

Simulation Study on the Impact of Miniaturization in 3 nm Node 3D Junctionless Transistors

Original

Simulation Study on the Impact of Miniaturization in 3 nm Node 3D Junctionless Transistors / Scognamiglio, Luca; Mo, Fabrizio; Spano, Chiara Elfi; Vacca, Marco; Piccinini, Gianluca. - In: IEEE TRANSACTIONS ON NANOTECHNOLOGY. - ISSN 1536-125X. - 24:(2025), pp. 102-109. [10.1109/tnano.2025.3539457]

Availability:

This version is available at: 11583/3001712 since: 2025-07-09T14:43:48Z

Publisher:

IEEE

Published

DOI:10.1109/tnano.2025.3539457

Terms of use:

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

Publisher copyright

IEEE postprint/Author's Accepted Manuscript

©2025 IEEE. Personal use of this material is permitted. Permission from IEEE must be obtained for all other uses, in any current or future media, including reprinting/republishing this material for advertising or promotional purposes, creating new collecting works, for resale or lists, or reuse of any copyrighted component of this work in other works.

(Article begins on next page)

10 DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN

Julio NAVARRO PALAZÓN, Luis José GARCÍA-PULIDO (eds.)



cover image

Fortress of Monteagudo (Murcia, Spain)

Upper platform. It shows two main characteristics of the architecture built in Murcia during the emirate of Muhammad b. Sa'd Ibn Mardanis (1147-1171): a regular layout, and the presence in each corner of two towers creating a right angle. It is built in *tapia calicostrada* (lime-crusted rammed earth), grounded on the bedrock of a hill overlooking Murcia's fertile orchard. Inside, it hosts a series of brick vaulted covered spaces. Its main function of State granary was compatible with other uses, such as prison.

DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
Vol. X

DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
Vol. X

Editors

Julio Navarro Palazón, Luis José García-Pulido
Escuela de Estudios Árabes - Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Universidad de Granada, Universidad de Málaga, Spain

PUBLISHED BY

Universidad de Granada
Editorial Universitat Politècnica de València
Patronato de la Alhambra y Generalife

Series Defensive Architecture of the Mediterranean

General editor
Pablo Rodríguez-Navarro

The papers published in this volume have been peer-reviewed by the FORTMED2020 Scientific Committee, according to the procedure available at <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/FORTMED/FORTMED2020>

© editors: Julio Navarro Palazón, Luis José García-Pulido

© cover picture: Luis José García-Pulido

© papers: the authors

© publishers: Universidad de Granada, Universitat Politècnica de València, Patronato de la Alhambra y Generalife

ISBN: 978-84-338-6644-8 (Vols. X-XI-XII) Universidad de Granada

ISBN: 978-84-338-6645-5 (Vol. X) Universidad de Granada

ISBN: 978-84-9048-856-0 (Vols. X-XI-XII) Editorial Universitat Politècnica de València

ISBN: 978-84-9048-862-1 (Vol. X) Editorial Universitat Politècnica de València

DOI: <https://dx.doi.org/10.4995/FORTMED2020.2020.11665>

D.L.: GR 356-2020



PROCEEDINGS of the International Conference on Fortifications of the Mediterranean Coast. FORTMED 2020, Granada, 26th, 27th and 28th of March 2020*.

*The International Conference was postponed to 4th, 5th and 6th of November 2020, in response to the Covid-19 pandemic.

Organization and committees

Organizing Committee

Chairs:

Julio Navarro Palazón. LAAC, Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Universidad de Granada
Luis José García-Pulido. LAAC, Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Universidad de Málaga

Secretariat:

Sara Peñalver Martín. Partner LAAC
Maurizio Toscano. Partner LAAC

Members:

Virginie Claude Brazille Naulet
Antonio Reyes Martínez
Anne-Claire Bled
Pablo Cercós Maicas

Scientific Committee

Almagro Gorbea, Antonio. Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Spain
Bertocci, Stefano. Università degli Studi di Firenze. Italy
Bevilacqua, Marco. 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. Girne American University. Cyprus
Campos, João. Centro de Estudos de Arquitectura Militar de Almeida. Portugal
Castrorao, Angelo. Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Spain
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
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
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
 Juan Vidal, Francisco. Universitat Politècnica de València. Spain
 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
 Navaro 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 Tuscia. 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
 Tabales Rodríguez, Miguel Ángel. Universidad de Sevilla. Spain
 Toscano, Maurizio. Universidad de Granada. Spain
 Di Turi, Silvia. ITC-CNR. Italy
 Utrero Agudo, María de los Ángeles. Escuela de Estudios Árabes, CSIC. Spain
 Varela Gomes, Mário. Universidade Nova de Lisboa. Portugal
 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

Note

This publication has been developed in the frame of the R & D projects led by Luis José García-Pulido and Jonathan Ruiz-Jaramillo: “The watchtowers that defended the Nasrid kingdom of Granada. Scientific analysis and documentation” (NAZALAYA, reference HAR2016-79689-P, 20117-2020), National Program for the Promotion of Scientific and Technical Research, 2016 call, supported by the Ministry of Economy and Competitiveness, Government of Spain, co-financed with FEDER funds; “Graphic documentation of the medieval castles preserved in Andalusia. Knowledge update and heritage legacy dissemination” (ALCAZABA, reference UMA18-FEDERJA-257), financed by the Operative Program FEDER Andalucía 2014-2020, University of Malaga 2018 call.

