

15 DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN

Marco Giorgio BEVILACQUA, Denise ULIVIERI (Eds.)



DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
Vol. XV

PROCEEDINGS of the International Conference on Fortifications of the Mediterranean Coast
FORTMED 2023

DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
Vol. XV

Editors
Marco Giorgio Bevilacqua, Denise Ulivieri
Università di Pisa

PISA
UNIVERSITY
PRESS

edUPV
Università Professionale di Pisa

International conference on fortifications of the Mediterranean coast FORTMED 2023, 6. <2023 ; Pisa>
Defensive architecture of the Mediterranean, vol. XIII-XV : proceedings of the International conference on fortifications of the Mediterranean coast FORTMED 2023 : Pisa, 23, 24 and 25 March 2023 / editors Marco Giorgio Bevilacqua, Denise Olivieri. - 3 volumi. - Pisa : Pisa university press, 2023.

Contiene:

[Vol. 1]: Defensive architecture of the Mediterranean, vol. XIII / editors Marco Giorgio Bevilacqua, Denise Olivieri

[Vol. 2]: Defensive architecture of the Mediterranean, vol. XIV / editors Marco Giorgio Bevilacqua, Denise Olivieri

[Vol. 3]: Defensive architecture of the Mediterranean, vol. XV / editors Marco Giorgio Bevilacqua, Denise Olivieri

725.18091638 (23.)

I. Bevilacqua, Marco Giorgio II. Olivieri, Denise 1. Architettura militare - Fortificazioni - Mar Mediterraneo - Coste - Congressi

CIP a cura del Sistema bibliotecario dell'Università di Pisa

UPI

UNIVERSITY
PRESS ITALIANE

Membro Coordinamento
University Press Italiane

Series *Defensive Architecture of the Mediterranean*

General editor: Pablo Rodriguez-Navarro

The papers published in this volume have been peer-reviewed by the Scientific Committee of FORTMED2023_Pisa

© editors: Marco Giorgio Bevilacqua, Denise Olivieri

© editorial team: Iole Branca, Valeria Croce, Laura Marchionne, Giammarco Montalbano, Piergiuseppe Rechichi

© cover picture: Giammarco Montalbano, Piergiuseppe Rechichi

© papers: the authors

© publishers: Pisa University Press (CIDIC), edUPV (Universitat Politècnica de València)

Published with the contribution of the University of Pisa

© Copyright 2023

Pisa University Press

Polo editoriale - Centro per l'innovazione e la diffusione della cultura

Università di Pisa

Piazza Torricelli 4 · 56126 Pisa

P. IVA 00286820501 · Codice Fiscale 80003670504

Tel. +39 050 2212056 · Fax +39 050 2212945

E-mail press@unipi.it · PEC cidic@pec.unipi.it

www.pisauniversitypress.it

ISBN 978-88-3339-794-8 (three-volume collection)

ISBN 978-88-3339-797-9 (vol. 15 and electronic version)

© Copyright edUPV (Universitat Politècnica de València) 2023

ISBN: 978-84-1396-125-5 (three-volume collection)

ISBN: 978-84-1396-129-3 (electronic version)

ISBN: 978-84-1396-128-6 (vol. 15)

PROCEEDINGS of the International Conference on Fortifications of the Mediterranean Coast FORTMED 2023

Pisa, 23, 24 and 25 March 2023

L'opera è rilasciata nei termini della licenza Creative Commons: Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale (CC BY-NC-ND 4.0).

Legal Code: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.it>



L'Editore resta a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare, per le eventuali omissioni o richieste di soggetti o enti che possano vantare dimostrati diritti sulle immagini riprodotte.

L'opera è disponibile in modalità Open Access a questo link: www.pisauniversitypress.it

Organization and committees

Organizing Committee

Chairs:

Marco Giorgio Bevilacqua. Università di Pisa

Denise Ulivieri. Università di Pisa

Secretary:

Lucia Giorgetti. Università di Pisa

Stefania Landi. Università di Pisa

Members:

Iole Branca. Università di Pisa

Laura Marchionne. Università di Firenze

Massimo Casalini. Università di Pisa

Valeria Croce. Università di Pisa

Andrea Crudeli. Università di Pisa

Monica Petternella. Università di Pisa

Piergiuseppe Rechichi. Università di Pisa

Giammarco Montalbano. Università di Pisa

Scientific Committee

Almagro Gorbea, Antonio. Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Spain

Bertocci, Stefano. Università degli Studi di Firenze. Italy

Bevilacqua, Marco Giorgio. Università di Pisa. Italy

Bragard, Philippe. Université Catholique de Louvain. Belgium

Bouزيد, Boutheina. École Nationale d'Architecture. Tunisia

Bru Castro, Miguel Ángel. Instituto de Estudios de las Fortificaciones – AEAC. Spain

Cámara Muñoz, Alicia. UNED. Spain

Camiz, Alessandro. Özyeğin University. Turkey

Campos, João. Centro de Estudos de Arquitectura Militar de Almeida. Portugal

Castorao Barba, Angelo. The Polish Academy of Sciences, Institute of Archaeology and Ethnology.
Poland – Università degli Studi di Palermo. Italy

Croce, Valeria. Università di Pisa. Italy

Cherradi, Faissal. Ministère de la Culture du Royaume du Maroc. Morocco

Cobos Guerra, Fernando. Arquitecto. Spain

Columbu, Stefano. Università di Cagliari. Italy

Coppola, Giovanni. Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli. Italy

Córdoba de la Llave, Ricardo. Universidad de Córdoba. Spain

Cornell, Per. University of Gothenburg. Sweden

Dameri, Annalisa. Politecnico di Torino. Italy

Di Turi, Silvia. ITC-CNR. Italy

Eppich, Rand. Universidad Politécnica de Madrid. Spain

Fairchild Ruggles, Dorothy. University of Illinois at Urbana-Champaign. USA

Faucherre, Nicolas. Aix-Marseille Université – CNRS. France

García Porras, Alberto. Universidad de Granada. Spain

García-Pulido, Luis José. Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Spain

Georgopoulos, Andreas. Nat. Tec. University of Athens. Greece

Gil Crespo, Ignacio Javier. Asociación Española de Amigos de los Castillos. Spain

