

7 DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN

Anna MAROTTA, Roberta SPALLONE (Eds.)



DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
Vol. VII

PROCEEDINGS of the International Conference on Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast
FORTMED 2018

DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
Vol. VII

Editors
Anna Marotta, Roberta Spallone
Politecnico di Torino. Italy

POLITECNICO DI TORINO

Series Defensive Architectures of the Mediterranean

General editor
Pablo Rodríguez-Navarro

The papers published in this volume have been peer-reviewed by the Scientific Committee of FORTMED2018_Torino

© editors
Anna Marotta, Roberta Spallone

© papers: the authors

© 2018 edition: Politecnico di Torino

ISBN: 978-88-85745-12-4



FORTMED - Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast, Torino, 18th, 19th, 20th October 2018

Organization and Committees

Organizing Committee

Anna Marotta. (Chair). Politecnico di Torino. Italy
Roberta Spallone. (Chair). Politecnico di Torino. Italy
Marco Vitali. (Program Co-Chair and Secretary). Politecnico di Torino. Italy
Michele Calvano. (Member). Politecnico di Torino. Italy
Massimiliano Lo Turco. (Member). Politecnico di Torino. Italy
Rossana Netti. (Member). Politecnico di Torino. Italy
Martino Pavignano. (Member). Politecnico di Torino. Italy

Scientific Committee

Alessandro Camiz. Girne American University. Cyprus
Alicia Cámara Muñoz. UNED. Spain
Andrea Pirinu. Università di Cagliari. Italy
Andreas Georgopoulos. Nat. Tec. University of Athens. Greece
Andrés Martínez Medina. Universidad de Alicante. Spain
Angel Benigno González. Universidad de Alicante. Spain
Anna Guarducci. Università di Siena. Italy
Anna Marotta. Politecnico di Torino. Italy
Annalisa Dameri. Politecnico di Torino. Italy
Antonio Almagro Gorbea. CSIC. Spain
Arturo Zaragoza Catalán. Generalitat Valenciana. Castellón. Spain
Boutheina Bouzid. Ecole Nationale d'Architecture. Tunisia
Concepción López González. UPV. Spain
Faissal Cherradi. Ministerio de Cultura del Reino de Marruecos. Morocco
Fernando Cobos Guerra. Arquitecto. Spain
Francisco Juan Vidal. Universitat Politècnica de València, Spain
Gabriele Guidi. Politecnico di Milano. Italy
Giorgio Verdiani. Università degli Studi di Firenze. Italy
Gjergji Islami. Universiteti Politeknik i Tiranës. Albania
João Campos, Centro de Estudos de Arquitectura Militar de Almeida. Portugal
John Harris. Fortress Study Group. United Kingdom
Marco Bevilacqua. Università di Pisa. Italy
Marco Vitali. Politecnico di Torino. Italy
Nicolas Faucherre. Aix-Marseille Université – CNRS. France
Ornella Zerlenga. Università degli Studi della Campania 'Luigi Vanvitelli'. Italy
Pablo Rodríguez-Navarro. Universitat Politècnica de València. Spain
Per Cornell. University of Gothenburg. Sweden
Philippe Bragard. Université catholique de Louvain. Belgium
Rand Eppich. Universidad Politécnica de Madrid. Spain
Roberta Spallone. Politecnico di Torino. Italy
Sandro Parrinello. Università di Pavia. Italy
Stefano Bertocci. Università degli Studi di Firenze. Italy
Stefano Columbu, Università di Cagliari. Italy
Teresa Gil Piqueras. Universitat Politècnica de València. Spain
Victor Echarri Iribarren. Universitat d'Alacant. Spain

Note

The Conference was made in the frame of the R & D project entitled "SURVEILLANCE AND DEFENSE TOWERS OF THE VALENCIAN COAST. Metadata generation and 3D models for interpretation and effective enhancement" reference HAR2013-41859-P, whose principal investigator is Pablo Rodríguez-Navarro. The project is funded by National Program for Fostering Excellence in Scientific and Technical Research, national Sub-Program for Knowledge Generation, Ministry of Economy and Competitiveness (Government of Spain).

