progettazione si è inoltre considerata la finalità di produrre una rappresentazione architettonica a scala 1:50 e una restituzione dell'intero sistema collinare a scala 1:200.

La ridondanza dei dati acquisiti ha permesso di verificare l'accuratezza globale e locale del sistema [Ramos, Remondino 2015].

La fase di rilevamento si è sviluppata in due fasi distinte: inquadramento territoriale e rilievo architettonico.

Il rilievo di inquadramento da terra è stato effettuato integrando un sistema *Global Navigation Satellite System* (GNSS) con la fotogrammetria da drone. Il posizionamento di 25 target a terra di dimensioni A3 e A2, distribuiti su tutta l'area con una densità maggiore sulla sommità della collina, ha permesso di materializzare la rete di riferimento iniziale dei punti da acquisire con il sistema GNSS in modalità *Network Real Time Kinematic* (NRTK) – Sokkya GCX3 – e statica (Topcon GR3) per ovviare ad alcuni problemi di copertura satellitare⁵. Questa configurazione ha permesso di contenere l'errore di allineamento globale entro i 10 cm in pianta e in altezza, definendo una rete di punti di riferimento (PFA) per le successive metodologie di rilevamento. Per la campagna di acquisizione fotogrammetrica è stato impiegato un drone DJI Mavic mini 2, ottenendo un *Ground Sampling Distance* (GSD) medio di 3,2 cm alla base della collina⁶. Il rilevamento architettonico si è fondato sulla integrazione fra scansione laser 3D e fotogrammetria da drone [Valenti, Paternò 2021]. Il rilievo a terra è stato effettuato con un Focus M70 (Faro), introducendo una risoluzione variabile in funzione del soggetto e della



7/ *Pagina precedente*. Orto-immagini delle quattro principali viste del sistema collina-castello estratte dai dati fotogrammetrici (elaborazione grafica degli autori, 2022). Previous page. *Orthoimages of the four main views of the hill-castle system obtained from the photogrammetric data (by the authors, 2022).*

8/ *Pagina precedente*. Planimetria dell'area archeologica sovrapposta alla orto-immagine da drone (disegno degli autori, 2022).

Previous page. *Plan of the archaeological site superimposed on the orthoimage from the drone (by the authors, 2022).*

9/ Prospetti del sistema collina-castello sovrapposti alle orto-immagini da drone (disegno degli autori, 2022). *Elevations of the hill-castle system superimposed on the orthoimages from the drone (by the authors, 2022).*

condizione al contorno⁷, passando da 3 mm a 24 mm@10 metri. Il rilievo 3D degli interni del museo è stato solo geometrico, mentre per gli esterni è stato acquisito anche il dato radiometrico. La metodologia *range-based* ha permesso di campionare tutte le superfici ad eccezione della cresta dei muri, della copertura del museo e del muro esterno del Castello. Il rilievo fotogrammetrico tramite drone è stato effettuato integrando alcune immagini del volo precedente con quelle ottenute da un volo manuale di dettaglio dell'area archeologica, ottenendo un GSD al suolo di 7-10 mm⁸. Tale acquisizione ha permesso di coprire tutte le zone d'ombra date dal rilievo *range-based*. Durante il rilievo interno del museo è stata acquisita anche la *maquette* del plastico ricostruttivo integrando tecniche *range-based* e *image-based*, ottenendo un GSD medio sulla *maquette* di 0,3 mm⁹.

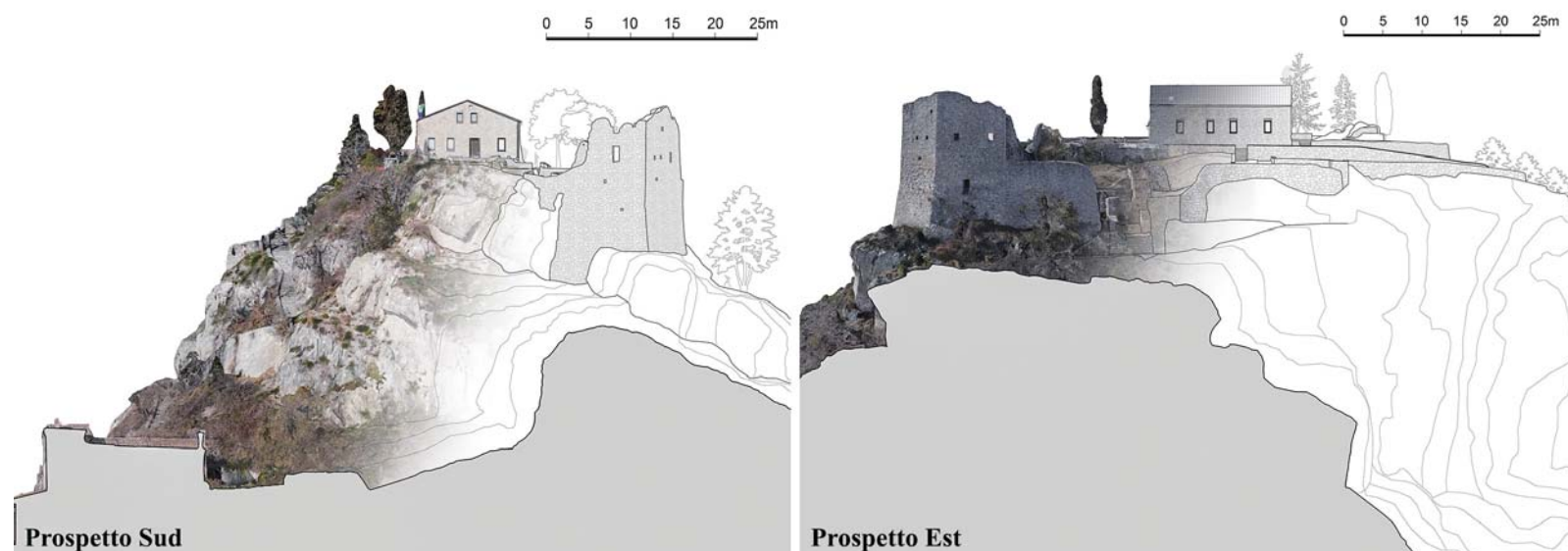
Integrazione dei dati 3D

A scala territoriale i dati topografici sono stati estratti e convertiti in coordinate cartesiane assolute¹⁰. La deviazione standard dei punti statici GNSS è stata inferiore a 3 cm, mentre per le coordinate NRTK è stato considerato accettabile un errore entro i 10 cm, distribuito soprattutto in quota. I dati fotogrammetrici sono stati elaborati in Metashape (Agisoft), dove si è sviluppata una prima attività di ribilanciamento della luce dell'in-

tero blocco fotogrammetrico. Le immagini sono state orientate rispetto ai 25 target, ottenendo residui coerenti con l'errore di graficismo richiesto¹¹. Le nuvole *range-based* sono state allineate all'interno del programma JRC Reconstructor (Gexcel) alternando l'uso dell'*Iterative Closest Point* (ICP) e del *bundle adjustment* per irrigidire blocchi coerenti di scansioni, ottenendo un errore di allineamento di pochi millimetri coerente con la deviazione standard strumentale (1 sigma). L'intero sistema è stato roto-traslato nel sistema di riferimento assoluto, ottenendo un errore medio di 3,7 cm tra gli 11 target utilizzati per l'orientamento e distribuiti sul territorio. La strada lastricata di accesso al Castello è stata orientata a parte, utilizzando prima le stazioni poste ad ogni curva e pre-orientate nella rete [Russo et al. 2023], limitando gli errori di allineamento. Prima di ottenere la nuvola integrata, sono stati confrontati i dati *image-based* e *range-based*. Verificato uno scostamento inferiore ai 2 mm, sono stati eliminati i dati ridondanti in base alla tipologia (fig. 6), riducendo il rumore localizzato. La nuvola è stata infine ricampionata con un passo di 1 cm, per facilitarne la gestione. Dai blocchi fotogrammetrici invece sono state estratte le orto-immagini dei principali prospetti (fig. 7) e dall'alto, a supporto della successiva fase di rappresentazione [D'Aprile, Piscitelli 2019].