Gil Piqueras, Teresa. Universitat Politècnica de València. Spain
Giorgetti, Lucia. Università di Pisa. Italy
Guarducci, Anna. Università di Siena. Italy
Guidi, Gabriele. Politecnico di Milano. Italy
González Avilés, Ángel Benigno. Universitat d'Alacant. Spain
Hadda, Lamia. Università degli Studi di Firenze. Italy
Harris, John. Fortress Study Group. United Kingdom
Islami, Gjergji. Universiteti Politeknik i Tiranës. Albania
Jiménez Castillo, Pedro. Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Spain
Landi, Stefania. Università di Pisa. Italy
León Muñoz, Alberto. Universidad de Córdoba. Spain
López González, Concepción. Universitat Politècnica de València. Spain
Marotta, Anna. Politecnico di Torino. Italy
Martín Civantos, José María. Universidad de Granada. Spain
Martínez Medina, Andrés. Universitat d'Alacant. Spain
Maurici, Ferdinando. Regione Siciliana-Assessorato Beni Culturali. Italy
Mazzoli-Guintard, Christine. Université de Nantes. France
Mira Rico, Juan Antonio. Universitat Oberta de Catalunya. Spain
Navarro Palazón, Julio. Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Spain
Orihuela Uzal, Antonio. Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Spain
Parrinello, Sandro. Università di Pavia. Italy
Pirinu, Andrea. Università di Cagliari. Italy
Quesada García, Santiago. Universidad de Sevilla. Spain
Rodríguez Domingo, José Manuel. Universidad de Granada. Spain
Rodríguez-Navarro, Pablo. Universitat Politècnica de València. Spain
Romagnoli, Giuseppe. Università degli Studi della Toscana. Italy
Ruiz-Jaramillo, Jonathan. Universidad de Málaga. Spain
Santiago Zaragoza, Juan Manuel. Universidad de Granada. Spain
Sarr Marroco, Bilal. Universidad de Granada. Spain
Spallone, Roberta. Politecnico di Torino. Italy
Toscano, Maurizio. Universidad de Granada. Spain
Ulivieri, Denise. Università di Pisa. Italy
Varela Gomes, Rosa. Universidade Nova de Lisboa. Portugal
Verdiani, Giorgio. Università degli Studi di Firenze. Italy
Vitali, Marco. Politecnico di Torino. Italy
Zaragoza, Catalán Arturo. Generalitat Valenciana. Spain
Zerlenga, Ornella. Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli. Italy

Advisory Committee

Pablo Rodríguez-Navarro. President of FORTMED. Universitat Politècnica de València
Giorgio Verdiani. Università degli Studi di Firenze
Teresa Gil Piqueras. Secretary of FORTMED. Universitat Politècnica de València
Roberta Spallone. FORTMED advisor. Politecnico di Torino
Julio Navarro Palazón. LAAC, Escuela de Estudios Árabes, CSIC
Luis José García Pulido. LAAC, Escuela de Estudios Árabes, CSIC
Ángel Benigno González Avilés. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Escuela Politécnica Superior Universidad de Alicante

Organized by:



UNIVERSITÀ DI PISA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
DELL'ENERGIA, DEI SISTEMI,
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

**With the collaboration
and the contribution of:**



**With the patronage
and the contribution of:**



With the patronage of:



Partnership:



With the patronage of:



Table of contents

Preface	XV
Contributions	
CHARACTERIZATION OF GEOMATERIALS	
Stone materials and construction technology in the Piscinni tower (South-western Sardinia, Italy): archaeometric investigations and digital survey.....	941
<i>S. Columbu, D. Fancello, G. Verdiani</i>	
Mannu tower (Central-western Sardinia, Italy): from petrographic, geomorphological investigations and digital survey to intervention proposal	949
<i>S. Columbu, R. T. Melis, P. E. Orrù, V. Demurtas, D. Fancello, G. Verdiani, G. Deiana</i>	
The Rocca Vecchia fortress in the Gorgona island (Tuscany, Italy): building materials and conservation issues	957
<i>F. Fratini, S. Rescic, D. Pittaluga, F. De Vita</i>	
The building materials of the Rocca della Verruca fortress (Tuscany-Italy).....	965
<i>G. Pancani, A. Arrighetti, F. Fratini, S. Rescic</i>	
Caracterización arqueométrica de morteros históricos en las torres nazaries del reino de Granada	973
<i>L. Pérez-Lomas, J. Ruiz-Jaramillo, L. J. García-Pulido</i>	
Fortezza medicea di Volterra: progetto della ‘messa in sicurezza’ (restauro e recupero) del camminamento di ronda e degli elementi architettonici a sporgere -‘beccatelli’- del lato nord della cortina perimetrale (1472/1474).....	981
<i>D. Taddei, C. Calvani, A. Taddei, A. Martini</i>	
DIGITAL HERITAGE	
Application of new survey technologies for 3D restitution and the architectural study of the Spanish fort Gourraya in Bejaia (Algeria)	991
<i>N. Abderrahim Mahindad, S. Haoui Bensaada</i>	
The Fort of the Holy Savior in Messina. Historical cartography and digital surveys.....	997
<i>A. Altadonna, G. Martello, A. Nastasi, F. Todesco</i>	
Drawing and interactive architectural walkthrough to communicate complex spaces.....	1005
<i>A. Basso, A. Meschini, M. Russo</i>	
Studio preliminare sul complesso fortificato di Trogir (Croazia) basato su un approccio multi- disciplinare	1013
<i>S. Brizzi, M. Ricciarini, S. Bertocci, C. Riminesi</i>	