Organized by



**POLITECNICO
DI TORINO**
Dipartimento di
Architettura e Design

Partnerships



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Patronages



CITTA' DI TORINO



unione
italiana
disegno



FONDAZIONE
DELL'ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI
TORINO

Table of contents

Preface	XV
Lectures	XVII
Dalle Alpi al Mediterraneo: Giovan Giacomo Paleari Fratino e Pietro Morettini, ingegneri militari "svizzeri" in Corsica (1563, 1720).....	XIX
<i>Marino Viganò</i>	
Territori-città-fortezze sulle coste del Mediterraneo nelle raccolte sabaude di età moderna.....	XXVII
<i>Micaela Viglino</i>	
Contributions	
HISTORICAL RESEARCH	
Paesaggio storico urbano: la cortina di San Guglielmo a Cagliari.....	3
<i>V. Bagnolo</i>	
Noble castles of the late Middle Ages in Northwest Italy.....	7
<i>S. Beltramo</i>	
Il quadro strategico-difensivo della costa adriatica pontificia in una relazione di fine Seicento.....	15
<i>M. A. Bertini</i>	
Da condottiero a ingegnere pubblico e Governatore d'Armi: Le diverse competenze di Stefano Boucaut (Buccò) al servizio dei Provveditori generali di Dalmazia et Albania.....	23
<i>D. Bilić</i>	
Un <i>presidio</i> spagnolo nella Liguria del XVII secolo: Finale e le sue fortificazioni.....	31
<i>E. Brusa, C. Stanga</i>	
Castelli e torri nella Valle dell'Aterno: tipologie costruttive e materiali del cantiere storico.....	39
<i>F. Bulfone Gransinigh</i>	
I gerosolimitani in Toscana e lungo la via Francigena. Ospedali, commende e fortificazioni.....	47
<i>V. Burgassi, V. Vanesio</i>	
The Modern fortification as the tool of the European maritime empires.....	55
<i>J. Campos</i>	

The Role and Function of Fortifications. General reflections, departing from the case of the Göta River Estuaries (Sweden).....	63
<i>P. Cornell, S. Larsson</i>	
The Venetian System of Fortifications in Souda Bay.....	71
<i>D. Cosmescu</i>	
La residenza imperiale di Napoleone all'interno del forte di San Giacomo a Porto Longone sull'isola d'Elba.....	79
<i>G. L. Dalle Luche, E. Karwacka</i>	
Demolire per difendere. Lo smantellamento di fortezze nel XVII secolo.....	87
<i>A. Dameri</i>	
Tra Spagna e Austria: Giovanni Battista Sesti ingegnere militare.....	95
<i>A. Dameri, A. Pozzati</i>	
Rappresentazioni di guerra tra XVIII - XIX secolo. Piani d'attacco e Piani di difesa della Fortezza di Gaeta.....	103
<i>A. Gallozzi, M. Cigola</i>	
Segmenti di uno sguardo totale. Progetti di fortificazione del corpo del Genio napoleonico sulle coste laziali, illiriche e di Corfù (1810-1811).....	111
<i>C. A. Gemignani, A. Guarducci, L. Rossi</i>	
Torres de costa para la defensa de la bahía de Altea, S. XV.....	119
<i>F. Juan-Vidal, P. Rodríguez-Navarro</i>	
La perla nera del Mediterraneo. Iconografia, fortificazioni, paesaggio.....	127
<i>F. Maggio, G. Bonafede</i>	
La cittadella di Alessandria nel primo impianto bertoliano (1728-1761): la conoscenza come parametro di progetto.....	135
<i>A. Marotta</i>	
La cittadella di Alessandria negli sviluppi di periodo napoleonico (1808-1860): la conoscenza come parametro di progetto.....	143
<i>A. Marotta, R. Netti, M. Pavignano</i>	
Cenni su alcuni disegni delle fortificazioni di Corfù e sull'opera di Onorio Scotti.....	151
<i>M. F. Mennella</i>	
La plaza de Mazalquivir _Argelia.....	159
<i>S. Metair</i>	
L'esperienza di guerra nella formazione degli architetti e ingegneri militari nell'età moderna.....	165
<i>E. Molteni, A. Pérez Negrete</i>	