Organized by



in partnership with



Table of contents

| | |
|---|------|
| Preface | XV |
| Acknowledgements | XVII |
| Lecture | XIX |
| La fortaleza medieval de Isso (Albacete) y su territorio..... <i>J. Navarro Palazón, P. Jiménez Castillo, F. J. López Martínez, S. Peñalver Martín, A. Reyes Martínez, L. J. García-Pulido</i> | XXI |
| Contributions | 1 |
| ISLAMIC DEFENSIVE ARCHITECTURE | |
| Les caractéristiques architecturales et constructives de la muraille médiévale à la période Hammadite à Bejaia (Algérie)..... <i>N. Abderrahim Mahindad</i> | 5 |
| Architettura difensiva nelle valli dello Ziz e del Todhra in Marocco..... <i>M. Arena, P. Raffà</i> | 13 |
| La Torre de Comares en peligro de ruina. Afecciones de la estructura más significativa de la Alhambra en los siglos XVI y XVII..... <i>V. C. Brazille Naulet, A. Orihuela Uzal, L. J. García-Pulido</i> | 21 |
| Islamic defensive architecture along the eastern coast of Algeria: the Fusula Ribat and its mosque (Annaba)..... <i>S. Chergui, S. Haoui</i> | 29 |
| Investigación sobre el sistema de abastecimiento del antiguo alcázar de los arzobispos en Alcalá de Henares..... <i>E. J. Fernández Tapia, I. de Bustamante Gutiérrez, F. Da Casa Martín</i> | 37 |
| El Castillo de Moclín. De <i>hišn</i> a villa fronteriza..... <i>A. García Porras</i> | 45 |
| Adaptación cristiana de las defensas de la Alcazaba de Almería durante el siglo XVI..... <i>D. Garzón Osuna</i> | 53 |
| Las técnicas constructivas en las murallas medievales de Almería..... <i>P. Gurriarán Daza</i> | 61 |

| | |
|---|-----|
| El Alcázar musulmán de Valencia: una hipótesis funcional..... <i>F. Iborra Bernad</i> | 71 |
| Las fortificaciones de la línea de costa de Málaga en época nazarí, algo más que un sugerente quinteto defensivo..... <i>C. Iñiguez Sánchez</i> | 79 |
| Al-Bunayya, una ciudad fortificada benimerín en la costa norte del estrecho de Gibraltar (1282-1375)..... <i>R. Jiménez-Camino Álvarez, R. González Gallero, E. Blanco Medrano, M^a Á. Ramos Martín, A. Simone Eid</i> | 87 |
| La transformación del <i>ḥiṣn</i> andalusí de Ṭaybāliya en un castillo santiaguista de frontera..... <i>P. Jiménez Castillo, F. J. Muñoz López</i> | 95 |
| El <i>ḥiṣn</i> de Almansa (Albacete): fortificaciones y poblamiento..... <i>P. Jiménez Castillo, J. L. Simón García</i> | 105 |
| To inhabit the twelve <i>iḡamawen</i> of Taguelzi: fortified dwellings as alive ruins in the Gourara (Algerian Sahara)..... <i>I. Mahrour</i> | 123 |
| El palacio fortificado de Ibn Ḥafṣūn y sus <i>ḥuṣūn-abwāb</i> . La supuesta edificación ḥafṣūnī y los modelos orientales en el occidente malagueño..... <i>F. Marmolejo Cantos</i> | 131 |
| La fortificación hispanomusulmana de la <i>madīna</i> de Burriana (Castellón)..... <i>J. M. Melchor Monserrat</i> | 139 |
| Estudio preliminar del cerro del castillo de Montefrío (Granada)..... <i>R. Moreno Guerrero, L. J. García-Pulido</i> | 147 |
| Poliórcética, morfología edilicia y técnicas constructivas en el Tossal de la Vila, un recinto fortificado de época emiral en el extremo septentrional del <i>Šarq al-Andalus</i> <i>J. Negre, F. Falomir, M. Pérez-Polo, G. Aguilera</i> | 155 |
| Nuevas aportaciones sobre la cronología de los restos conservados de las murallas medievales de Almería (España)..... <i>A. Orihuela Uzal</i> | 163 |
| El Castell Vell de Castelló o el paradigma de la ocupación antrópica del territorio de La Plana hasta el siglo XIII..... <i>J. Prior y Llombart, P. García Borja, J. Enric Palmer Broch, F. Font Mezquita</i> | 171 |
| Reinterpretación del trazado de la coracha zirí de Granada a la luz de los nuevos datos arqueológicos..... <i>A. Reyes Martínez, E. Reyes Martínez</i> | 181 |
| Análisis espacial del sistema defensivo de la costa granadina en época nazarí y su transformación tras la conquista castellana..... <i>J. Rouco Collazo, J. M^a Martín Civantos</i> | 189 |