Fruizione digitale dei paesaggi perduti. Il sistema fortificato di Palazzo d'Avalos a Procida.....	1021
<i>P. D'Agostino, G. Antuono, A. Maglio, A. Carannante</i>	
Digital survey and 3D virtual reconstruction for mapping historical phases and urban integration of the fortified gates in the city of Pavia, Italy.....	1029
<i>R. De Marco, F. Galasso</i>	
Fortificación y control estratégico del Camino de la Raya en el s.XV: análisis geoespacial del dominio visual de un territorio de frontera	1037
<i>J.J. Fondevilla Aparicio</i>	
Il ruolo del rilievo integrato nell'interpretazione dell'edificio storico: Rocca di Sala a Pietrasanta (Lu)	1047
<i>G. Frosini, L. Parodi, A. Di Paola, S. Vecchio, S. Garuglieri, B. Verona</i>	
Levantamiento digital y modelización 3D de la Torre Rubia, del siglo XVI en Molinos Marfagones (Cartagena, Región de Murcia)	1055
<i>J. García-León, P. E. Collado-Espejo, P. J. Martínez-Serrano</i>	
Levantamiento fotogramétrico de las atalayas medievales del Altiplano más septentrional de Granada.....	1063
<i>L. J. García-Pulido, J. Ruiz-Jaramillo</i>	
Taranto underground: digital survey and virtual exploration of the hypogea along the Aragonese walls	1073
<i>G. Germanà, G. Verdiani, S. Giraudeau</i>	
Digital artefacts for the knowledge and documentation of the fortified heritage. The Castle of Torres Vedras in Portugal	1081
<i>F. Guerriero</i>	
Castelnuovo: una fortezza dimenticata.....	1089
<i>C. Monteleone, F. Panarotto</i>	
Le rocce raccontano: la cripta, le prigioni e i sotterranei del castello di Otranto. Dal rilievo al modello di fruizione virtuale.....	1097
<i>G. Muscatello, C. Mitello</i>	
Rilievo architettonico remote sensing della Fortezza della Verruca sui Monti Pisani, Toscana (Italia).....	1105
<i>G. Pancani, M. Bigongiari</i>	
Analysis and definition of intervention strategies for the conservation of the boundary walls in Verona.....	1113
<i>S. Parrinello, R. De Marco, E. Doria</i>	
Digitalizzare, ricostruire e fruire il Castello di Montorio. Un tassello nella definizione della rotta culturale dei castelli scaligeri.....	1123
<i>F. Picchio, A. Pettineo</i>	
Levantamiento gráfico integral para el análisis de la Fortaleza de Santa Ana en Oliva (Valencia).....	1131
<i>P. Rodríguez-Navarro, T. Gil Piqueras, A. Ruggieri</i>	

La fotogrametría SfM mediante UAS para la documentación de las fortificaciones de la Alpujarra (Granada y Almería, España)	1139
<i>J. Rouco Collazo, J. A. Benavides López</i>	
A 3D integrated survey of fortified architectures: the medieval Canossa castle.....	1147
<i>M. Russo, F. Panarotto, G. Flenghi, E. Rossi, A. Pellegrinelli</i>	
Architetture fortificate in Istria: analisi, restituzione BIM e comunicazione avanzata di due forti a Pola	1155
<i>A. Sdegno, V. Riavis, P. Bašić</i>	
Elementi fortificati dal territorio di Palmi e Seminara: la cittadella di Carpoli	1163
<i>F. Stilo, L. Pizzonia</i>	
Documentation, understanding and enhancement of Cultural Heritage through integrated digital survey: Ínsua fort in Caminha (Portugal)	1171
<i>R. Volzone, P. Becherini, A. Cottini</i>	
CULTURE AND MANAGEMENT	
L'antico castello di Alba: studi per la conservazione e la valorizzazione di un sito archeologico.....	1181
<i>F. Ambrogio</i>	
Culture, tourism and fortifications-Educational centre on St. John's Fortress in Šibenik, Croatia	1189
<i>G. Barišić Bačelić, I. Lučev</i>	
Bunker landscapes. From traces of a traumatic past to key elements in the citizen identity.....	1195
<i>G. Cherchi, D. R. Fiorino, M. R. Pais, M. S. Pirisino</i>	
Fortified city's heritage and urban archaeology. The Neapolitan fortified port town through the archaeological discoveries	1203
<i>T. Colletta</i>	
Da struttura fortificata a centro per la comunità: il caso del castello di Hylton a Sunderland (UK)	1211
<i>D. Dabbene</i>	
Identification and Prioritization of Conservation Measures at the Castle of Gjirokastra, Albania	1219
<i>R. Eppich, E. Mamani, L. Hadzic, J. Alonso, M. Núñez García, I. Martínez Cuat</i>	
Andar per castelli: Calendasco lungo la via Francigena	1227
<i>M. M. Grisoni, N. Badan, D. Zanon</i>	
Le mura invisibili.....	1237
<i>M. Malagugini, S. Saj</i>	
Adaptive Reuse for Fortifications as a Strategy towards Conservation and Urban Regeneration. The case of 'Canto di Stampace' in Pisa	1245
<i>L. Marchionne, E. Parrini</i>	
La Cittadella di Alessandria, 'Faro' di pace in Europa	1253
<i>A. Marotta</i>	

Identidad y memoria: nuevos enfoques para la gestión de los castillos en la provincia de Alicante (España).....	1261
<i>J. A. Mira Rico, G. Jover Roig</i>	
Recupero dei camminamenti in quota delle mura urbane limitrofe al Giardino Scotto di Pisa.....	1269
<i>M. Pierotti, M. Guerrazzi, G. Masiello</i>	
The Military Heritage and its natural environment of the Veracruz-Mexico Royal Road	1277
<i>D. Pineda Campos</i>	
La Real Piazza di Pescara: prospettive per la ricerca di un'identità urbana	1285
<i>M. Pirro</i>	
Torri nel paesaggio urbano. La 'turrata' Forio d'Ischia tra alterazioni e possibilità di valorizzazione delle architetture fortificate.....	1291
<i>A. Ragosta</i>	
Architetture fortificate e gestione dell'emergenza post-sisma: nuovi possibili strumenti per il rilievo del danno.....	1299
<i>E. Zanazzi</i>	
MISCELLANY	
Revitalization of tower fort Fort Monte Grosso and the restoration of the fortified path of Pula	1309
<i>P. Boljunčić</i>	
Il progetto incompiuto di Massimo Carmassi per il restauro della Fortezza Nuova di Pisa.....	1317
<i>A. Crudeli</i>	
The Castle of Cleto in Calabria. Singular characteristics of a fortress.....	1325
<i>C. Gattuso, D. Gattuso</i>	
Strategie di conoscenza e di progetto: un nuovo percorso urbano per il borgo storico di Massa Marittima	1331
<i>E. Giomini, S. Pieri, M. De Vita</i>	
Esplorazione visuale del dibattito intorno al secondo fianco	1339
<i>M. Pavignano</i>	