Itinerari grafici estratti dal patrimonio conservato nella Biblioteca Mosca del Politecnico di Torino: il trattato di arte militare e fortificazioni di Gay de Vernon (1805).....	173
<i>G. Novello, M. M. Bocconcino</i>	
Present Situation of 15th Century Venetian Walls of Nicosia.....	181
<i>Z. Öngül</i>	
From <i>ridotto</i> to <i>forte</i> – Barone Fortress in Šibenik.....	189
<i>J. Pavić</i>	
La Basilicata rappresentata nelle mappe aragonesi: una miniera d'oro per l'archeologia classica. Tra antichi toponimi, rovine romane e risorse naturali.....	195
<i>A. Pecci</i>	
Mito y realidad de las fortificaciones de Cádiz. Relaciones entre relatos y mapas para un sistema Defensivo.....	203
<i>J. Peral Lopez</i>	
Constructing aspects of building the Split baroque bastion fort.....	209
<i>S. Perojević</i>	
Lo Stato entra in cantiere: sviluppo e utilità di una fonte seriale settecentesca.....	217
<i>E. Piccoli, C. Tocci, R. Caterino, E. Zanet</i>	
Forte Focardo. Una soluzione tipologica e militare inusuale.....	225
<i>L. Piga</i>	
Indagini per la conoscenza e la tutela dell'architettura militare storica. Il fronte occidentale delle fortificazioni di Cagliari (Sardegna, Italia).....	233
<i>A. Pirinu, R. Balia, L. Piroddi, A. Trogu, M. Utzeri, G. Vignoli</i>	
La fortaleza de Traiguera: defensa norte del Reino de Valencia en la guerra de Cataluña.....	241
<i>E. Salom Marco</i>	
The Citadel of Turin "in Absentia". Drawings and Reconstruction Hypotheses after Demolition.....	249
<i>R. Spallone</i>	
Piante di città fortificate raccolte da Giulio Ballino (1569).....	257
<i>P. Tunzi</i>	
Il forte di Fenestrelle, ovvero il forte Mutin.....	265
<i>B. Usseglio</i>	
El legado del ingeniero Jerónimo de Soto: teórica y práctica del arte de fortificar entre las fronteras y la corte.....	273
<i>M. A. Vázquez Manassero</i>	
Antonio Giancix - an Ignored Genius?	281
<i>A. Žmegač</i>	

THEORETICAL CONCEPT

The hydraulic military defence infrastructures of Alessandria: drawings and inventions.....287
C. Boido

Le fortificazioni di Sarzana nell'età moderna. La difesa di una città di confine.....295
F. Borghini

Labyrinth as passive defense system: an analysis of Renaissance treatise of Francesco
di Giorgio Martini.....303
M. Carpiceci, F. Colonnese

Los proyectos de fortificación de ciudades costeras en España (1721-1726): líneas
estratégicas y debate técnico.....311
V. Echarri Iribarren

L'architettura fortificata nella cultura ingegneristica dei secoli XVIII e XIX.....319
E. Magnano di San Lio

La difesa "partecipata" di Augusta e dei suoi dintorni.....327
E. Magnano di San Lio, S. Grande

La Strada Beretta: 1666-1702. Il contributo della Rappresentazione.....333
A. Marotta, U. Zich, M. Pavignano

Il baluardo Dusay nell'area di San Pancrazio a Cagliari: una architettura militare "in transizione"
tra medioevo ed età moderna.....341
A. Pirinu

Fortificazioni costiere e Porti sul waterfront del golfo di Napoli da Portici a Castellammare
di Stabia. Esperienze percettive e rappresentazioni d'archivio.....349
A. Robotti

CHARACTERIZATION OF GEOMATERIALS

Mappatura digitale, tecniche costruttive e caratterizzazione petrografica delle pietre della
fortificazione di Punta Rossa (Caprera).....357
S. Columbu, S. Pieri, G. Verdiani, P. Cianchetti

Chemical-physical agents and biodeteriogens in the alteration of limestones used in coastal
historical fortifications.....365
*S. Columbu, F. Sitzia, G. Bacchetta, L. Podda, G. Calvia, V. Coroneo, A. Pirinu, J.A.P. Mirão,
P. S. M. Moita, A. T. Caldeira, T. I. S. Rosada*

Le torri della Repubblica di Genova nella provincia di Savona (Liguria, Riviera di Ponente):
caratteristiche costruttive e problematiche di conservazione.....373
F. Fratini, M. Mattone, S. Rescic