of the points to be acquired using the GNSS system in the Network Real Time Kinematic (NRTK) – Sokkya GCX3 – and static (Topcon GR3) modes in order to overcome specific satellite coverage problems.⁵ This configuration contained the global alignment error within 10 cm in plan and height; it also defined a network of reference points (PFA) for subsequent survey methodologies. A DJI Mavic mini 2 drone was used during the photogrammetric acquisition campaign, achieving an average Ground Sampling Distance (GSD) of 3.2 cm at the base of the hill.⁶

The architectural survey integrated 3D laser scanning and RPAS photogrammetry [Valenti, Paternò 2021]. The ground survey was conducted with a M70 Focus (Faro); it introduced a variable resolution – depending on the subject and boundary condition⁷ – ranging from 3 mm to 24 mm@10m. The 3D survey of the museum's interior was only geometric, while radiometric data was acquired for the exterior. The range-based methodology made it possible to sample all the surfaces except for the wall tops, the museum roof, and the castle's outer wall. The RPAS photogrammetric survey was carried out by integrating several images from the previous flight with the ones obtained from a detailed manual flight of the archaeological area, thus creating a GSD of 7-10 mm.⁸ This acquisition made it possible to cover all the shaded areas produced by the range-based survey. During the



10/ Disegno dell'area sovrapposto alla pianta degli scavi di Gaetano Chierici (Archivio Centrale dello Stato, 1860-1890); i colori individuano le parti sull'attuale terreno (elaborazione grafica degli autori, 2022).

Drawing of the area superimposed on the plan of the excavations by Gaetano Chierici (State Central Archive, 1860-1890); colours show the parts of the complex located on the hilltop (by the authors, 2022).

survey of the museum's interior, the maquette of the reconstructive model was also acquired by integrating range-based and image-based techniques, thus obtaining an average 0.3 mm GSD on the maquette.⁹

3D data integration

Topographic data about the territory was extracted and converted into absolute Cartesian coordinates.¹⁰ The standard deviation of the GNSS static points was less than 3 cm, while for the NRTK coordinates, an error within 10 cm, mainly distributed in the Z direction, was considered acceptable. The photogrammetric data was processed in Metashape (Agisoft); this involved developing an initial light rebalancing of the entire photogrammetric block. The images were oriented compared to the 25 targets, thus obtaining residual errors consistent with the required graph error.¹¹ The range-based clouds were aligned using the JRC Reconstructor (Gexcel) program, alternating between the use of the Iterative Closest Point (ICP) and bundle adjustment in order to frame coherent blocks of scans; this resulted in an alignment error of a few millimetres, consistent with an instrumental standard deviation (1 sigma). The entire system was roto-translated in the absolute reference system, resulting in an average error of 3.7 cm amongst the 11 targets used for orientation and distributed in the territory. The paved entrance road to the castle was oriented separately, initially using the stations placed at each curve and pre-oriented in the network [Russo et al. 2023], thus limiting alignment errors. Before obtaining the integrated cloud, we compared image-based and range-based data. Once a deviation of less than 2 mm was verified, redundant range-based data was removed (fig. 6), reducing localised noise.

The cloud was finally resampled with a step size of 1 cm for easy handling. Orthoimages of the main elevations were instead extracted from the photogrammetric blocks (fig. 7) to support the subsequent representation phase [D'Aprile, Piscitelli 2019].

Interpretative and reconstructive analysis

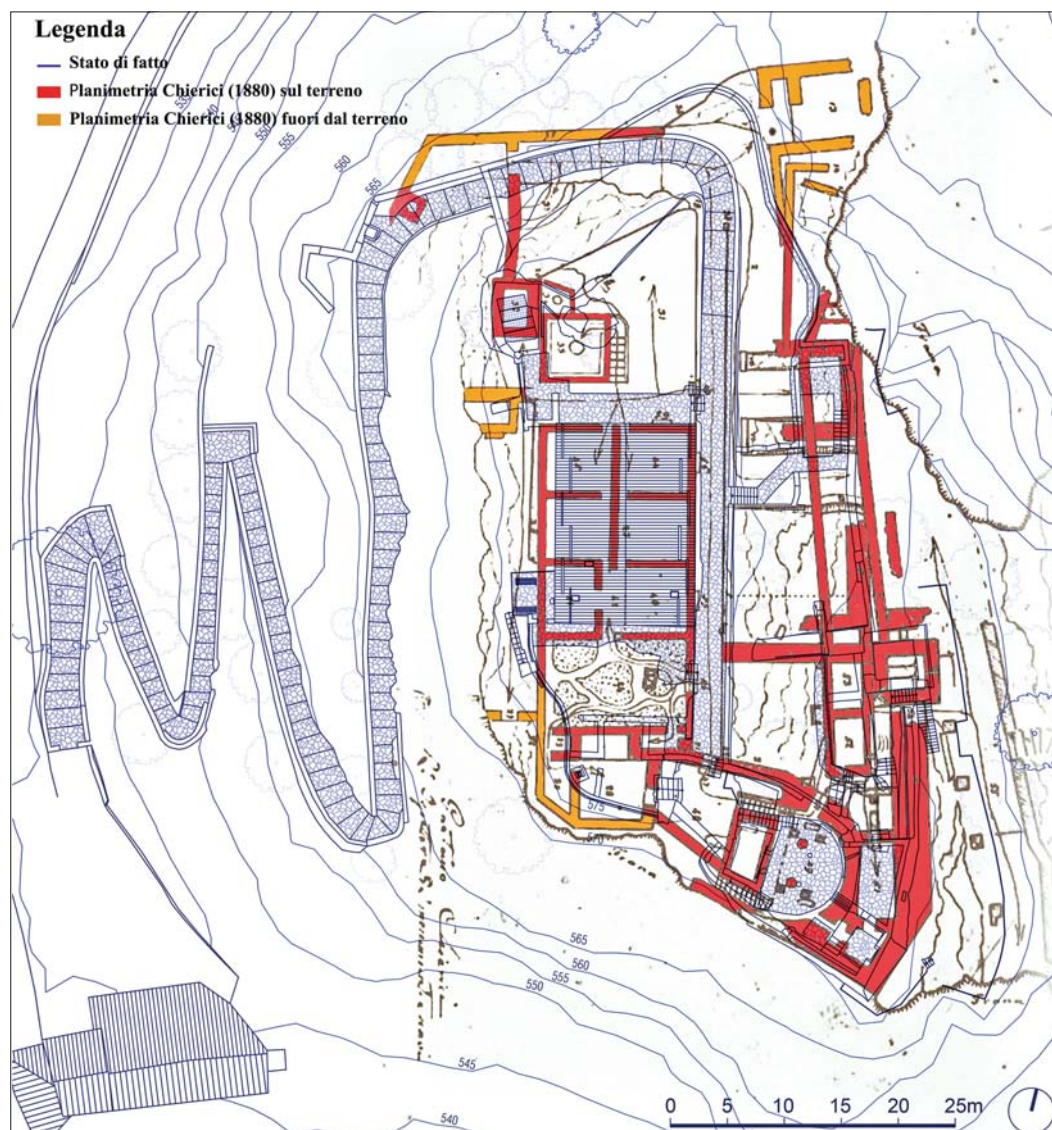
The representation phase was tackled separately in order to optimise the use of the survey data: the integrated points cloud, the general orthoimages,

Analisi interpretativa e ricostruttiva

La fase di rappresentazione è stata affrontata in momenti distinti, per ottimizzare l'uso dei dati di rilievo: la nuvola di punti integrata, le orto-immagini generali e il *Digital Terrain Model* (DTM). Nella rappresentazione territoriale la morfologia della collina è stata rappresentata attraverso le isoipse sia in pianta che in prospettiva (figg. 8, 9).