Digitalizzare, ricostruire e fruire il Castello di Montorio. Un tassello nella definizione della rotta culturale dei castelli scaligeri

Francesca Picchio^a, Alberto Pettineo^b

^a University of Pavia, Pavia, Italy, francesca.picchio@unipv.it, ^b University of Pavia, Pavia, Italy, alberto.pettineo01@universitadipavia.it

Abstract

Between the mid-13th and late 14th centuries the Scaliger lordship ruled a vast territory in which Verona was the main center. The Scaliger period is reflected in the extraordinary architecture and military constructions, castles and palaces that define the territory and are today important tourist sites. To initiate a digital cultural route to link and promote these architectural evidences, the Tourism Department, the Chamber of Commerce and the UNESCO Office of the Municipality of Verona, involved the laboratory DAda-LAB of the University of Pavia. The aim of the project was to design a new educational/informative digital route on the castles around the region. The present paper illustrates some outcomes of the research conducted on the Montorio Castle: the goal was testing a strategy of fast acquisition in order to obtain a digital database. The output of the acquisition phase was define as a reliable base to structure realistic 3D models of the main historical phases that affected the Castle. In this way, fast survey actions followed by the elaboration of 3D models by videogrammetry techniques, were also supplemented with the analysis of archival documents, archaeological reports and historical cartography. From the obtained photogrammetric database, it was then possible through the philological process to elaborate 3D models of the main hypothetical developments of the castle. This paper illustrates the strategy adopted in the case study and provides the groundwork for its replicability on other Scaliger castles, in order to define graphic and communicative methods for the digital products.

Keywords: Scaliger castles, videogrammetry, 3D reconstruction, Castle of Montorio Veronese.

1. Introduzione

All'interno del territorio veneto, nella zona a est del Lago di Garda compresa nei distretti di Verona e Vicenza, si trovano numerosi castelli costruiti tra il XIII e il XIV secolo dalla Signoria Scaligera. Alcuni esempi di tali architetture storiche, caratterizzati dal possedere un forte impatto culturale sul territorio, sono giunti ai nostri giorni in ottimo stato di conservazione, mentre in altri casi si presentano come ruderi o come fortificazioni le cui trasformazioni non permettono di renderne più riconoscibile la conformazione originaria. Tra questi il Castello di Montorio, un esempio suggestivo di rovina scaligera che si staglia sul paesaggio veronese, scelto come caso pilota della sperimentazione

metodologica volta alla progettazione di un percorso didattico-informativo sui castelli del territorio. La possibilità di consultare i documenti d'archivio, di avere accesso ai rilievi e alle indagini archeologiche del 2013, nonché l'interesse da parte dell'Amministrazione Veronese ad avviare proprio dentro al Castello di Montorio un hub sui castelli scaligeri, ha motivato l'avvio dell'attività di documentazione proprio in questo sito, per poi sviluppare e replicare il metodo sugli altri castelli della Provincia. Con la finalità di ottimizzare tempi e costi della campagna di acquisizione e ottenere database verosimili per sviluppare modelli 3D - sia dello stato attuale che delle ricostruzioni delle fasi storiche - facilmente gestibili su

piattaforme interattive, sono state promosse campagne speditive da drone con le tecniche di ripresa fotogrammetrica SfM e videogrammetry. Il modello 3D del Castello di Montorio e le ricostruzioni storiche delle principali fasi che lo hanno interessato - visualizzabili su piattaforme GIS interattive - rappresentano il primo step per strutturare un sistema informativo sui castelli del territorio, che possa raccogliere quei valori storici e culturali - sia materiali che immateriali - legati alla valorizzazione e alla conoscenza del sistema difensivo veronese.

1.1. Le premesse storiche

Per comprendere l'organizzazione del sistema difensivo e le trasformazioni avvenute sul territorio nel corso dei secoli XIII e XIV è necessario analizzare il contesto socio-politico dell'area, contesto che è indissolubilmente legato alle vicende della famiglia Della Scala. La signoria degli Scaligeri sul territorio di Verona ha inizio nel 1277, quando Alberto della Scala divenne capitano del popolo in perpetuo (Solinas, 1981). Quest'ultimo decise di controllare direttamente i castelli fondamentali alla difesa del territorio veronese (Illasi, Soave, Peschiera, Villafranca). Organizzò i punti strategici già individuati da Ezzelino III da Romano sulle delimitazioni geografiche: i corsi del Guà e dell'Alpone ad est (margini sentinella per gli assalti a Verona da Oriente); l'asse delle vie d'acqua lago di Garda-Mincio-Po; i corsi del Tione e del Tartaro sul limite mantovano, l'accesso al fiume Po ad Ostiglia (caposaldo sull'Adige di Badia Polesine). In questa fase espansiva, durata oltre un quarto di secolo, il primitivo sistema territoriale dei castelli di Alberto I, sottoposti a controllo diretto, fu integrato con altri presidi: a Villafranca, Peschiera, Illasi e Soave si aggiunsero Gazzo, Legnago, Malcesine, Garda, Sirmione, Marano di Valpolicella i quali, inseriti in un quadro strategico, contribuirono a identificare i castelli sia in ottica di difesa sia quali punti di comunicazione territoriale. Nel 1339 una lega antiscaligera, guidata da Venezia e Firenze, mise fine alle ambizioni di Mastino II. La signoria si ridusse al dominio dei territori di Verona e di Vicenza (Solinas, 1981). I figli di Mastino II (morto nel 1351), Cangrande II e Cansignorio si preoccuparono di proteggere il piccolo regno rimasto. Cangrande II completò il Serraglio, un grande muro con vallo tra Villafranca e Nogarole Rocca, mentre Cansignorio, fece edificare le mura di Vicenza.

Antonio, figlio illegittimo di Cansignorio, dopo aver ucciso il fratellastro Bartolomeo si trovò minacciato dai Visconti, alleati con i Carraresi, gli Estensi e i Gonzaga (Carrara, 1966). Nonostante l'ultimo signore Della Scala avesse investito nel potenziare i castelli sul versante veronese del lago di Garda, nel 1387 i Visconti presero il Garda e la città di Verona, mettendo fine alla signoria degli Scaligeri. All'interno di questo contesto si inseriscono quindi le vicende dei castelli presenti sul territorio e in particolare quello di Montorio.