I materiali da costruzione della Fortezza di San Martino a San Piero a Sieve (Toscana, Italia).....	381
<i>F. Fratini, A. Arrighetti, E. Cantisani, E. Pecchioni</i>	
Analisi composizionale comparativa delle malte di allettamento delle Fortezze del Peruzzi e dei Medici prima e dopo la caduta dello Stato di Siena.....	389
<i>M. Giamello, A. Scala, S. Mugnaini, S. Columbu</i>	
La materia lapidea nelle architetture messinesi. Il caso studio: indagini archeometriche, simulazioni sul litoide e progetto sperimentale di consolidanti per il calcare a polipai nella Chiesa di Santa Maria della Scala nella Valle.....	393
<i>F. Gulletta</i>	
Il sistema difensivo della Greca durante la dominazione Spagnola.....	401
<i>F. Manti</i>	
Fortificazioni veneziane. Lo studio delle trasformazioni per il restauro della torre di Mestre come approccio conservativo.....	409
<i>A. Squassina</i>	

Indagini per la conoscenza e la tutela dell'architettura militare storica. Il fronte occidentale delle fortificazioni di Cagliari (Sardegna, Italia)

Andrea Pirinu^a, Roberto Balia^b, Luca Piroddi^c, Antonio Trogu^d, Marco Utzeri^e, Giulio Vignoli^f

^aDICAAR, Faculty of Engineering and Architecture, Cagliari, Italy, apirinu@unica.it, ^bDICAAR, Faculty of Engineering and Architecture, Cagliari, Italy, balia@unica.it, ^cDICAAR, Faculty of Engineering and Architecture, Cagliari, Italy, lpdroddi@unica.it, ^dDICAAR, Faculty of Engineering and Architecture, Cagliari, Italy, atrogu@unica.it, ^eDICAAR, Faculty of Engineering and Architecture, Cagliari, Italy, xyzmarcusxyz@hotmail.it, ^fDICAAR, Faculty of Engineering and Architecture, Cagliari, Italy, gvignoli@unica.it

Abstract

This contribution shows some results of a multidisciplinary survey, which includes the integration of architectural surveying methods and geophysical methods. The operative procedure is applied in the portion of the ancient walls between the bastion of Santa Croce and the fourteenth-century Elephant Tower, in the city of Cagliari, Italy. The sector under study consists of 1) the wall curtain of Santa Chiara designed in 1575 by the engineer Giorgio Paleari and 2) the de Cardona wall curtain, a work commissioned by the Viceroy in the 30s of the same century. The archival documents offer precise indications on the extent of the collapses and the reconstructions/expansions that took place in that period, so facilitating a recognition of the events that took place. The work of the sixteenth century -brought to completion by the same Giorgio Paleari in the years 1576-1578- advances the line of defense with respect to the border of medieval matrix by means of a robust embankment, and incorporates two of the fifteenth-century towers described in the drawings of the military technicians of the time. In the eighteenth century the front was completed by the construction of a lowered embankment near the southern side of the bastion of Santa Croce and the curtain of Santa Chiara, and more recently it has been improved by means of several restorations and consolidations that changed the profile of the parapet –in the origin it was inclined - and the static balance of the constructive system, also through the use of reinforced concrete piles. The application of the survey methods and techniques used in this study provides interesting information about the current structure of the bastion system and the presence of vaulted passages functional to the military work. A new study campaign mainly based on seismic geophysical techniques is proposed.

Keywords: military architecture, integrated survey, geophysical non-destructive survey, Cagliari

1. Introduzione

Il contributo presenta una ipotesi di progetto di studio che fa seguito ai risultati di una serie di indagini pluridisciplinari con l'integrazione di metodologie di rilevamento dell'architettura e metodi geofisici. La procedura operativa trova applicazione a Cagliari nel tratto di mura compreso tra il bastione cinquecentesco di Santa Croce e la trecentesca torre dell'Elefante e costituito dall'opera progettata nel 1575 dall'ingegnere ticinese Giorgio Paleari Fratino e

dalla cortina del De Cardona, quest'ultima realizzata in più fasi nel corso del XVI secolo. Nel 1541 il viceré de Cardona fece difatti costruire una cortina per rettificare l'andamento delle mura medievali e, nel 1569, il viceré de Aragall iniziò i lavori nello stesso terrapieno per installarvi una batteria e dotare la cortina di una scarpatura; i lavori furono interrotti per un contenzioso con tale don Salvatore Leo, proprietario della torre poi inglobata dalla cortina di Santa Chiara. Nel

1576-77 Giorgio Paleari portò la quota della piattaforma¹ del Terrapieno del de Cardona al livello della nuova Contrada di Santa Croce (Rassu, 2003).