Nella rappresentazione architettonica il disegno dei ruderi è stato semplificato in funzione della scala, riportando le principali tracce stratigrafiche sulle murature esistenti. Il pattern materico introdotto sostituisce l'uso delle orto-immagini,

nelle quali la massiva presenza di vegetazione ne impediva un utilizzo a scala 1:50. Questa fase di rappresentazione dello stato di fatto è terminata con la creazione del modello numerico della rupe e delle architetture (cfr. *infra* fig. 13). Per quanto riguarda il confronto fra il modello *reality-based* e il plastico, scalato quest'ultimo alla dimensione reale, la mappa di deviazione ha dimostrato la sua bassa attendibilità dal punto di vista metrico, limitandone l'utilizzo solo per comprendere le relazioni volumetriche fra gli edifici [Russo et al. 2023]. Particolarmente utile è risultato il confronto con le poche fonti storiche. La sovrappo-



11/ In alto, fotografia di fine Ottocento di Alessandro Cassarini (coll. Claudio Conti; Cantatore 2021, p. 91, fig. 1). In basso modello reality-based dallo stesso punto di vista (elaborazioni grafiche degli autori, 2022).
Top, late 19th-century photograph by A. Cassarini (coll. Claudio Conti; Cantatore 2021, p. 91, fig. 1); bottom, a reality-based model of the same viewpoint (by the authors, 2022).

sizione tra lo stato di fatto e la planimetria del Chierici (1880) ha evidenziato che vi sono state piccole traslazioni di alcune murature, avvenute probabilmente nel corso del Novecento. Dal confronto emerge come l'area sommitale alla fine dell'Ottocento fosse più ampia, con tracce di strutture architettoniche (lato nord-est e sud-ovest) dove ora vi è un baratro (fig. 10). Mentre la mancanza sud-ovest è esigua – ed è riconducibile a un probabile crollo nel punto in cui ora vi è un muro di contenimento – risulta invece improbabile la mancanza di una parte consistente di terreno a nord-est, difficilmente ascrivibile a crolli non documentati. Per verificare questa ultima variazione orografica sono state confrontate le fotografie dell'epoca con il modello 3D rilevato e osservato dal medesimo punto di vista, quello est (fig. 11). La coincidenza delle linee di bordo ha rafforzato l'ipotesi di un errore di orientamento o posizionamento delle tracce in planimetria. Per tale ragione in fase interpretativa è stata solo considerata “plausibile” la variazione sud-ovest. Infine, è risultato molto difficile avviare un percorso di analisi sulle relazioni geometriche, in virtù di quell'adattamento alla forma del terreno circostante a cui sono soggette le architetture. L'unico corpo di fabbrica analizzato è la parte absidale della chiesa di Sant'Apollonio, i cui resti appartengono a uno dei primi nuclei del castello, poiché ancora in parte conservata e scollegata dalle mura perimetrali (fig. 12). Costruita da Adalberto Atto si presentava a tre navate con presbiterio rialzato, per accogliere nella parte sottostante le sepolture di tutta la famiglia. La presenza di aspetti storicamente controversi unita alla necessità di produrre un modello 3D geo-riferito partendo dai dati di rilievo digitale ha suggerito l'uso della metodologia BIM per la realizzazione di un primo modello interpretativo semplificato per diverse ragioni. In primis, all'interno di una piattaforma di modellazione BIM¹² si ha la possibilità di assegnare un parametro temporale di costruzione e di demolizione a ogni singolo oggetto (BIM *object*), funzionalità particolarmente utile quando ci si riferisce ad architetture che hanno subito eventi distruttivi di diversa natura [Gros et al. 2023] come quella analizzata. Inoltre un modello BIM genera geome-



trie tridimensionali al quale è associato un database relazionale. Quando ci si riferisce al patrimonio costruito, parlando di hBIM (*heritage-BIM*) [Murphy et al. 2009], subentrano elementi da integrare quali: l'utilizzo di rilievi di nuova realizzazione o esistenti, il reperimento di una documentazione storica, la valutazione sullo stato di conservazione del manufatto. Il modello BIM è quindi concepito come una piattaforma che permette di gestire grandi quantità di dati eterogenei, particolarmente adatta per il Castello di Canossa. Infine, un'ultima caratteristica utile del modello BIM consiste nella possibilità di realizzare istanze parametriche, impiegate nel nostro caso nella modellazione ricostruttiva partendo dal modello di rilievo e arricchito da alcune evidenze archeologiche verificate [Pelliccio et al. 2022]. La quasi totale assenza di fonti affidabili sugli alzati ha reso estremamente complesso questo passaggio [Benavides et al. 2020], supportato solo in parte dalla raccolta di alcuni stilemi presenti nel territorio. Il bilanciamento fra lo stato di fatto, le poche informazioni archeologiche e l'analisi stilistica delle architetture coeve ha permesso di definire una struttura volumetrica di base, realizzando un modello

and the Digital Terrain Mode (DTM). In the spatial representation, the morphology of the hill was represented using contour lines in both plan and elevation (figs. 8-9).

The drawing of the ruins in the architectural representation was simplified based on the scale; the primary stratigraphic traces are shown on the existing masonry. The textural pattern that was introduced replaced the use of orthoimages, since the massive presence of vegetation prevented its use on a scale of 1:50. The representation phase ended with the creation of the numerical model of the cliff and architecture (cfr. infra fig. 13). As concerns the comparison between the reality-based model and the maquette in the museum (scaled to the actual size), the deviation map demonstrated its low reliability from a metric point of view; this is why it was used simply to understand the volumetric relationships between the buildings [Russo et al. 2023].

A comparison of several historical sources was particularly useful. Superimposition between the state of the art and Chierici's plan (1880) unveiled small movements of the masonry, probably during the 20th century. However, the comparison revealed that at the end of the 19th century the area at the top was more extensive and included architectural remains (on the north-east and south-west sides), while now there is only a chasm (fig. 10). While there are only a few missing parts in the south-west area – attributable to a probable collapse and currently filled by a retaining wall – it is difficult to ascribe the large ground area that is missing on the north-east side to undocumented cave-ins. In order to verify this last variation in the orography, vintage photographs were compared with the 3D model surveyed and observed from the same viewpoint (east) (fig. 11). The coincidence of the edge lines reinforced the hypothesis of an error in the orientation or positioning of the traces on the plan. This is why only the south-west variation was considered ‘plausible’ during interpretation. Finally, it was very hard to analyse the geometric relations given the fact that the buildings were adapted to the shape of the surrounding terrain. The apse of the Church of Sant'Apollonio was the only building that was analysed because it is still partly preserved and not connected to the perimeter walls (fig. 12).