| | |
|---|-----|
| Asentamientos fortificados en el Rif Oriental (siglos VIII-XV). Nuevos datos sobre Ghassasa y Tazouda (Nador, Marruecos)..... | 197 |
| <i>B. Sarr, L. Mattei, Y. Hernández Casas</i> | |
| Castillejo de Monteagudo (Murcia, España). Análisis integral para la conservación de estructuras islámicas en regiones sísmicas..... | 205 |
| <i>M^aJ. Serrano Latorre, A. Alonso Durá, P. E. Collado Espejo, S. Tormo Esteve</i> | |
| Bab Tut de la medina de Tetuán (Marruecos): estudio y datos para su conservación..... | 213 |
| <i>J. Vergara-Muñoz, M. Martínez-Monedero</i> | |
| DIGITAL HERITAGE | |
| La forma original del Cubete del Alcázar Real de Carmona..... | 223 |
| <i>A. Almagro Gorbea</i> | |
| Enhancing the digital heritage, educating with the heritage. The Charles V Fort of the harbor of Girgenti..... | 231 |
| <i>A. Basso, S. Vattano, A. Luigini</i> | |
| L'uso della toponomastica come indicatore di insediamenti e strutture fortificate: il caso toscano... | 239 |
| <i>C. Berti, M. Grava</i> | |
| Rilievo digitale delle fortificazioni di Piombino..... | 247 |
| <i>S. Bertocci, M. Bigongiari</i> | |
| La cinta muraria di Lastra a Signa: metodologie di rilievo digitale integrato..... | 255 |
| <i>S. Bertocci, G. Pancani, A. Cottini</i> | |
| Rilievo digitale e analisi dell'ala lusignana del castello di Kyrenia..... | 263 |
| <i>M. Bigongiari, F. Cioli</i> | |
| Un rilievo speditivo di emergenza. Forte San José a Cartagena de Indias (Colombia)..... | 271 |
| <i>A. Cabrera Cruz, M. Leserri, G. Rossi, R. Zabaleta</i> | |
| Il sistema dei Casali Fortezza. Il caso studio di Castellaccio di Monteroni..... | 277 |
| <i>D. Calisi, M. Grazia Cianci, M. Molinari</i> | |
| El sistema de relaciones territoriales entre las fortificaciones del Cilento interior. Una propuesta de estudio a través de SIG..... | 285 |
| <i>M. G. Cianci, S. Colaceci, F. P. Mondelli</i> | |
| Chiese fortificate all'Isola d'Elba tra l'XI e XVI secolo..... | 293 |
| <i>T. Empler, F. Quici, A. Caldarone, A. Fusinetti, M. L. Rossi</i> | |
| La Banda Gallega: vertebración defensiva de un espacio de frontera en el límite noroccidental del alfoz hispalense en la Baja Edad Media..... | 301 |
| <i>J. J. Fondevilla Aparicio</i> | |
| Levantamiento y modelización tridimensional de la Torre del Negro o de Arráez, torre post-litoral del siglo XVI en El Algar (Región de Murcia, España)..... | 309 |
| <i>J. García-León, P. E. Collado-Espejo, F. Fantini, F. J. Jiménez-González</i> | |

| | |
|---|-----|
| Digitally Developing Medieval Fortifications..... | 317 |
| <i>A. Georgopoulos, M. Skamantzari, S. Tapinaki</i> | |
| Il digitale e la rappresentazione: la seconda linea e il castello dimenticato di Fiumedinisi..... | 325 |
| <i>G. Di Gregorio</i> | |
| The work of Global Digital Heritage for the massive digitization of fortifications in Spain..... | 333 |
| <i>V. M. López-Menchero Bendicho, H. D. G. Maschner, J. B. McLeod, J. P. du Vernay, M. Á. Hervás Herrera</i> | |
| Reconstrucción virtual del puente fortificado de la Media Luna (Cartagena de Indias) a través de herramientas digitales..... | 341 |
| <i>K. Losada, J. Galindo-Díaz, J. Fontàs Serrat</i> | |
| Digital documentation of fortified urban routes in Pavia (Italy): territorial databases and structural models for the preservation of military ruins..... | 349 |
| <i>R. De Marco, F. Galasso, C. Malusardi</i> | |
| Rappresentare l'architettura fortificata per narrare e valorizzare il territorio della frontiera Alessandrina..... | 357 |
| <i>A. Marotta, V. Cirillo, C. Rabino, O. Zerlenga</i> | |
| La cinta muraria ed i fossati della città di Otranto. Il rilievo tridimensionale integrato per la conoscenza delle evidenze architettoniche ed archeologiche..... | 365 |
| <i>C. Mitello, G. Muscatello</i> | |
| La Torre della Marina di Vietri sulla Costa d'Amalfi: test statistico-predittivi di dati fotogrammetrici..... | 373 |
| <i>S. Morena, S. Barba</i> | |
| La torre nella torre. Recupero e rilievo 3D per la fruizione della Torre Matta ad Otranto..... | 381 |
| <i>G. Muscatello</i> | |
| Salendo sulla Vedetta. Un rilievo laser scanner all'interno del castello di Gallipoli..... | 389 |
| <i>G. Muscatello, A. Quarta, C. Mitello</i> | |
| Integrazioni multidisciplinari: storia, rilievo e rappresentazioni del castello di Palmariggi in Terra d'Otranto..... | 397 |
| <i>C. Palestini, C. Cacciavillani</i> | |
| Rilievo e modellazione digitale: un percorso critico per la valorizzazione del Castello di Ischia..... | 407 |
| <i>L. M. Papa, S. D'Auria</i> | |
| Le mura di Cartagena de Indias tra sperimentazione metodologica e protocolli operativi. Strumentazioni digitali a confronto per lo studio del sistema difensivo antonelliano..... | 415 |
| <i>S. Parrinello, F. Picchio, A. Dell'Amico, C. Malusardi</i> | |
| Droni e fotogrammetria moderna per il rilievo dei castelli..... | 423 |
| <i>A. Pecci</i> | |
| Strategie digitali e di progetto per un patrimonio costruito e il suo paesaggio nel sistema di fortificazione del Nord Sardegna..... | 431 |
| <i>S. Pieri</i> | |