I documenti d'archivio offrono precise indicazioni sui modelli progettuali adottati, sull'entità dei crolli, delle ricostruzioni e degli ampliamenti avvenuti nel settore in oggetto, facilitano la ricostruzione delle modificazioni intercorse e indirizzano l'approfondimento della conoscenza del suo assetto attuale. La cortina di Santa Chiara, portata a compimento dal Fratino negli anni 1576-1578, consiste in un robusto terrapieno che avanza la linea di difesa rispetto all'esistente margine di matrice medievale, inglobando due torrioni quattrocenteschi ben descritti nei disegni dei tecnici militari. La linea difensiva è completata nel corso del Settecento con la realizzazione della controguardia e di un bassofianco a ridosso del fianco sud del bastione di Santa Croce e della stessa cortina di Santa Chiara e, negli anni '80 del Novecento, subisce numerosi interventi di restauro e consolidamento con l'impiego di pali in cls che modificano il profilo del parapetto, in origine inclinato, e gli equilibri del sistema costruttivo. Le numerose stratificazioni presenti richiedono pertanto una analisi attenta della documentazione d'archivio e degli studi pregressi e una disamina della trattativa militare prodotta tra il Cinquecento ed il Settecento; tale percorso guida una applicazione di indagini non invasive –come i metodi geofisici- in alcune aree di interesse, anche sulla scorta di recenti applicazioni che hanno fornito interessanti risultati nell'area del bastione di Santa Croce (Balìa & Pirinu, 2018).

1.1. La documentazione d'archivio

Le vicende costruttive del segmento oggetto di studio sono ben descritte nei documenti presenti negli archivi storici² di Cagliari, Milano, Torino, Roma e Simancas (Spagna).

Disegni e relazioni degli ingegneri militari attivi in Sardegna a partire dalla prima metà del Cinquecento forniscono difatti le informazioni necessarie per una ricomposizione dei diversi momenti progettuali e guidano la formulazione di ipotesi e linee di studio. L'analisi degli elaborati

grafici predisposti dai tecnici e le relazioni che li accompagnano integrano e divengono funzionali all'approfondimento della conoscenza della "macchina da guerra" e del suo sistema costruttivo, ottimizzando la scelta e progettazione delle indagini geofisiche.

Due linee d'interesse guidano l'indagine che si propone. La prima è relativa all'individuazione di percorsi e ambienti voltati -funzionali all'opera militare- inglobati nell'attuale assetto urbano; la seconda è connessa alla verifica delle condizioni strutturali di una porzione della linea bastionata interessata alla fine del Cinquecento da diversi crolli e interventi di manutenzione documentati³. La conformazione della linea di difesa esistente nel fronte occidentale del Castello e le modificazioni previste nell'area di Santa Croce sono descritte nel progetto (Fig. 1) per le fortificazioni di Cagliari redatto nel 1552 da Rocco Capellino, ingegnere cremonese al servizio di Carlo V e presente nell'isola nel periodo 1552-1572.

Nel disegno compaiono la prima sagoma assunta dal bastione di Santa Croce⁴ e il segmento che completa la linea murata sino alla torre dell'Elefante laddove il tratto marcato indica i nuovi interventi e il tratto sottile le preesistenze: un uso del segno che suggerisce un intervento del Capellino nella cortina del de Cardona, forse un ampliamento o sopraelevazione di quanto già in essere.

In sequenza, da nord a sud, l'elaborato individua la torre inglobata nel bastione di Santa Croce, in diretta comunicazione con l'adiacente cannoniera, la fontana di Santa Croce ed il piccolo saliente dinanzi ad essa: forme e elementi che ritroviamo nel disegno che quasi vent'anni dopo esegue Giorgio Paleari (Fig. 2).

Difatti nel 1573 il tecnico ticinese riproduce lo stato dei luoghi con buona compatibilità rispetto al tecnico cremonese⁵, le indicazioni dettate dal fratello Jacopo in occasione dell'ispezione del 1563 e una sua personale idea di ampliamento della cinta fortificata.

A questa rappresentazione fanno seguito nel 1575 il progetto per la cortina di Santa Chiara e nel 1578 la veduta in prospettiva soldatesca estesa all'intera piazzaforte. Entrambi i disegni forniscono utili

informazioni sul segmento oggetto di studio. Il disegno del 1575 ha ad oggetto la realizzazione di un poderoso terrapieno posto in opera dallo stesso tecnico ticinese.

L'opera è costituita formalmente da una soluzione "ripiegata"⁶ che si innesta –in prosecuzione del bastione di Santa Croce– alla preesistente cortina del de Cardona.