12/ Sequenza di immagini dall'alto e disegni in pianta e sezione dei resti della chiesa di Sant'Apollonio e sua ipotetica ricostruzione, con annessa analisi geometrica delle proporzioni architettoniche (fotografie e disegni degli autori, 2022).

Sequence of bird's-eye images and drawings of the plan and section of the remains of the Church of Sant'Apollonio and its hypothetical reconstruction, together with the geometric analysis of its architectural proportions (photographs and drawings by the authors, 2022).

Built by Adalbert Atto, the church has three naves with a raised presbytery under which his whole family is buried.

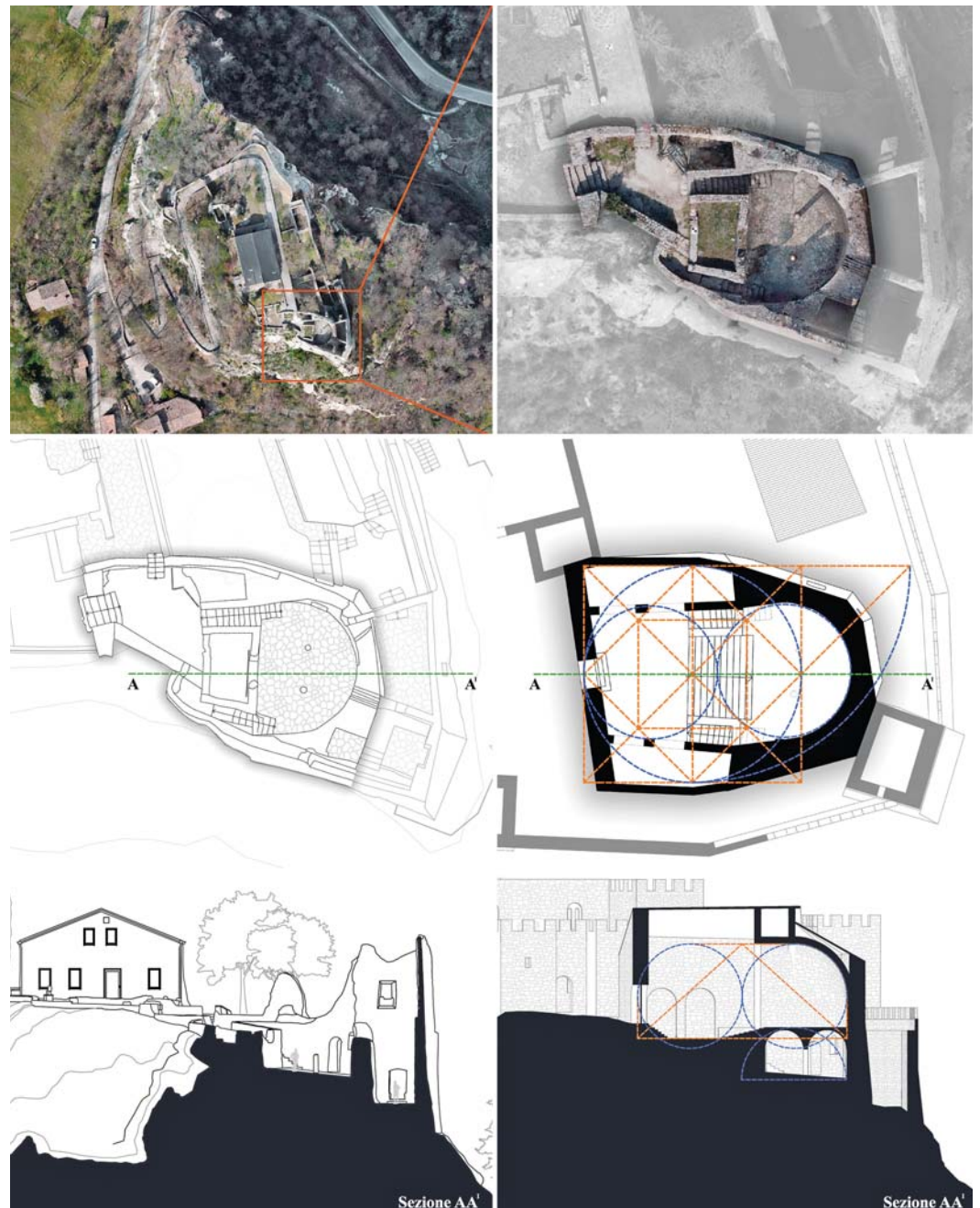
The presence of historically controversial features, coupled with the need to produce a geo-referenced 3D model from digital survey data, made it advisable to use BIM methodology to create an initial interpretative model, which was simplified for several reasons. Firstly, in a BIM modelling platform¹² it is possible to assign a construction and demolition time parameter to every object (BIM object). This function is particularly helpful when referred to buildings that have suffered different kinds of destructive events [Gros et al. 2023], such as the one analysed here. Furthermore, a BIM model generates three-dimensional geometries associated with a relational database. Several elements have to be integrated when referring to built heritage, and the hBIM (heritage-BIM) domain [Murphy et al. 2009]: the use of new or existing surveys; the retrieval of historical documentation; and the assessment of the state of preservation of the artefact. The BIM model was developed as a platform to manage large quantities of heterogeneous data; it is particularly well-suited to the Castle of Canossa. Finally, one last, helpful feature of the BIM model is the possibility to create parametric instances. In this case they are used in reconstructive modelling based on the elevation model and enriched with verified archaeological findings [Pelliccio et al. 2022]. The almost total lack of reliable sources regarding the elevations made this step extremely complex [Benavides et al. 2020], only partially supported by the identification of several stylistic features present in the area. The balance between the state of the art, the limited archaeological information, and the stylistic analysis of the coeval buildings made it possible to establish a basic volumetric structure and create a simplified interpretative model. The latter is flexible and easily updated based on new findings or discussions between scholars (fig. 13).

At far as the process is concerned, during the volumetric reconstruction of the interpretative model the issue of the Level of Reliability (LOR) [Bianchini, Nicastro 2018b] was tackled by creating two types of representation for each element: a polygonal mesh extracted from the points clouds produced by the survey, and a solid

interpretativo semplificato, flessibile e facilmente aggiornabile sulla base di nuove scoperte o confronti fra studiosi (fig. 13).

A livello di processo, nella ricostruzione volumetrica del modello interpretativo il tema del *Level of Reliability* (LOR) [Bianchini, Nicastro 2018b] è stato affrontato creando due tipi di rappresentazione per ogni elemento:

una mesh poligonale, estratta dalle nuvole di punti provenienti dal rilievo, e un oggetto solido, realizzato in ambiente BIM. Il questo caso il *Level of Information Need* (LOIN) utilizzato in fase di modellazione è coerente con le informazioni reperite, adoperando il consolidato processo *scan-to-BIM* [Banfi 2020]. Il modello è stato inserito in una piattaforma