| | |
|---|-----|
| El Castillo de Bairén (Gandía, España). Proyecto de documentación gráfica..... | 439 |
| <i>P. Rodríguez-Navarro, T. Gil-Piqueras</i> | |
| The ancient Roman gate along Appian way: San Sebastiano Gate..... | 447 |
| <i>M. Russo, F. Lanfranchi, L. Carnevali</i> | |
| Técnicas digitales para el estudio del Patrimonio Defensivo: “Puerta de Almenara” y lienzos sur del Palacio del Gobernador y Plaza de Armas del Castillo de Sagunto (Valencia)..... | 455 |
| <i>Á. Sánchez Corrochano, E. Martínez Sierra, A. Greco, D. Besana</i> | |
| Rilievo 3D e modellazione avanzata nello studio dei Forti di Roma: il Forte Monte Antenne..... | 463 |
| <i>G. Spadafora, G. Bellingeri, M. Canciani, E. Pallottino, S. Ferretti, E. Antonucci, R. Dolfini</i> | |
| Atlante dei siti fortificati della provincia di Viterbo, Italia (X-XV secolo). Fonti e metodi per la ricostruzione della rete insediativa bassomedievale..... | 471 |
| <i>M. Toscano, G. Romagnoli</i> | |
| Dai documenti d’archivio la ricostruzione virtuale della Piazzaforte di Pescara..... | 479 |
| <i>P. Tunzi</i> | |
| Una rappresentazione digitale del castello Eurialo per l’indagine storico-interpretativa..... | 487 |
| <i>R. Valenti, S. Giuliano, E. Paternò</i> | |
| La batteria Valdilocchi alla Spezia, rilievo digitale e documentazione di un’architettura alla fine di un’epoca..... | 495 |
| <i>G. Verdiani, L. Marinaro, D. Reitano</i> | |
| Modelli plastici di architettura militare: valore di un patrimonio culturale da preservare e valorizzare nell’era digitale..... | 503 |
| <i>M. Vitali, G. Bertola, F. Natta, F. Ronco</i> | |

Modelli plastici di architettura militare: valore di un patrimonio culturale da preservare e valorizzare nell'era digitale

Plastic models of military architecture: value of a cultural heritage to be preserved and enhanced in the digital age

Marco Vitali^a, Giulia Bertola^b, Fabrizio Natta^c, Francesca Ronco^d

Politecnico di Torino, Turin, Italy

^a marco.vitali@polito.it; ^b giulia.bertola@polito.it; ^c fabrizio.natta@polito.it; ^d francesca.ronco@polito.it

Abstract

The contribution intends to bring to the attention of the scientific community the important Heritage made of plastic models, more or less homogeneously spread throughout Europe, which constitutes a patrimony of knowledge that links theoretical contributions on fortification, realizations, historical studies, archive documentation, technical representations, surveys, iconographic material.

The enhancement process records an orientation that in recent years has found in the relevant digital tools one of the possible keys for setting up a data system and, in digital modeling, the medium for interesting developments also in relation to the use.

Starting from the studies conducted in recent years on this specific topic, the research group is trying to identify the best strategies to be locally applied to enhance and make available on web different models at the various scales that describe Turin fortification's system and some portions of it.

Keywords: Digital maquette, plastic models, digital heritage, fortifications.

1. Introduzione

Il contributo intende portare all'attenzione della comunità scientifica l'importante patrimonio di modelli plastici, diffuso più o meno omogeneamente in tutta Europa, il quale costituisce un ricchissimo patrimonio di conoscenze che mette in relazione contributi teorici sulla fortificazione, realizzazioni, studi di carattere storico, documentazione d'archivio, rappresentazioni tecniche, rilievi, materiale iconografico.

Tale patrimonio tuttavia costituisce anche un fragilissimo insieme, spesso poco studiato, poco difeso e valorizzato: molti modelli infatti non trovano ad oggi la giusta sede espositiva, anche in ragione delle importanti dimensioni, delle dif-

ficoltà che presentano in occasione di trasporti, della loro deperibilità in relazione alle cause di degrado.

Oltre ad avere un importantissimo valore in relazione ai significati che trasmettono singolarmente e alle finalità per le quali sono stati realizzati, di fatto possono "raccontare" la storia d'Europa: ciascuno di essi, infatti, è la manifestazione concreta di un interesse e di un'attenzione che in un determinato momento storico si è posta su specifiche questioni strategiche di difesa dei territori, relativi a strategie militari, storie dei progetti e vicende di costruzione, ripensamenti o adeguamenti di strutture difensive, etc.



Fig. 1. Alcuni esempi di modelli plastici di fortificazioni alle diverse scale. Plan-Relief di Neuf-Brisach, Musée des Plans-Reliefs, Paris; maquette di Praga nel XVIII secolo, Muzeum Hlavního Města Prahy; Plan-Relief del Forte di Fenestrelle, Musée des Plans-Reliefs, Paris; Plan-Relief di Brest, Musée des Plans-Reliefs, Paris.