Il progetto, custodito presso l'Archivio General de Simancas⁷ (Valladolid, Spagna), descrive la nuova soluzione in avanzamento rispetto alla linea medievale (Fig. 3), contrassegnata con tratto marcato, e la linea tre-quattrocentesca di matrice pisano-aragonese –sulla quale appaiono addossate le case "che si a da ruinare"⁸– che evidenzia la presenza di una torre circolare. Adiacente alla torre è indicata una postazione per artiglieria⁹ che, collocata alla quota della piazza della nuova opera, compare anche nel disegno che Giorgio Paleari realizza nel 1578 a "fine lavori"; la sua rappresentazione è peraltro differente da quella impiegata per indicare la cannoniera

–questa in casamatta– presente nel punto d'incontro tra la faccia sud del bastione di Santa Croce e la cortina di Santa Chiara.

Le due soluzioni hanno in comune alcune condizioni progettuali: entrambe sono pensate nel punto di ripiegamento della nuova linea di difesa ed entrambe sono posizionate all'altezza delle preesistenti torri medievali. Nell'elaborato –con scala metrica in canne da 12 palmi romani¹⁰– appare chiaramente individuata la fontana di Santa Croce –oggi inglobata all'interno del palazzo che fronteggia la chiesa di Santa Croce– e l'andamento delle mura medievali che presentano un avanzamento in corrispondenza della fontana.

Il successivo disegno del 1578, privo di scala metrica, oltre all'indicazione dell'avvenuta realizzazione della cortina di Santa Chiara offre alcune informazioni relative alle condizioni statiche delle opere realizzate sotto la supervisione del Paleari.

L'elaborato mostra in particolare la presenza di un evidente crollo¹¹ della cortina all'altezza della piazza di Santa Croce e l'esistenza di due

cannoniere, queste ultime collocate una alla quota della piazza del baluardo ed una "in casamatta", come confermato dal disegno provvisto di scala metrica in trabucchi¹² realizzato a fine Settecento dal Viana¹³.

Il disegno del Viana mostra difatti, oltre alla ristrutturazione delle cortine edilizie presenti nel tratto indagato, un interessante profilo della cortina di Santa Chiara e l'accesso alla casamatta indicata con la lettera H.

Nel corso del Settecento la linea di difesa viene integrata con ulteriori opere addizionali. Contestualmente alla realizzazione della caserma progettata del De Vincenti nel 1723, nell'area di pertinenza del baluardo di Santa Croce viene difatti aggiunto un bassofianco alla base della cortina di Santa Chiara. Edificata a ridosso della stessa cortina, la nuova opera bastionata giunge ad "inglobare" la posizione del crollo cinquecentesco; il bassofianco in tal caso assolverebbe due funzioni, una legata alle logiche militari (di protezione) e una statica (di sostegno) del terrapieno.

Nel corso dell'Ottocento si avrà la dismissione della piazzaforte militare e la trasformazione della piazza del baluardo in terrazza panoramica.

Tutte le informazioni dedotte dall'analisi dei documenti possono essere riversate all'interno della base cartografica per indirizzare l'indagine geofisica (Fig. 5).

2. Il bastione cinquecentesco: modelli e prassi costruttiva in età moderna

I modelli e la tecnica costruttiva dei bastioni cinquecenteschi sono ben noti agli studiosi di architettura militare e descritti nei trattati specialistici. Le forme da manuale adattate ai luoghi compongono un repertorio che evidenzia le capacità dei progettisti spesso impegnati in adeguamenti delle cinte murarie esistenti. Tale condizione determina la possibilità concreta di ritrovare inglobate all'interno dell'opera moderna le tracce delle preesistenze medievali. La struttura delle opere è normalmente composta da setti paralleli collegati da archi e chiusa esternamente da una camicia in muratura che sostiene un terrapieno di terra e fascine.