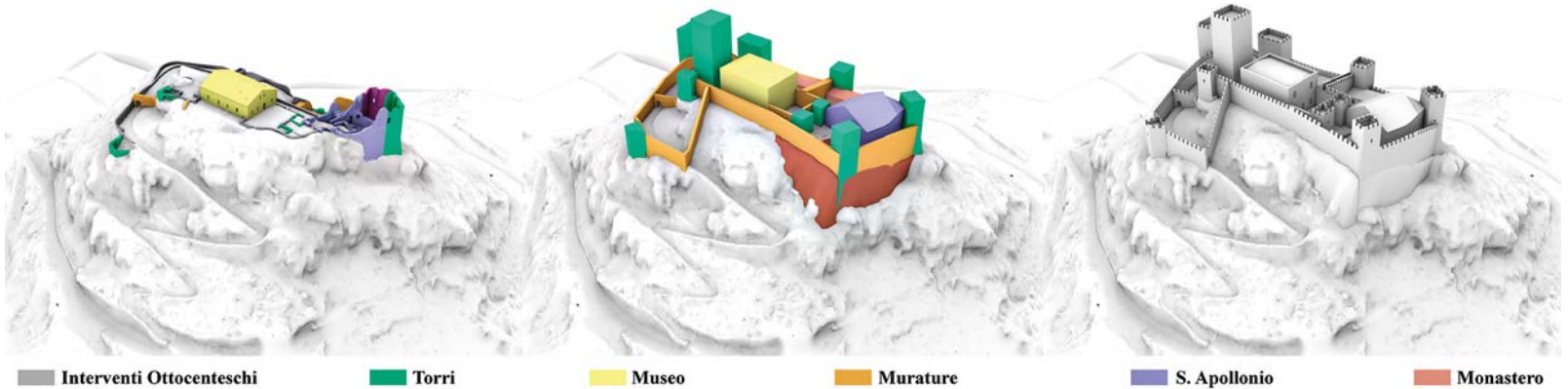


13/ A sinistra modello poligonale reality-based, al centro e a destra modello BIM interpretativo. Evidenziata la suddivisione funzionale delle architetture (modelli degli autori, 2022).

Left, reality-based polygonal model; in the centre and right, the interpretative BIM model. Functional division of the buildings is shown (models by the authors, 2022).

14/ Schema metodologico, con distinzione fra attività (rettangoli) e prodotti (ellissi) ottenuti durante le diverse fasi di sviluppo del processo (grafica degli autori, 2022).

Methodological diagram illustrating the activities (rectangles) and products (ellipses) obtained during the various phases of the process (by the authors, 2022).



interoperabile¹³ con accesso autorizzato che permette di annotare considerazioni, osservazioni e commenti direttamente sul modello 3D e, su richiesta, di scaricare i dati nel formato aperto *Industry Foundation Classes* (IFC). Questo ambiente di condivisione dati è ideato per permettere, come menzionato in precedenza, di aggiornare il modello in caso di nuovi sviluppi sul piano interpretativo.

Conclusioni

I ruderi dei castelli fortificati medioevali rappresentano una tematica complessa dal punto di vista della rappresentazione e analisi interpretativa, date le particolari condizioni al contorno, la ridotta accessibilità, e numero di fonti e regole geometrico-costruttive. Eppure, questi particolari manufatti sono un mirabile esempio di sistema architettonico complesso strettamente interconnesso con il territorio.

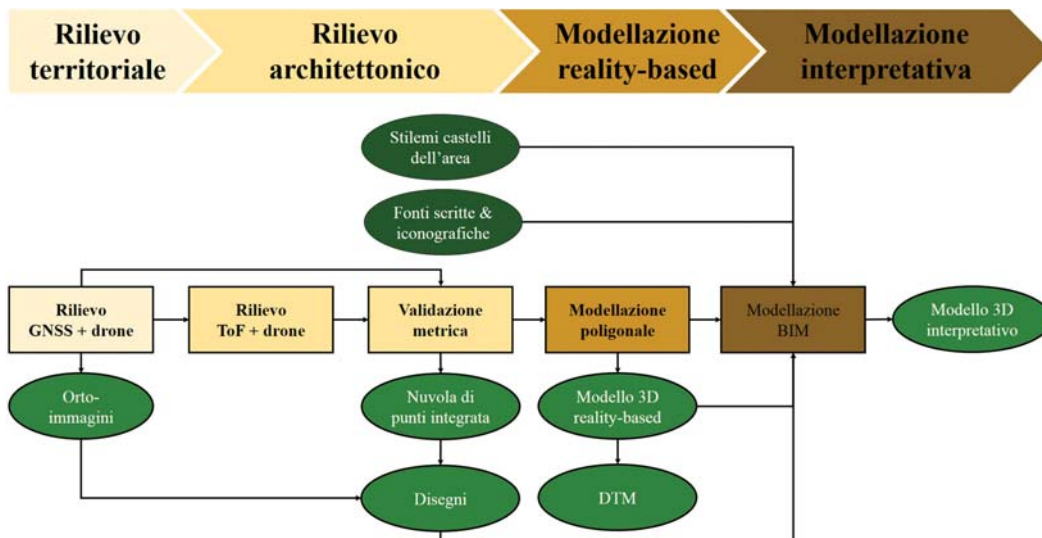
Per questo il percorso di conoscenza deve coniugare e bilanciare il rilievo e il disegno alle diverse scale di rappresentazione.

Il caso studio del Castello medioevale di Cannossa si fonda su un processo (fig. 14) che affronta diversi colli di bottiglia e che può essere replicabile in altre condizioni analoghe. La conoscenza si basa sulla raccolta delle fonti e sull'uso integrato di metodologie attive e passive di rilevamento 3D. Le fasi di validazione metrica hanno permesso di controllare il livello di attendibilità del dato alle diverse scale. Il modello 3D integrato ha consentito di estrarre i dati di supporto per la rappresentazione, potendo confrontare i dati storici con lo stato di fatto. I disegni prodotti sono serviti come base per la definizione di un modello BIM interpretativo a supporto della comunicazione (fig. 15) e delle future ricerche, tese ad approfondire alcuni degli aspetti miste-

object, realised in a BIM environment. In this case, the Level of Information Need (LOIN) used during the modelling phase is consistent with the data obtained using the consolidated scan-to-BIM process [Banfi 2020]. The model was inserted into an interoperable platform¹³ with authorised access; the latter makes it possible to note considerations, observations, and comments directly on the 3D model and, when requested, download the data in the open Industry Foundation Classes (IFC) format. As mentioned earlier, this data-sharing environment is designed to allow the model to be updated in the event of new developments in interpretation.

Conclusions

The ruins of medieval fortified castles represent a complex topic from the point of view of representation and interpretative analysis; this is due to the specific conditions of their surroundings, reduced accessibility, number of sources, and geometric construction rules. Nevertheless, these artefacts are excellent examples of a complex architectural system closely interconnected with the territory. For this reason, knowledge-gathering must combine and balance survey and drawing at all levels of representation. This case study is based on a process (fig. 14) that tackles several bottlenecks and can be replicated in other similar conditions. Knowledge is based on collecting sources and using active and passive 3D survey methodologies in an integrated manner. The metric validation phases made it possible to check the reliability level of all the data. The integrated 3D model enabled the extraction of the data required for the representation, allowing the historical data to be compared



15/ Inserimento del modello BIM interpretativo nel contesto attuale (elaborazione grafica degli autori, 2022).
Insertion of the interpretative BIM model into the current surroundings (by the authors, 2022).

against the current situation. The drawings served as a basis to establish an interpretative BIM model supporting communication (fig. 15) and any future studies that may examine some of the mysterious features of the Castle of Canossa, partially revealed thanks to the use of representation tools.

As regards the public use of the data produced, in the future it will be possible to insert a QR code in the panels that already exist in the archaeological area; this will allow visitors to use their own mobile devices to view the virtual model in augmented reality (AR).

1. During the drafting of the article, Michele Russo wrote the 'introduction' and Conclusions; Giulia Flenghi wrote the paragraph entitled The case study; Alberto Pellegrinelli wrote the paragraph entitled The multi-resolution survey of the castle-hill system; and Federico Panarotto wrote the paragraphs 3D data integration and Interpretative and reconstructive analysis.