Il processo di valorizzazione che passa attraverso la tutela registra, anche se in maniera non omogenea, un orientamento che negli ultimi anni ha manifestato un rinnovato interesse nei confronti di questo repertorio, trovando negli strumenti digitali di rilievo e acquisizione metrica una delle possibili chiavi per la messa a sistema dei dati che lo caratterizzano e che anticipa interessanti sviluppi anche in relazione alla fruizione di questo materiale, anche attraverso la rete.

Sulla base degli studi condotti negli ultimi anni su questo tema specifico, il gruppo di ricerca sta cercando di individuare le migliori strategie da applicare in ambito locale per mettere in valore e per rendere accessibile attraverso la rete i numerosi modelli alle varie scale che descrivono la

cinta fortificata della città di Torino e alcune porzioni di essa.

2. Valore dei modelli plastici di architettura militare

Il modello di architettura costituisce da sempre un importantissimo strumento di verifica e controllo del progetto, comunicazione con le committenze e supervisione delle attività di cantiere, nonché di manifestazione del potere. Esso assume, in funzione del periodo di realizzazione e dell'area geografica di riferimento, declinazioni di volta in volta differenti orientate dal contesto culturale, dalla maturazione di tecniche costruttive, dal rapporto che costantemente intreccia con le altre forme della Rappresentazione (Frommel, 2015; Mindrup, 2019).

Spesso analizzato in sezioni dedicate anche dai trattatisti (Leon Battista Alberti, Sebastiano Serlio, Philibert Delorme, Filarete, per citarne solo alcuni), assume indiscutibilmente un ruolo chiave nello sviluppo del progetto, quale strumento di sperimentazione e riflessione, mezzo ontologico e deontologico, o ancora un mezzo di controllo delle quantità e delle qualità dei materiali utilizzati per la costruzione, in continuo confronto con le maestranze specializzate, portando in questo modo il progetto stesso ad una dimensione ‘collettiva’.

Nello specifico, i modelli plastici dedicati alla rappresentazione di architetture militari, incarnano tutte le valenze appena ricordate e si fanno ancora di più efficace strumento di analisi e valutazione della costruzione, permettendo l’emancipazione dal centro di proiezione fisso caratteristico dell’assonometria soldatesca (Scolari 2005; Alonso-Rodríguez, Calvo-López 2014): la logica funzionale crea una separazione concettuale tra tecnica ed estetica, tra empirismo e teoria. Il modello in scala, restituendo fedelmente la conformazione orografica dei siti e la geometria delle masse costruite nello spazio consente di regolare i rapporti proporzionali tra i diversi elementi della costruzione attraverso la verifica delle traiettorie di tiro, della gittata dei proiettili, la simulazione delle strategie difensive e delle dinamiche di combattimento, diventando il luogo dove si confrontano e si accumulano le sperimentazioni pratiche e le scelte politiche.

Alle questioni di natura pratica si aggiungono le esigenze di rappresentazione del potere, le quali si manifestano attraverso la costituzione delle ‘collezioni’ dei regnanti che, parallelamente allo scopo di mostrare la vastità e la ricchezza dei territori governati e di testimoniare i lavori eseguiti per la messa in sicurezza del territorio attraverso monumentali opere di fortificazione, consentono una maggiore conoscenza dei territori, anche nei loro rapidi mutamenti dovuti ai frequenti interventi atti a migliorarne le caratteristiche difensive (Viganò, 2007). Lo scopo celebrativo tuttavia assumeva anche un carattere paradossale, di segretezza, dato che la precisione con la quale i modelli venivano realizzati poteva fornire importanti informazioni utili alla organizzazione di eventuali attacchi.

Non ultimi da ricordare gli aspetti che legano la costruzione di modelli plastici alla formazione degli ingegneri in ambito militare, ed ancora, per arrivare all’attualità, il valore che tali modelli assumono come elementi di un sistema che si configura sempre di più in termini di patrimonio culturale, atto alla veicolazione della memoria di configurazioni territoriali non più esistenti o fortemente compromesse dalle trasformazioni delle città nei confronti di utenze anche non specializzate, nonché votato allo studio delle fonti grafiche e alla verifica e alla valutazione delle soluzioni adottate nella costruzione da parte degli studiosi.

3. Un patrimonio culturale da preservare: le collezioni

Il patrimonio di modelli plastici di architettura militare diffuso sul territorio europeo si configura come un insieme estremamente variegato, eterogeneo e diffuso del quale, ad oggi, manca un censimento e di cui poco si sa, al di là di alcuni esempi illustri, oggetto di attenzione e di studio.

Tale patrimonio meriterebbe di essere studiato, catalogato, e sistematizzato in modo da raccogliere per ogni esemplare una serie di dati congruenti relativi all’epoca di realizzazione, alle tecniche di costruzione e alla scala di rappresentazione, agli scopi per i quali è stato costruito, alla sede in cui è collocato, allo stato di conservazione, etc.