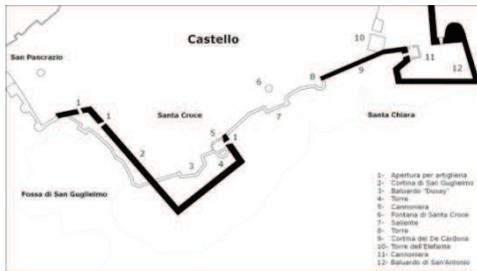


Fig. 1- Progetto di Rocco Capellino per le fortificazioni occidentali del quartiere Castello (rielaborazione grafica a cura di A. Pirinu)

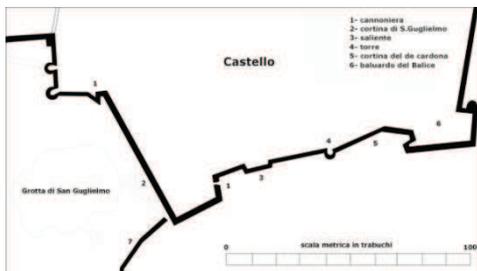


Fig. 2- Disegno di Giorgio Paleari (rielaborazione grafica a cura di A. Pirinu)

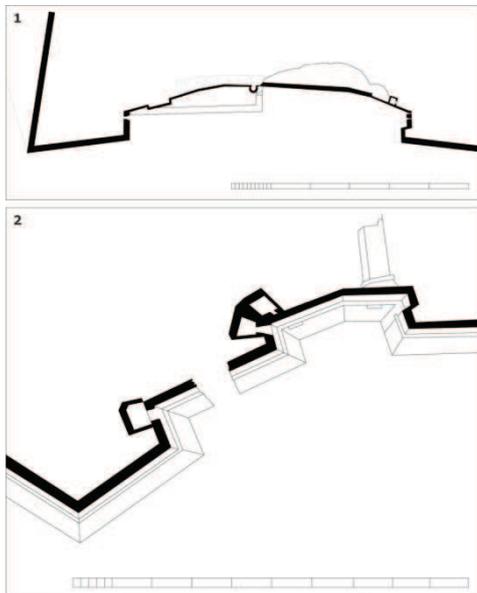


Fig. 3- Progetto per la cortina di Santa Chiara (1) e rappresentazione del settore in crollo (2) nel disegno di Giorgio Paleari (rielaborazione grafica a cura di A. Pirinu)

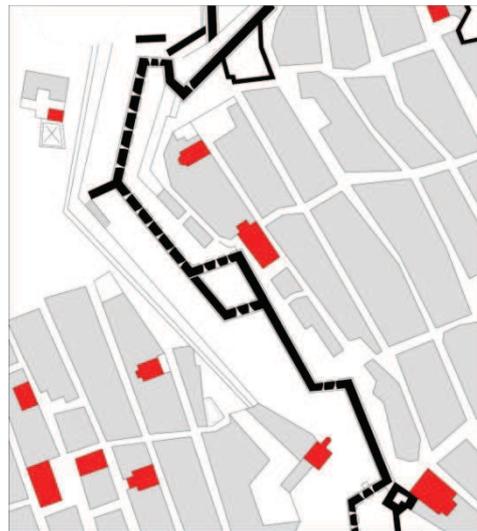


Fig. 4- Rielaborazione della carta settecentesca (elaborazione grafica a cura di A. Pirinu)

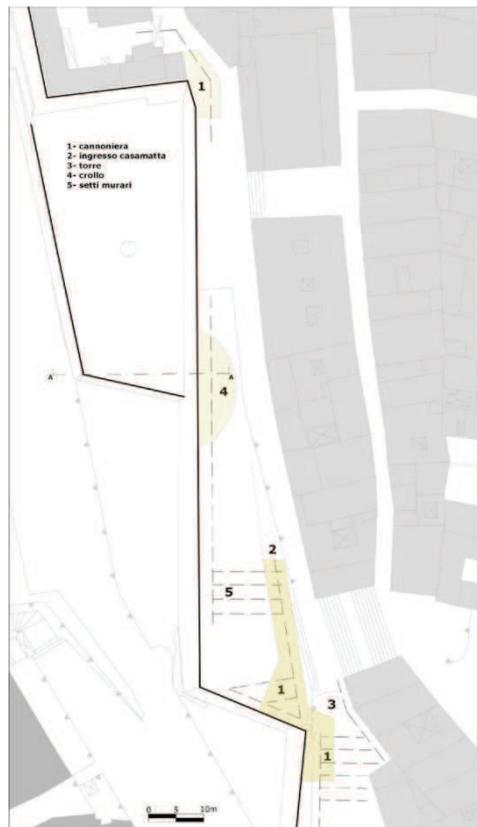


Fig. 5- Aree d'interesse per l'indagine geofisica

L'analisi delle opere dei fratelli Paleari nelle piazzeforti spagnole (Pirinu, 2013a) ha confermato un rigoroso utilizzo del trattato *Della fortificatione delle città* del Maggi e del Castriotto, e i documenti d'archivio relativi al settore in esame riferiscono della presenza di volte di collegamento tra i setti¹⁴.