2. Of all the other fortifications, the Castle of Rossena shows remarkable historical and stylistic similarities with the castle in question, providing valuable indications for its interpretation, given the limited iconographic sources available.

3. According to the information provided by the podestà Carlo Facino (see doc. III, Aceto 1978, p. 390).

4. "and it was probably then that the building was built, the remains of which we can still see to the west, in the upper part of the cliff" [Ferretti 1884, p. 198; translation by E.Y.].

5. The static mode was used to survey the central archaeological area with a minimum acquisition time of 10 minutes (1 epoch per second) for each target. Instead, the NRTK mode was used chiefly to acquire peripheral targets and for the paved access road to the castle, acquiring less accurate points (5-10 epochs per second).

6. The camera had a focal length of 4 mm, f/2.8, ISO 100, and a 1/1250 sec exposure. Two flights were planned at a height of 90 m from the base of the hill with a camera in nadiral configuration, integrated with a third manual flight with an oblique axis camera to acquire the hill slopes and external walls of the castle. The final photogrammetric block consists of 286 images.

7. The variable resolution survey optimised data management, adapting the stations to specific functions. The reference scan, positioned in a panoramic spot with a resolution of 3mm@10m, covered a large part



riosi del Castello di Canossa in parte svelati attraverso gli strumenti propri del Disegno. Per quanto riguarda la fruizione al pubblico dei dati prodotti, si prevede in futuro la possibilità di inserire un QR code all'interno dei pannelli già esistenti nell'area archeologica, per consentire ai visitatori di visualizzare il modello virtuale in realtà aumentata (AR) sul proprio device.

1. Nella redazione dell'articolo, Michele Russo si è occupato della "parte introduttiva" e del paragrafo *Conclusioni*; Giulia Flenghi del paragrafo *Il caso studio*; Alberto Pellegrinelli del paragrafo *Il rilevamento multi-risoluzione del sistema castello-collina*; Federico Panarotto dei paragrafi *Integrazione dei dati 3D e Analisi interpretativa e ricostruttiva*.

2. Tra le fortificazioni, si segnala il Castello di Rossena che presenta notevoli similitudini storiche e stilistiche con il caso studio in oggetto per il quale – considerata la limitata disponibilità di fonti iconografiche – fornisce preziose indicazioni per la sua interpretazione.

3. Secondo quanto riferito dal podestà Carlo Facino (v. doc. III, Aceto 1978, p. 390).

4. «e probabilmente allora fu eretto quel corpo di fabbrica di cui si scorgono tuttora gli avanzi ad occidente, nella parte superiore della rupe» [Ferretti 1884, p. 198].

5. La modalità statica è stata utilizzata per l'area archeologica sommitale con un tempo di acquisizione minimo di 10 minuti (1 epoch al secondo) per ogni target. La modalità NRTK è stata invece impiegata principalmente per la acquisizione dei target periferici e per la strada lastricata di accesso al Castello, acquisendo punti con minore precisione (5-10 epoche al secondo).

6. La fotocamera è stata impiegata con una lunghezza focale di 4 mm, f/2,8, ISO 100 e 1/1250 sec. di esposizione. Sono stati pianificati due voli a una altezza di 90

m dalla base della collina con fotocamera in configurazione nadirale, integrati con un terzo volo manuale con fotocamera ad asse obliquo per acquisire le pendici delle colline e le pareti esterne del castello. Il blocco fotogrammetrico finale è composto da 286 immagini.

7. Il rilievo a risoluzione variabile ha ottimizzato la gestione del dato, adattando le stazioni alle specifiche funzioni. La scansione di riferimento, posizionata in un punto panoramico con risoluzione a 3 mm@10 metri, ha coperto una parte significativa dell'area archeologica. Il progetto complessivo dell'area archeologica sommitale, del museo e del percorso di accesso all'area ha previsto 154 scansioni.

8. Il blocco fotogrammetrico è definito da 356 immagini su due differenti voli a una altezza di 10 m dalla sommità della collina.

9. Sono state pianificate 12 scansioni a 24 mm@10 m e ad una distanza media di 2 m. Nel rilievo fotogrammetrico è stata impiegata una fotocamera Nikon D810 con obiettivo focale 35 mm, f/9 e tempo a 1/160 sec. Sono state acquisite 40 fotografie ad assi convergenti sui quattro lati con una baseline di 50 cm e una distanza di lavoro di 2 m.

10. Le coordinate del GNSS Master sono state determinate scaricando i dati da due stazioni permanenti della rete TopNet, mentre quelle acquisite dal sistema Rover sono state integrate con il sistema NRTK, trasformando le quote ellissoidiche in quote geoidiche, ottenendo la lista finale di coordinate inquadrare in ETRF2000 (2008.0)-UTM32.

11. Residuo medio di circa 4 cm sui PFA e di circa 10 cm sui punti di controllo (PC) per il rilievo territoriale, ridotto a 2,7 cm sugli stessi PFA e di 7 cm sui PC a scala architettonica.

12. Entrambi i modelli sono realizzati con il programma Autodesk Revit.

13. La piattaforma utilizza un BIM management software online, usBIM di ACCA Software.

of the archaeological area. The overall project of the archaeological area at the top of the hill, the museum, and the access route to the area, involved 154 scans.

8. The photogrammetric block is defined by 356 images on two different flights at a height of 10 m from the top of the hill.

9. 12 scans were planned at 24 mm@10 m and at an average working distance of 2 m. A Nikon D810 camera with a 35 mm focal lens, f/9, and a speed of 1/160 sec was

used for the photogrammetric survey. Forty photographs were taken with converging axes on all four sides with a baseline of 50 cm and a working distance of 2 m.

10. The coordinates of the GNSS Master were determined by downloading the data from two permanent stations of the TopNet network, while those acquired by the Rover system were integrated with the NRTK system, transforming the ellipsoid elevations into geoidal elevations and producing the final list of coordinates framed in ETRF2000 (2008.0)-UTM32.

11. The average residual of approximately 4 cm on the PFAs and 10 cm on the control points (CPs) for the territorial survey was reduced to 2.7 cm on the same PFAs and 7 cm on the architectural scale CPs.