Si pensi, ad esempio, ad alcune significative collezioni di modelli plastici di città (Viganò, 2007): la collezione datata tra il 1568 e il 1574 realizzata dall’intagliatore Jakob Sandtner per il duca Alberto V (Lindgren, 1993; Reitzenstein, 1994); la collezione della Repubblica di Venezia, principalmente del XVII secolo, conservata presso il Museo Navale di Venezia (Marchesi, 1984); la collezione costituita da quindici esemplari prodotti dall’ingegner Erik Jonsson Dahlbergh in ambito svedese sul finire del XVII secolo (Englund, 1967); le collezioni del Regno sabauda ad opera dell’ingegnere Andrea Bozzolino (Corino, 1985); la collezione di Chales Alexandre de Lorena (1740-1750) di 71 piazze forti dell’impero asburgico (Lemoine-Isabeau, 1994).



Fig. 2. Alcuni esempi di modelli plastici di città e strumenti di digitalizzazione (Jacquot 2014, p. 41).

Un caso a parte nel panorama europeo è quello francese del museo nazionale dei Plans-reliefs, che conserva un centinaio di plastici di architettura militare costruiti dalla fine del XVII secolo alla fine del XIX secolo, appartenenti ad una collezione che nel 1927 è stata classificata monumento storico. Ad essi si aggiungono una cinquantina di modelli teorici, di tipo pedagogico, realizzati tra il XVIII e il XIX secolo per l'insegnamento nelle scuole militari. Il museo, aperto nel 1943 è attualmente in corso di rifunzionalizzazione, mirata ad espandere lo spazio di visita, fino ad oggi limitato all'esposizione di un solo terzo della collezione.

Dal 1668, su indicazione del ministro della guerra Louvois, si cominciano a realizzare i Plans-reliefs delle piazzeforti francesi nei territori delle fiandre spagnole, nuovamente conquistati. Da semplici strumenti di lavoro finalizzati alla rappresentazione dello stato di avanzamento dei lavori esse diventano, sul finire del secolo, testi-

monianza dei lavori eseguiti per la difesa dei confini francesi, strumenti di lavoro a distanza per il re e il suo stato maggiore. Un inventario redatto da Vauban nel 1697 indica che in meno di trent'anni sono stati realizzati 144 modelli, rappresentanti 101 siti fortificati (Warmoes, 2018). I modelli, realizzati in legno, cartone, carta colorata e seta, in scala 1/600, riportano tutti gli elementi architettonici e naturali dei singoli siti e si perfezionano, nell'arco del tempo, raggiungendo un tale livello di precisione e di dettaglio da poterli riconoscere quali veri e propri oggetti d'arte. Il prestigio della collezione cresce sotto il regno di Luigi XIV, che le dedica gli spazi della galerie du Bord-de l'Eau al Louvre, utilizzandola come strumento di strategia militare e al tempo stesso come veicolo di rappresentazione del potere, mostrato ad ambasciatori e regnanti in visita a Parigi.

La collezione continua ad accrescersi durante la prima metà del XVIII secolo, al ritmo delle con-

quiste territoriali e dei lavori di fortificazione, diventando anche 'storia illustrata' dell'evoluzione del territorio, e nel 1750 alla galleria che li ospita viene affiancato un vero e proprio laboratorio di produzione. Sul finire del secolo la crescita della collezione vede una battuta d'arresto, legata anche alla fine della guerra dei sette anni, e addirittura la minaccia, sotto Luigi XVI, di smembramento. Nel 1777 la collezione viene spostata nelle soffitte dell'Hôtel des Invalides e, secondo alterne vicende, registra alcune nuove realizzazioni fino al 1870. A partire da questo momento, cambiate le tecniche di combattimento e decretata la fine delle opere bastionate per la difesa dei territori è stata conseguentemente interrotta la produzione dei Plans-reliefs.

4. Digitalizzazione

Come testimonia la vastità di iniziative intraprese dalle corti di tutta Europa al fine di allestire modelli plastici di siti fortificati, questo particolare strumento di controllo militare e di manifestazione del potere è stato per molto tempo il più efficace per la rappresentazione delle architetture e delle città.

La consistenza e la ricchezza di questo materiale costituiscono di per sé un patrimonio che spesso oggi soffre di gravi e frequenti problemi, principalmente legati all'inadeguatezza degli spazi espositivi ad esso riservati e di un conseguente stato di conservazione non ottimale. Diventa perciò sempre più importante e urgente garantire la conservazione e contemporaneamente immaginare e studiare strumenti che lo valorizzino e che ne consentano una più ampia fruizione. La digitalizzazione, in questo senso, costituisce ad oggi il mezzo più diffuso e applicato (benché moltissimo lavoro debba ancora essere effettuato), il quale tuttavia riserva ancora una serie di problemi e di sfide tecnologiche (acquisizione laser, fotogrammetrica, etc.) che costituiscono il cuore di numerose ricerche ad oggi in essere. La numerizzazione dei plastici di architettura fortificata adotta le tecniche convenzionalmente applicate al patrimonio architettonico ma si trova a fronteggiare problemi legati alla differente natura e scala degli oggetti studiati. I fattori che con-

dizionano le acquisizioni necessarie alla digitalizzazione sono principalmente:

- fattori geometrici: i modelli con un livello di dettaglio molto elevato, se rapportato alla scala di realizzazione, necessitano per l'acquisizione fotogrammetrica di prese il più vicino possibili al modello, con conseguente profondità di campo ridotta ed una zona di nitidezza molto ristretta;