2. La documentazione del Castello

Con l'obiettivo di restituire digitalmente le rovine dell'attuale Castello di Montorio e di realizzare una ricostruzione 3D delle principali trasformazioni che lo hanno interessato, nel 2019 l'Ufficio UNESCO del Comune di Verona ha promosso un progetto di ricerca, che è stato coordinato scientificamente dal Laboratorio DAda-LAB, afferente al Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia. Il progetto, il cui caso pilota è rappresentato dal progetto di digitalizzazione e da una proposta di musealizzazione del Castello di Montorio, si propone di avviare un più ampio processo di conoscenza dei castelli scaligeri della Provincia di Verona attraverso la realizzazione di un sistema informativo territoriale descrittivo della storia e dell'evoluzione architettonica dei sistemi fortificati.



Fig. 1- Il Castello di Montorio (foto degli autori)

2.1. Videogrammetry e fast survey

La digitalizzazione del patrimonio fortificato e la successiva informatizzazione delle banche dati 3D ottenute è un processo che richiede un'accurata analisi delle metodologie e delle tecnologie che si intendono impiegare in funzione delle finalità preposte (Parrinello et al. 2017). La sperimentazione sul castello di Montorio attraverso tecniche e strumentazioni del tipo fast-survey si sviluppa come caso studio di una metodologia di acquisizione replicabile. Grazie all'utilizzo di strumenti UAVs è possibile acquisire, in breve tempo, una quantità di dati sufficiente a generare modelli 3D descrittivi della morfologia del sistema fortificato (Parrinello & Picchio, 2019). Per la sperimentazione sul Castello di Montorio sono state impiegate sequenze video da DJI Phantom 4 Pro, utilizzando la tecnica del Videogrammetry (Pollefeys et al. 2000; Herráez et al. 2016). Nel dettaglio, durante la campagna di acquisizione sono stati realizzati due video ad alta risoluzione (qualità 4k), a due scale differenti: una

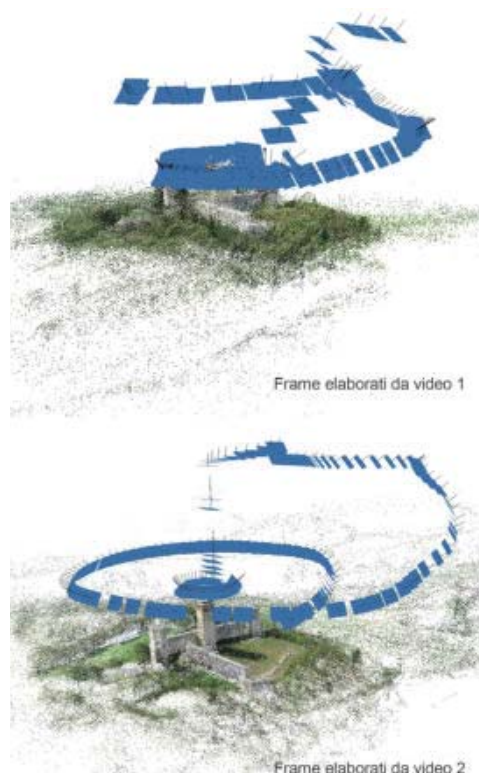


Fig. 2- I due dataset elaborati su software Agisoft Metashape (elaborazione degli autori)

più puntuale, riguardante le rovine del Castello, e una più territoriale che ha coinvolto la bastia e una parte del territorio circostante (Pettineo, 2022).

In fase di post-produzione, i video sono stati elaborati esportando manualmente ciascun fotogramma in sequenza, cercando di mantenere una buona sovrapposizione, e ottenendo due distinti set di dati dai quali elaborare modelli 3D. Per il primo video, della durata di 4 minuti e 44 secondi, è stato prodotto un dataset di 182 fotogrammi, mentre per il secondo video, di 4 minuti e 12 secondi, il dataset è costituito da 172 fotogrammi. L'esportazione manuale di frame è stata effettuata attraverso il software VLC media player (con un formato di 3810x2160 pixel). Questo, a differenza dell'esportazione semi-automatica possibile su Agisoft Metashape, consente di mantenere un controllo diretto nella fase di selezione dei singoli frame e di ottimizzare i tempi di verifica e controllo del set di immagini. Ciascuno dei due dataset è stato importato in un software di elaborazione SfM delle immagini (Agisoft Metashape), generando due nuvole di punti rade (499.523 punti la prima, 477.729 punti la seconda). Successivamente, le due nuvole rade sono state allineate (allineamento automatico per punti) e unite, generando una nuvola densa unificata del Castello. Ai fini della sperimentazione, la quale non prevedeva l'ottenimento di una banca dati metricamente affidabile del complesso quanto più di una rappresentazione morfologicamente congruente sulla quale avviare ipotesi delle fasi evolutive del Castello, non è stata utilizzata altra strumentazione digitale oltre al drone. Il modello fotogrammetrico ottenuto è stato scalato sulla base di alcune misurazioni dirette effettuate in situ e verificate, a posteriori, sulla base del rilievo archeologico del 2013. Questo ha costituito la base sulla quale sono state inserite le cartografie storiche (Pettineo, 2022).

2.2. L'analisi dei documenti storici

Con l'obiettivo di avviare ipotesi ricostruttive delle principali fasi evolutive del Castello, sono stati consultati i documenti d'archivio esistenti, in particolare quelli inerenti alle due principali fasi storiche che ne hanno modificato l'immagine, quella scaligera e quella asburgica. L'area in cui sorge il Castello di Montorio era abitata fin dall'antichità, come confermato dai numerosi scavi archeologici iniziati negli anni '80 e proseguiti fino ad oggi: sono emerse tracce