12. Both models are created with the Autodesk Revit programme.

13. The platform uses a BIM management software online, usBIM by ACCA Software.

References

- Aceto 1978 = Tonino Aceto. L'apparato difensivo di Canossa. In *Studi matildici. Atti e memorie del III convegno di studi matildici*. Modena: Aedes Muratoriana, 1978, pp. 370-393.
- Banfi 2020 = Fabrizio Banfi. HBIM, 3D Drawing and Virtual Reality for Archaeological Sites and Ancient Ruins. *Virtual Archaeology Review*, 11, 23, 2020, pp. 16-33. e-ISSN: 1989-9947.
- Benavides et al. = José Antonio Benavides López, Martín Civantos José M^a Martín Civantos, Jorge Rouco Collazo. Levantamiento Arquitectónico y Análisis Arqueológico Del Castillo de Píñar Como Punto de Partida Para Su Conservación. *Virtual Archaeology Review*, 11, 22, 2020, pp. 95-115. e-ISSN: 1989-9947.
- Bianchini, Nicastro 2018a = Carlo Bianchini, Saverio Nicastro. From BIM to H-BIM. In Alonzo C. Addison, Harold Thwaites. *3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE)* held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018), pp. 1-4. ISBN: 9781728102924.
- Bianchini, Nicastro 2018b = Carlo Bianchini, Saverio Nicastro. The definition of the Level of Reliability: a contribution to the transparency of Heritage-BIM processes. *3D Modeling & BIM (2018)*. *Diemme*, 2, 2018, pp. 45-59. ISSN: 2610-8755.
- Cantatore 2021 = Mattia Francesco Antonio Cantatore. Gaetano Chierici (1819-1886) a Canossa: uno dei primi esempi di parco archeologico. *Quaderni Del m.e.S. - Journal of Mediae Aetatis Sodaliticium*, 19, 2021, pp. 73-98. ISSN: 2533-2325.
- Confortini 2001 = Lorenzo Confortini. Il castello in epoca estense. In Franca Manenti Valli. *Canossa nel sistema fortificato matildico*. Reggio Emilia: Diabasis, 2001, pp. 105-111. ISBN: 9788881031917.
- D'Aprile, Piscitelli 2019 = Marina D'Aprile, Manuela Piscitelli. Survey, stratigraphy of the elevations, 3D modelling for the knowledge and conservation of archaeological parks: the Castle of Avella. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W9, 2019, pp. 289-296. e-ISSN: 2194-9034.
- Donizone 2008 = Donizone di Canossa. *Vita di Matilde di Canossa*. Milano: Jaca Book, 2008, 295 p. ISBN: 9788816408234 [ed. orig. *Vita Mathildis* o *Acta Comitissae Mathildis*, 1115. Vat. 4922).
- Ferretti 1884 = Angelo Ferretti. *Canossa. Studi e ricerche*. Torino: Loescher, 1884. 275 p.
- Gros et al. 2023 = Antoine Gros, Anaïs Guillem, Livio De Luca, Élise Baillieul, Benoit Duvocelle, Olivier Malavergne, Lise Leroux, Thierry Zimmer. *Nature Publishing Group UK*, 13, 1, pp. 59-81. ISSN: 2045-2322.
- Guidi et al. 2009 = Gabriele Guidi, Fabio Remondino, Michele Russo, Fabio Menna, Alessandro Rizzi, Sebastiano Ercoli. A multi-resolution methodology for the 3D modeling of large and complex archaeological areas. *International Journal of Architectural Computing*, 7, 1, 2009, pp. 39-55. e-ISSN: 2048-3988.
- Manenti Valli = Franca Manenti Valli Franca. *Architettura di castelli nell'Appennino Reggiano*. Modena: Aedes Muratoriana, 1987. 275 p.
- Murphy et al. 2009 = Maurice Murphy, Eugene MCGovern, Sara Pavia. Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*, 27, 4, 2009, pp. 311-327. ISSN: 0263-080X.
- Patroncini 2001 = Luciano Patroncini. Tracce di insediamento romano. In Franca Manenti Valli. *Canossa nel sistema fortificato matildico*. Reggio Emilia: Diabasis, 2001, pp. 33-42. ISBN: 9788881031917.
- Pelliccio et al. 2022 = Assunta Pelliccio, Marco Saccucci, Virginia Miele. The graphic sign for historical narration of architecture. The fortifications of the Liri Valley. In Enrica Bistagnino, Carlo Battini. *43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congresso della Unione Italiana per il Disegno - Atti 2022*, pp. 917-925. ISBN: 97888835141938.
- Ramos, Remondino 2015 = M. Magda Ramos, Fabio Remondino. Data Fusion in Cultural Heritage - A Review. *International Archives of Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, 2015, pp. 359-363. e-ISSN: 2194-9034.
- Rocha et al. 2020 = Gustavo Rocha, Luís Mateus, Jorge Fernández, Victor Ferreira. A Scan-to-Bim Methodology Applied to Heritage Buildings. *Heritage*, 3, 1, 2020, pp. 47-65. ISSN: 2571-9408.
- Russo 2013 = Michele Russo. La rinascita dell'architettura Cham: un percorso di ricostruzione virtuale di architetture scomparse. *Disegnare. Idee Immagini*, XXIII, 46, 2013, pp. 82-92. ISSN: 1123-9247.
- Russo et al. 2023 = Russo Michele, Panarotto Federico, Flenghi Giulia, Rossi Elvira, Pellegrinelli Alberto. 2023. A 3D integrated survey of fortified architectures: the medieval Canossa castle. In Marco Giorgio Bevilacqua, Denise Ulivieri. *International Conference on Fortifications of the Mediterranean Coast (FORTMED)*, 2023, pp. 1137-1144, in corso di pubblicazione.
- Valenti, Paternò 2021 = Rita Valenti, Emanuela Paternò. 3D Integrated Survey for the Study of Archaeological Sites: the Case Study of Euryalus Castle in Siracusa. *Environmental Earth Sciences*, 767, 012015, 2021, pp. 1-8. e-ISSN: 1866-6299.

La rivista è inclusa nella Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics), dove è indicizzata nell'Arts & Humanities Citation Index e nel database di Scopus dove sono presenti gli abstract dei contributi.

La selezione degli articoli per *Disegnare. Idee Immagini* prevede la procedura di revisione e valutazione da parte di un comitato di referee (*blind peer review*); ogni contributo viene sottoposto all'attenzione di almeno due revisori, scelti in base alle loro specifiche competenze. I nomi dei revisori sono resi noti ogni anno nel numero di dicembre.

The journal has been selected for coverage in the Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics); it is indexed in the Arts & Humanities Citation Index and abstracted in the Scopus database.

The articles published in Disegnare. Idee Immagini are examined and assessed by a blind peer review; each article is examined by at least two referees, chosen according to their specific field of competence. The names of the referees are published every year in the December issue of the journal.

Per l'anno 2023 la procedura di lettura e valutazione è stata affidata ai seguenti *referee*:
The 2023 examination and assessment of the articles was carried out by the following referees:

Fabrizio Agnello, *Palermo, Italia*
Marcello Balzani, *Ferrara, Italia*
Maria Teresa Bartoli, *Firenze, Italia*
Stefano Brusaporci, *L'Aquila, Italia*
Marco Canciani, *Roma, Italia*
Mario Centofanti, *L'Aquila, Italia*
Pilar Chías, *Alcalá de Henares, Spagna*
Paolo Clini, *Ancona, Italia*
Francesca Fatta, *Reggio Calabria, Italia*
Marco Gaiani, *Bologna, Italia*
Fabrizio Gay, *Venezia, Italia*
Andrea Giordano, *Padova, Italia*
Marco Fasolo, *Roma, Italia*
Antonella Di Luggo, *Napoli, Italia*
Francesco Maggio, *Palermo, Italia*
Alberto Sdegno, *Udine, Italia*
Arturo Gallozzi, *Cassino, Italia*
Marzia Marandola, *Venezia, Italia*
Michele Russo, *Roma, Italia*
Luca Senatore, *Roma, Italia*

Gli autori di questo numero *Authors published in this issue*

M. Lucía Balboa Domínguez
Urbanismo y Representación de la Arquitectura
E.T.S. Arquitectura. Universidad de Valladolid
avenida de Salamanca, 18
47010 Valladolid, Spagna
marialucia.balboa@uva.es

Maria Teresa Bartoli
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 8
50121 Firenze, Italia
mtbartoli@fastwebnet.it

Carlos Campos
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria, Pabellón 3
Buenos Aires, Argentina
carlos.campos@fadu.uba.ar

Mario Docci
Dipartimento di Storia, disegno e restauro
dell'architettura
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
mario.docci@uniroma1.it

Giulia Flenghi
Dipartimento di Storia, disegno e restauro
dell'architettura
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
giulia.flenghi@uniroma1.it