- fattori materiali: il deterioramento dei materiali dovuto al passare del tempo influisce molto sulla digitalizzazione dei modelli, sia sulla qualità delle immagini acquisite, sia sulla metodologia da applicare nel processo di digitalizzazione, che va condotto in maniera non invasiva;

- fattori ambientali: il luogo in cui sono conservati i modelli, in particolar modo nei suoi aspetti di accessibilità e illuminazione, incide sul processo di acquisizione;

- fattori economici: i mezzi tecnici utilizzati per l'acquisizione tridimensionale devono essere precisi, maneggevoli, economicamente sostenibili e di efficiente utilizzo (in termini di tempo). Tra le numerose ricerche che sono state condotte su questo tema riveste particolare interesse la ricerca condotta da Kévin JACQUOT sul patrimonio dei Plans-reliefs francesi, in partenariato con il Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie de l'École Supérieure d'Architecture de Nancy (MAP-CRAI) e con il Musée National des Plans-reliefs di Parigi (Jacquot 2014). L'approccio di lavoro utilizzato è stato sintetizzato dall'acronimo KASToR (Knowledge based Approach: from Scale Model To 3D Replica). Il lavoro si divide per fasi, in cui si susseguono: l'acquisizione tridimensionale, condotta attraverso tecniche fotogrammetriche digitali e laser scanner, per la realizzazione di un modello mesh; la selezione e lo studio delle fonti trattatistiche per la creazione di un modello di conoscenza, una ontologia; la segmentazione semantica dei dati di rilievo; la creazione di una biblioteca di componenti parametriche da applicare nella ricostruzione digitale dell'architettura fortificata; la ricostruzione digitale del modello fisico, effettuata integrando componenti parametriche, ricostruzioni puntuali, etc.

5. Valorizzazione

Il lavoro di digitalizzazione delle maquette porta alla possibilità di sovrapporre diversi livelli di conoscenza dell'oggetto, da quella fisica e geometrica fino ad arrivare alla componente semantica, costruita a partire dal repertorio documentale della trattatistica architettonica e militare, rendendo il modello un oggetto parlante. La maquette digitalizzata diventa un'interfaccia con altri contenuti multimediali, un modello 3D semanticamente arricchito.

“La numérisation et l'accessibilité en ligne des contenus culturels sont essentielles à la valorisation du patrimoine, au dynamisme de la création de contenus et à l'émergence de nouveaux services en ligne. Elles contribuent à la démocratisation de l'accès à la culture, au développement de la société de l'information et de l'économie de la connaissance” (Revue Culture, Recherche, 2008, n° 118-119).

Il processo di digitalizzazione deve quindi essere inteso non già come finalità principale del lavoro ma come tappa necessaria per ulteriori elaborazioni che consentano la messa a disposizione dei materiali ad un pubblico vasto ed eterogeneo, i cui livelli informativi possano essere gestiti e controllati attraverso applicativi che ne visualizzino ed esplicitino la gerarchizzazione in relazione al tipo di fruizione che se ne intende avere.

L'acquisizione digitale tridimensionale dei modelli a scala urbana è quindi un primo passo verso la realizzazione di archivi digitali virtuali che implementino ed arricchiscano le esperienze museali, facilitino le attività di ricerca, e ancora che forniscano nuovi strumenti per la conoscenza del patrimonio, sia con esperienze di realtà virtuale che aumentata.

Pensando infatti alle ricadute che tali lavori di ricerca potrebbero avere sulle esperienze museali l'applicazione delle ICT contribuisce a caratterizzare il museo “non più come un luogo fisico ma come una rete di servizi, che iniziano ben prima della vera e propria visita e terminano molto dopo. La visita stessa è completamente reinventata e modellata attraverso modalità di fruizione moderne, dinamiche e molto coinvolgenti, come i sistemi di virtual reality o di augmented reality e le

tecnologie che simulano il touch tramite un sistema di telecamere o puntatori laser in grado di riconoscere gli oggetti” (Canina, *et al.*, 2008, p. 8).

Le attività di ricerca potrebbero avvalersi di materiali e informazioni di diversa natura (bibliografia, cartografia, materiali d'archivio, immagini) organizzati e ancorati al modello virtuale, avere accesso a database relazionali che consentano indagini e confronti su scala internazionale; il turismo sostenibile avvalersi di esperienze in VR e AR per una più semplice comprensione della conformazione urbana nei suoi sviluppi storici, di una più immediata lettura delle opere fortificate in relazione al loro utilizzo in epoca storica o ancora, dare più semplice accesso a opere non esposte.

6. Indirizzi della ricerca in ambito locale

In ambito locale si sono avviati lavori di ricerca che intendono studiare, digitalizzare e valorizzare i plastici fisici relativi alla cinta fortificata della città, conservati presso il Museo Pietro Micca e presso Museo Storico Nazionale di Artiglieria della città di Torino. Si tratta di un materiale eterogeneo, per epoca e tecnica di realizzazione, poiché rappresenta le opere fortificate della città nel loro complesso ed alcune emergenze che ne costituiscono elementi chiave: il plastico relativo all'assedio del 1706, il plastico della cittadella, i plastici relativi al Maschio e al Cisternone.



Fig. 3. Plastico della Cittadella di Torino. Allestimento della scena per la presa fotografica.