risalenti al Neolitico e all'Età del Rame; i resti di un primo castelliere risalente al VIII a.C. e le tracce degli insediamenti di antichi Veneziani, Reti, Galli Cenomani e Romani (Alloro & Pasa, 2003). La costruzione di una fortezza sopra i resti dell'antico castelliere risale all'inizio del X secolo, come risposta alle frequenti incursioni delle popolazioni ungheresi sul territorio (Simeoni, 1953). Nel 1117 un terremoto colpì gravemente la città di Verona e distrusse, con tutta probabilità, anche le strutture della fortezza che si ergeva sulla collina di Montorio. A seguito di questo evento, durante gli anni dell'impero di Federico Barbarossa (1155-1190), il Castello venne totalmente ricostruito e svolse un ruolo strategico di controllo sul territorio e sulle vie di comunicazione con la città di Verona. Il Castello di Montorio diventò ben presto oggetto di contesa tra le più potenti famiglie veronesi fino a quando, nel 1262, Mastino della Scala fu eletto "Capitano perpetuo del popolo di Verona", ottenendo il controllo sulla fortificazione. All'incendio del 1311, innescato dai Padovani in guerra con gli Scaligeri, seguì l'ordine di Cangrande della Scala di effettuare una ristrutturazione generale del Castello, che finì poco dopo nelle mani dei Visconti e successivamente dei Veneziani. Il Castello versò in stato di abbandono fino all'avvento dell'Impero austro-ungarico. Nel 1814, a seguito della sconfitta dell'esercito napoleonico, gli austriaci capirono l'importanza strategica dell'area del crinale della Preatorta e decisero di trasformare il Castello in una grande batteria difensiva. In questo periodo la struttura subì importanti interventi, documentati in diverse relazioni storiche, tra cui la demolizione di alcune torri e la rimozione della cinta merlata, elementi comuni alle fortificazioni scaligere del territorio. Per tale motivo, per sviluppare le ipotesi ricostruttive della fase scaligera è stato fondamentale analizzare il documento redatto da Iseppo Cuman nel 1663. Nella sua rappresentazione, che ad oggi risulta essere il documento più affidabile e completo su quello che doveva essere l'aspetto del Castello prima della trasformazione austriaca, è possibile individuare la presenza di un fossato nella porzione sud-orientale delle mura con un ponte levatoio che conduceva all'ingresso al castello. Inoltre, nell'avancorpo del portale attualmente esistente, era presente un sistema di accesso con una porta rivellino, di cui sono ancora visibili le fondamenta, recuperate a seguito di numerosi scavi archeologici. Per la porzione di mura nord-est non più visibile (in quanto demolita e

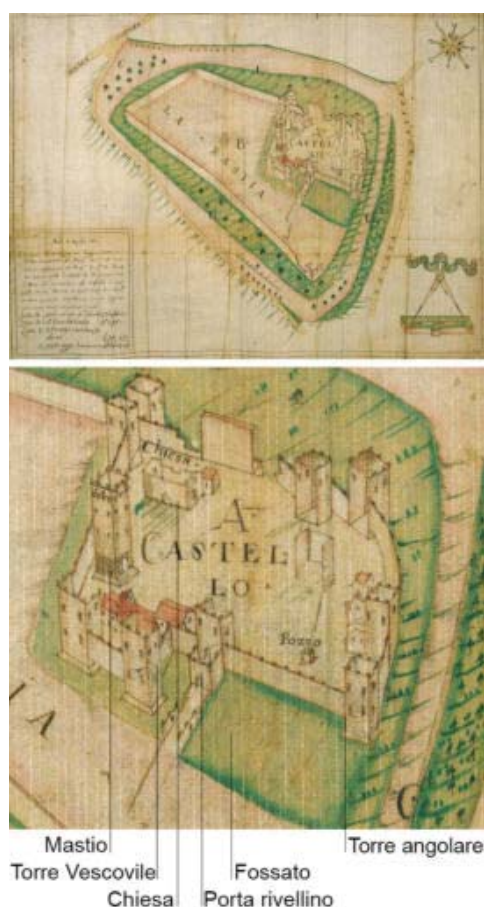


Fig. 3- Mappa del Castello di Montorio, di Iseppo Cuman, 1663 (Da Alloro L., Pasa M., 2003; ASVe., Provveditori sopra beni inculti, disegni Verona, 125/106/7)

sostituita da una serie di terrapieni), le evidenze archeologiche e la mappa di Cuman ne hanno permesso l'ipotesi di ricostruzione del tracciato perimetrale. Sulla cinta muraria erano, con tutta probabilità, presenti anche alcune torri che articolavano il percorso anulare. Per sapere in che numero e in che posizione fossero, sono state consultate alcune fonti storiche (in particolare le relazioni archeologiche) che, integrate con la rappresentazione di Cuman, hanno permesso di strutturare un quadro conoscitivo più completo della configurazione scaligera del castello.

Inoltre, strutture simili e coeve dei castelli di Soave e Sirmione sono state prese come riferimento per ricostruire le torri, ridotte a rudere,

in Montorio. Per la ricostruzione filologica del periodo asburgico sono stati utilizzati i diversi rilievi effettuati dal Genio Militare austriaco. In particolare, è stato analizzato un elaborato di rilievo del 1859 e uno del 1860 in cui la pianta dettagliata del castello e del muro di cinta della bastia è accompagnata ad una serie di sezioni delle opere difensive appena costruite.

2.3. La ricostruzione 3D del Castello

Le indagini sui documenti e le analisi sui castelli scaligeri del territorio hanno permesso di formulare ipotesi ricostruttive sia della fase scaligera che di quella asburgica. A partire dall'attuale configurazione spaziale del castello

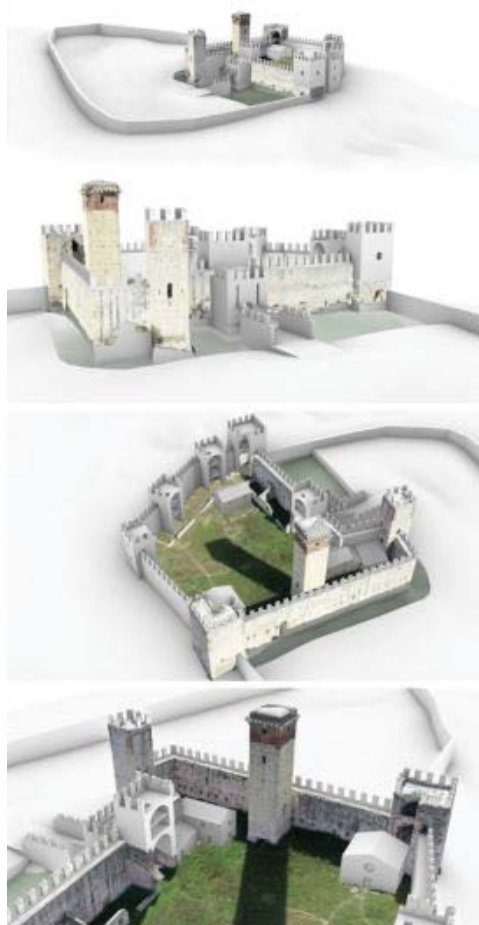


Fig. 4- Alcune viste del modello 3D con ipotesi ricostruttive del periodo scaligero (elaborazione degli autori)

sono stati ipotizzati i volumi e l'andamento delle mura nelle varie epoche (Guidi et al. 2014).