Noelia Galván Desvaux
Urbanismo y Representación de la Arquitectura
E.T.S. Arquitectura. Universidad de Valladolid
avenida de Salamanca, 18
47010 Valladolid, Spagna
noelia.galvan@uva.es

Alberto Grijalba Bengoetxea
Urbanismo y Representación de la Arquitectura
E.T.S. Arquitectura. Universidad de Valladolid
avenida de Salamanca, 18
47010 Valladolid, Spagna
alberto.grijalba@uva.es

Tommaso Magnifico
via Napoleone III, 53
00185 Roma, Italia
magnificotommaso@alice.it

Alessandro Nocentini
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 8
50121 Firenze, Italia
a.nocentini@unifi.it

Federico Panarotto
Dipartimento dei beni culturali
Università di Padova
piazza Capitaniato, 7
35139 Padova, Italia
federico.panarotto@unipd.it

Ivana Passamani
Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura,
Territorio Ambiente e di Matematica
Università degli Studi di Brescia
via Branze, 43
25123 Brescia, Italia
ivana.passamani@unibs.it

Alberto Pellegrinelli
Dipartimento di Ingegneria
Università degli Studi di Ferrara
via Giuseppe Saragat, 1
44124 Ferrara, Italia
alberto.pellegrinelli@unife.it

Anna Riciputo
Dipartimento di Architettura e Progetto
Sapienza Università di Roma
via Flaminia, 359
00196 Roma, Italia
anna.riciputo@uniroma1.it

Michele Russo
Dipartimento di Storia, disegno e restauro
dell'architettura
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
m.russo@uniroma1.it

Antonio Schiavo
Dipartimento di Storia, disegno e restauro
dell'architettura
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
antonio.schiavo@uniroma1.it

Carlos Campos
Lettori di sogni. L'uso della linea come
strumento narrativo o a-rappresentazionale
*Interpreters of dreams. The use of the line
as a narrative or non-representational tool*

Mario Docci
Giuseppe Zander, un grande maestro
della Storia dell'architettura
*Giuseppe Zander, a great master of the History
of Architecture*

Maria Teresa Bartoli, Alessandro Nocentini
Un disegno geo-metrico dei tempi
delle Crociate tra l'Islam e il Cristianesimo
*A geo-metric design at the time of the Crusades,
between Islam and Christianity*

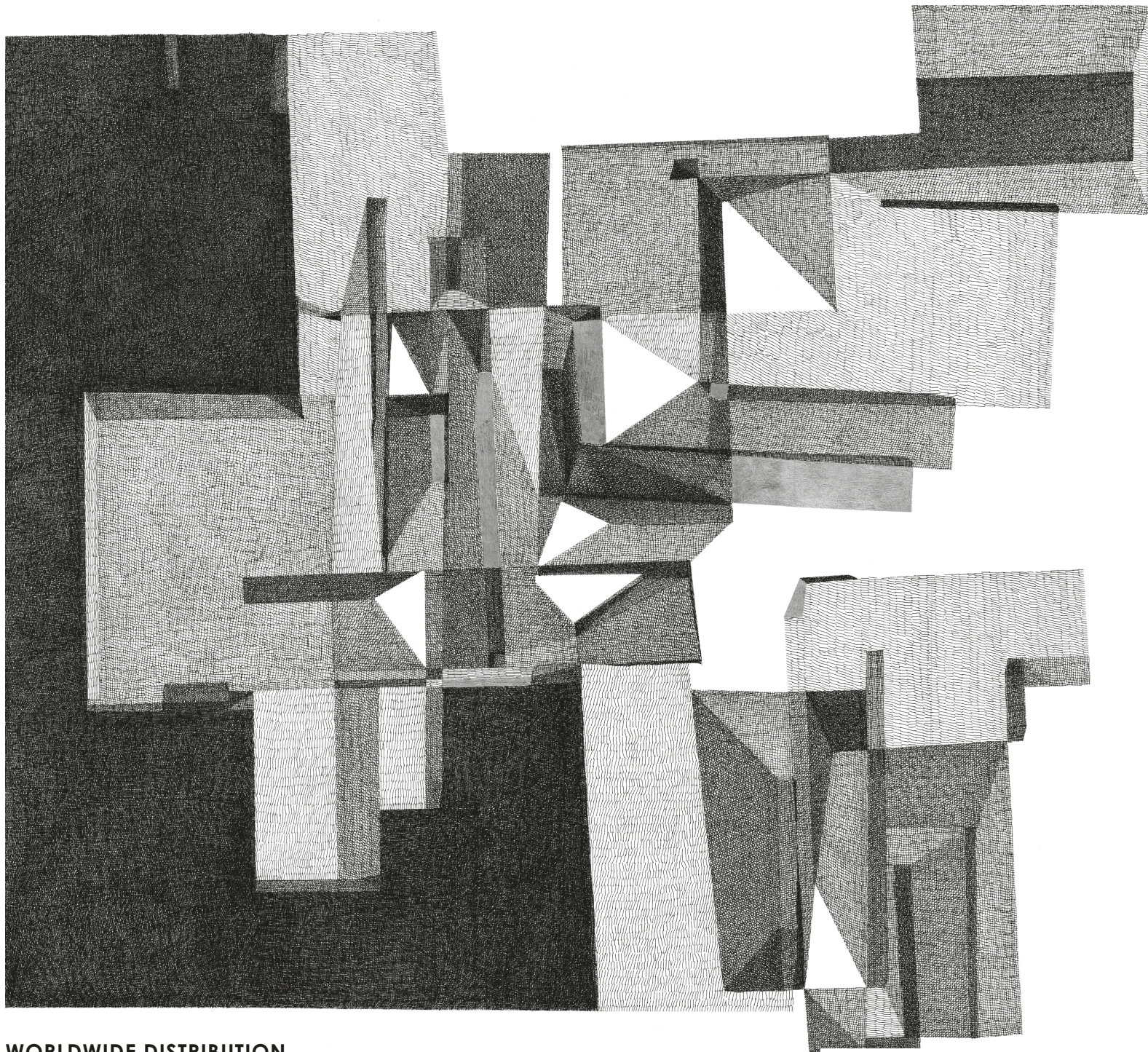
*Michele Russo, Federico Panarotto,
Giulia Flenghi, Alberto Pellegrinelli*
Il Castello di Canossa: interpretazione
di una fortificazione misteriosa
*The Castle of Canossa: interpretation
of a mysterious fortification*

Tommaso Magnifico, Antonio Schiavo
Disegno come narrazione di un processo compositivo
ideale: la Casa del Girasole di Luigi Moretti
*Drawing as the narrative of an ideal compositional
process: the Sunflower House by Luigi Moretti*

Ivana Passamani
Le impalcature nella scena urbana.
Proposte di lettura critica per nuovi valori
*Scaffolds in the city. Critical proposals
for new interpretations*

*M. Lucia Balboa Domínguez, Alberto Grijalba
Bengoetxea, Noelia Galván Desvaux*
Casa Cassina e le tracce di Carlo Scarpa
The Cassina House and traces of Carlo Scarpa

Anna Riciputo
Il Maestro e Albinini. Pensiero, disegno
e modello nei progetti didattici
di Leonardo Savioli e Piero Albinini
*The Maestro and Albinini. Idea, drawing
and model in the didactic projects
by Leonardo Savioli and Piero Albinini*



WORLDWIDE DISTRIBUTION
AND DIGITAL VERSION
EBOOK
AMAZON, APPLE, ANDROID
WWW.GANGEMEDITORE.IT