La direzione di ricerca intrapresa sembra particolarmente significativa dal momento che ad oggi la cinta fortificata torinese non è più identi-

ficabile attraverso una visita della città (se non per piccole porzioni): la maggior parte delle cortine murarie sono state abbattute (principalmente in epoca napoleonica) e le porzioni ad oggi ancora conservate si trovano prevalentemente nel sottosuolo. Per tale ragione l'esplorazione di un modello virtuale, anche pensando alle possibilità offerte dalle tecniche di realtà aumentata, può costituire una delle esperienze che consente, anche ai pubblici più ampi, di connettere la struttura storica della città con la sua attuale conformazione.

Note

La ricerca è il risultato della collaborazione tra gli autori: i paragrafi 1 e 6 sono stati scritti collegialmente; il paragrafo 2 è scritto da Giulia Bertola, il paragrafo 3 da Marco Vitali, il paragrafo 4 da Francesca Ronco, il paragrafo 5 da Fabrizio Natta.

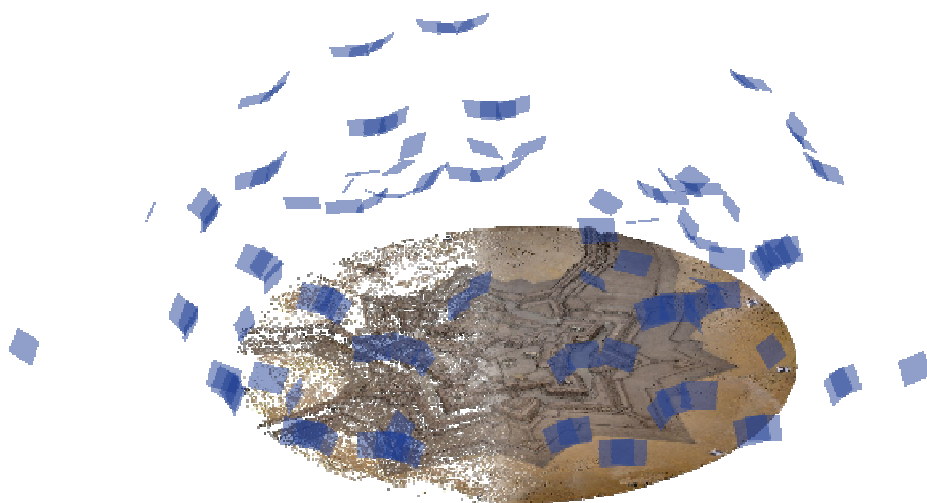


Fig. 4. Plastico della Cittadella di Torino. Nuvola di punti sparsa (a sx) e densa (a dx), con indicazione dei punti di presa fotografici. Estratto grafico da *Agisoft Metashape* ©.

Bibliography

- Alonso-Rodríguez, M.A.; Calvo-López, J. (2014). "Prospettiva Soldatesca: An Empirical Approach to the Representation of Military Architecture in the Early Modern Period", *Nexus Network Journal*, 16-3, pp. 543-567.
- Canina, M.; Celino, I.; Frumento, E.; Pagani, A.; Simeoni, N. (2008). "Beni culturali: lo sviluppo del settore passa dall'ICT", *Beltel*, 130, pp. 8-13.
- Corino, P.G. (1985). "Prestigio e cultura militare alla Corte Sabauda nel 700. I plastici del Principe", in *Studi Piemontesi rassegna di lettere, storia, arti e varia umanità edita dal Centro Studi Piemontesi*, Torino, vol. XIV, pp. 295-301.
- Englund, B. (1967). "Fästningsmodeller från Erik Dahlberghs tid. En preliminär undersökning", in *Meddelande från Kungl. Armémuseum*, Stockholm, vol. XXVIII, pp. 11-52.
- Frommel, S., ed. (2015). *Les maquettes d'architecture. Fonction et évolution d'un instrument de conception et de réalisation*, Campisano Ed., Roma.

- Jacquot, K. (2014). *Numérisation et restitution virtuelle des maquettes de la collection de Louis XIV*, École doctorale IAEM Lorraine, Lorraine.
- Lindgren, U. (1993). “Les plans-reliefs de Bavière au XVI^e siècle”, in *Actes du Colloque international sur les plans-reliefs au passé et au présent*, Commission d’Histoire Militaire. Musée des Plans-Reliefs, Paris, pp. 167-174.
- Marchesi, P. (1984). *Fortezze veneziane 1508-1797*, Rusconi, Milano, pp. 50-59.
- Mindrup, M. (2019). *The Architectural Model. Histories of the Miniature and the Prototype, the Exemplar and the Muse*, MIT press, Cambridge.
- Montiel, L.F.M. (1999). “La maqueta de Càdiz, algunos apuntes sobre la construcción y su autor”, *Laboratorio de Arte*, 12, pp. 279-291.
- Reitzenstein, A. (1994). *Die alte bairische Stadt in den Modellen des Drechslermeisters Jakob Sandtner, gefertigt in den Jahren 1568-1574 im Auftrag Herzog Albrechts V. von Bayern*, Georg D.V. Callwey, München.
- Scolari, M. (2005). *Il disegno obliquo, Marsilio: Una storia dell’antiprospektiva*, Venezia.
- Viganò, M. (2007). “Colecciones de modelos de plazas fuertes de los borbones de Francia, Espana y Napoles en el Siglo XVIII”, *BSAA Arte*, LXXII-LXXIII, Universidad de Valladolid, pp. 219-243.