Per la ricostruzione del periodo scaligero è stato modellato il terreno considerando anche l'alveo del fossato, mentre per la fase austriaca sono stati ricostruiti i terrapieni per le postazioni di artiglieria all'interno delle mura e nella porzione nord-est della fortezza. I volumi delle torri, della chiesa, delle abitazioni e delle porzioni mancanti di mura sono stati modellati e inseriti direttamente sul modello dell'esistente, cercando di mantenere una distinzione visibile tra l'aspetto originario (dotato di texture) e la ricostruzione (monocromatica). Un secondo modello è stato ugualmente predisposto per ospitare i volumi delle trasformazioni asburgiche, inserite con riferimento al rilievo del Genio Militare del 1859.

3. Una piattaforma informativa dei castelli scaligeri

Per realizzare un sistema informativo di gestione su piattaforma GIS di una risorsa culturale diffusa, è opportuno organizzare il rapporto esistente tra rappresentazione e contesto territoriale nel quale tali risorse sono inserite. Pertanto, per poter realizzare un GIS utile alla gestione del patrimonio rappresentato dai castelli scaligeri, è necessario realizzare un sistema integrato di modelli, schede descrittive, mappe tematiche, archivi informatici

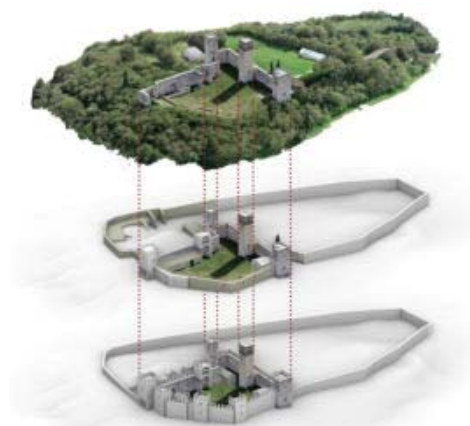


Fig. 5- Ipotesi ricostruttive scaligere e asburgiche del Castello di Montorio: in alto il modello fotogrammetrico dello stato attuale, al centro il modello 3D della fase asburgica, in basso il modello ricostruttivo del periodo scaligero (elaborazione degli autori)



Fig. 6- Castelli scaligeri della Provincia di Verona (elaborazione degli autori)

che sia capace di configurarsi come un valido strumento per una conoscenza appropriata del territorio storico fortificato (De Rosa, 2008).

Nell'ottica di realizzare un prototipo di piattaforma GIS sui castelli della provincia e dei dintorni del veronese, sono stati realizzati alcuni modelli 3D delle fortificazioni, oltre a quello di Montorio, così come alcune schede informative, descrittive degli aspetti storico-architettonici che caratterizzano ciascun complesso e che lo mettono in relazione con il mondo contemporaneo e con la sua storia.

3.1. Sperimentazione del metodo su altri casi

Per verificare la replicabilità del metodo di documentazione adottato e costituire modelli 3D dei complessi fortificati che avrebbero popolato il prototipo di piattaforma, sono stati sperimentate acquisizioni speditive ed elaborazioni fotogrammetriche basate sulla tecnica del videogrammetry anche per il castello di Soave, di Illasi e di Villimpenta. Tali castelli sono stati acquisiti con lo stesso drone utilizzato per Montorio, e cercando di riproporre le stesse - per quanto possibile - modalità manuali di volo e di ripresa video. Sono stati quindi prodotti

- per il Castello di Soave: 5 video da 4 minuti e 45 secondi in totale, 96 frame totali, nuvola

di punti densa da 6.223.775 punti (Agisoft Metashape).

- per il Castello di Illasi: 2 video da 2 minuti e 36 secondi, 96 frame totali, nuvola di punti da 6.283.142 (Agisoft Metashape)
- per il Castello di Villimpenta: 4 video da 6 minuti e 14 secondi totali, 184 frame totali, nuvola di punti da 6.220.747 (Agisoft Metashape).

4. Conclusioni

La ricerca intrapresa sul Castello di Montorio si configura come il primo importante tassello di un processo volto alla digitalizzazione per la conoscenza, la valorizzazione e la gestione dei castelli scaligeri nel veronese. Da una parte questo avviene attraverso la progettazione e lo sviluppo di un sistema informativo, attualmente in fase di realizzazione, che possa mettere in relazione il territorio con i castelli, da un punto di vista Morfologico- amministrativo e storico-culturale.



Fig. 7- Modelli 3D da videogrammetry di altri casi studio dall'alto verso il basso: Castello di Illasi, Castello di Villimpenta, Castello di Soave (elaborazione degli autori)

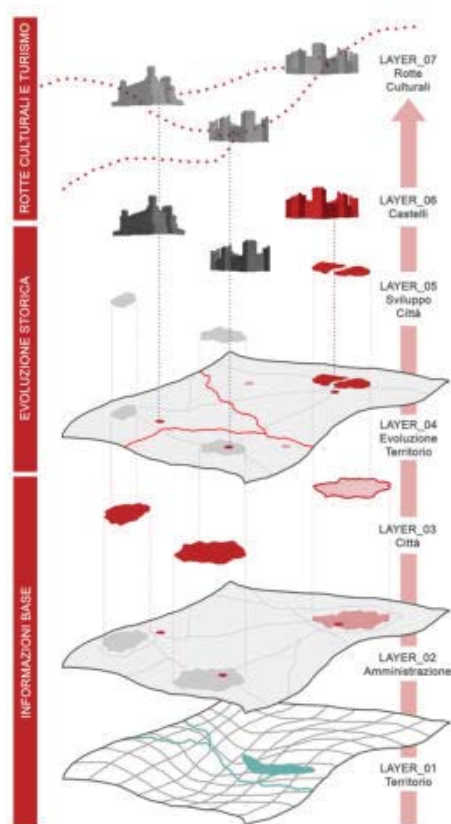


Fig. 8 - Progettazione dei layer per piattaforma informativa (elaborazione degli autori)

Dall'altra per sensibilizzare alle tematiche di valorizzazione di una "rotta culturale" di tali episodi fortificati e di un patrimonio diffuso (Parrinello & Dell'Amico, 2019; De Marco et al. 2020), nell'aprile 2022 è stata inaugurata una mostra presso il Castello di Montorio, promossa dal Comune e dalla Camera di Commercio di Verona, e curata per la produzione di contenuti grafici e multimediali e per il progetto di

allestimento dall'Università di Pavia.

La mostra ripercorre, attraverso pannelli informativi e sistemi di realtà virtuale e aumentata attraverso disegni ricostruttivi e sistemi virtuali accessibili tramite scansione di QR-code, la storia architettonica del Castello di Montorio, le sue trasformazioni e le vicende che ne hanno segnato l'aspetto fino ai nostri giorni. Il percorso espositivo presenta inoltre gli altri castelli della provincia, mostrandoli nella loro relazione con il territorio, con l'obiettivo di generare una maggiore consapevolezza delle risorse del territorio sia a livello turistico che soprattutto gestionale. Se da un lato il progetto sperimenta metodologie di acquisizione ed elaborazione dati da strumenti e tecniche del *fast-survey*, analizzando la possibilità strumentale di generare validi prodotti per la ricostruzione 3D e la fruizione digitale, dall'altro si muove nell'ottica di una più ampia conoscenza del territorio, con l'obiettivo di produrre strumenti utili alla valorizzazione consapevole delle risorse culturali veronesi.

Riconoscimenti

Il presente progetto, di cui è responsabile scientifico il Prof. Sandro Parrinello dell'Università di Pavia, è sviluppato all'interno di una convenzione pluriennale tra Comune di Verona e il DICAr, Dipartimento di Ingegneria civile e Architettura, avente come oggetto la "Documentazione della cinta magistrale Veronese" e la "Progettazione di percorsi espositivi per la conoscenza e la valorizzazione delle mura". La mostra "Centro Informativo del Castello di Montorio e rete dei castelli scaligeri", inaugurata nell'aprile 2022, ha visto la collaborazione tra i ricercatori del laboratorio DAdA-LAB, afferente al DICAr, e l'Ufficio UNESCO del Comune di Verona. In particolare si ringrazia il Dott. Ettore Napione per la redazione dei testi descrittivi del Castello di Montorio e dei castelli scaligeri della provincia.

Bibliografia

- Alloro, L. & Pasa, M. (2003) *Il castello di Montorio. Analisi storica, socio-economica e architettonica*. Verona, Lite S.r.l Montorio, Comitato Fossi Montorio, Ecomuseo Prea Fita.
- Barbetta, G. (1978) *Le mura e le fortificazioni di Verona*. Verona, Edizioni di Vita veronese.
- Carrara, M. (1966) *Gli Scaligeri*. Varese, Dell'Oglio.
- De Marco, R., Galasso, F. & Malusardi, C. (2020) Digital documentation of fortified urban routes in Pavia (Italy): In: *Fortmed_Defensive Architecture of the Mediterranean_Territorial databases and structural models for the preservation of military ruins*. Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 349-356.

- De Rosa, G. (2008) *Implementazione di una applicazione GIS per l'analisi storica della regione del Rif (Marocco)*. [Tesi di Dottorato di Ricerca]. Trieste, Università degli Studi di Trieste.
- Guidi, G., Russo, M. & Angheluddu, D. (2014) 3D Survey and Virtual Reconstruction of Archaeological Sites. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 1, 55-69.
- Herráez, J., Martínez, J. C., Coll, E., Martín, M. T. & Rodríguez, J., (2017) 3D modeling by means of videogrammetry and laser scanners for reverse engineering. *Measurement*, Volume 87, 216-227.
- Parrinello, S., Bercigli, M. & Bursich, D., (2017) From survey to 3d model and from 3d model to "videogame". The virtual reconstruction of a Roman Camp in Masada, Israel. In: Rodríguez-Navarro, P., (a cura di) *Disegnarecon*, 10 (19), 1-19.
- Parrinello, S. & Dell'Amico, A., (2019) Experience of documentation for the accessibility of widespread cultural heritage. *Heritage*, Volume 2 (1), 1032-1044.
- Parrinello, S. & Picchio, F., (2019) Integration and comparison of close-range sfm methodologies for the analysis and the development of the historical city center of Bethlehem. In: Cardaci, A., Fassi, F. & Remondino, F., (a cura di) *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2/W9, 2019, pp. 589-595.
- Pettineo, A. (2022) Videogrammetry for the virtual philological reconstruction of the Scaliger fortifications in the territory of Verona. The case study of Montorio Castle. In: Barba, S., Parrinello, S., Di Filippo, A. & Dell'Amico, A., (a cura di) *D-SITE. Drones - Systems of Information on cultural hEritage. For a spatial and social investigation*. Pavia, Pavia University Press, pp.104-110.
- Pollefeys, M., Koch, R., Vergauwen, M. & Van Gool, L. (2000) Automated Reconstruction of 3D Scenes from Sequences of Images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 55, 4 November, 1, 251-67.
- Remondino, F., El-Hakim, S., Girardi, S., Rizzi, A., Benedetti, S. & Gonzo, L. (2009) 3D virtual reconstruction and visualization of complex architectures - The "3D-Arch" project. In: Remondino, F., El-Hakim, S., Gonzo, L., (a cura di) *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume 38, 2009.
- Simeoni, L. (1953) *Guida storico-artistica della città e provincia*. Verona, Edizioni di Vita veronese.
- Solinas, G. (1981) *Storia di Verona*. Verona, Centro Rinascita.
- Varanini, G. M. (1988) *Gli Scaligeri 1277-1387*. Milano, Arnoldo Mondadori Editore.