Le recenti indagini di rilievo integrato nell'area del bastione di Santa Croce hanno a loro volta mostrato le soluzioni adottate dai progettisti intervenuti, confermato le ricostruzioni documentate e creato i presupposti per la formulazione di alcune ipotesi come la presenza di gallerie di contromina o porte di soccorso oggi interrotte.

Sulla scorta di questi importanti riferimenti è possibile sviluppare il nostro progetto di ricerca e orientare l'indagine sulle caratteristiche costruttive e funzionali dell'area in esame.

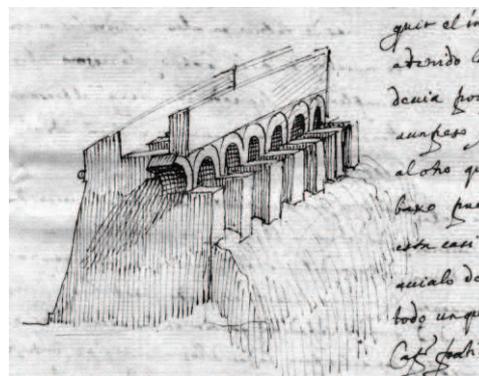


Fig. 6- Disegno dello Spannocchi che rappresenta le strutture della cittadella di Pamplona realizzate da Jacopo Paleari, come si legge nel testo a margine dell'immagine (AGS, SGU/-03352-32. Disegno pubblicato in Pirinu, 2013a)



Fig. 7- La Cortina di Santa Chiara (www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree)

3. Interventi mediante tecniche geofisiche, risultati attuali e sviluppi futuri

A partire dai presupposti di carattere storico, architettonico e archeologico, il progetto di ricerca che si intende sviluppare prevede l'impiego di tecniche geofisiche che, partendo dagli ottimi risultati già ottenuti, si mostrano particolarmente efficaci. A tale proposito si

richiamano gli esiti di una campagna di misure geofisiche con le tecniche della tomografia sismica a rifrazione e della tomografia sismica up-hole che, oltre le informazioni di carattere prettamente geotecnico e strutturale (in funzione delle quali erano state progettate ed eseguite), hanno fornito elementi che, interpretati in termini archeologici, consentono una affascinante conferma e integrazione delle notizie

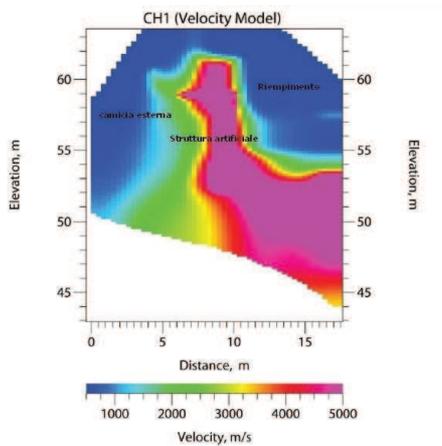


Fig. 8- Tomografia sismica eseguita lungo la faccia ovest del bastione di Santa Croce a Cagliari

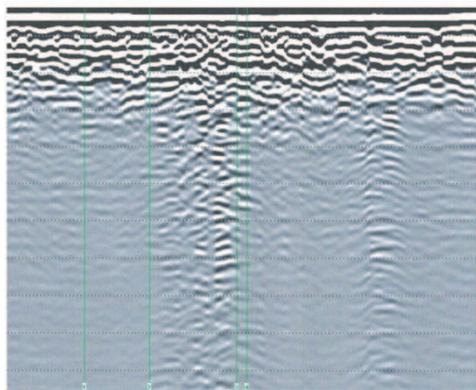


Fig. 9- Radargramma esito delle indagini lungo il perimetro esterno del bastione di Santa Croce. Si osserva con chiarezza la posizione di due setti murari facenti parte del bastione cinquecentesco e posizionati al di sotto dell'attuale pavimento delle abitazioni

storiche riguardanti la struttura e le vicissitudini del bastione di Santa Croce (Balìa & Pirinu, 2018). A titolo d'esempio, nella Figura 8 si mostra una delle tomografie *up-hole* con la sua interpretazione archeologico-strutturale.

Mentre, da un lato, le tecniche sismiche hanno risposto con successo, non altrettanto è stato per i tentativi d'applicazione della tecnica del georadar, ampiamente utilizzata in archeologia, che solo in condizioni ideali dell'ambiente

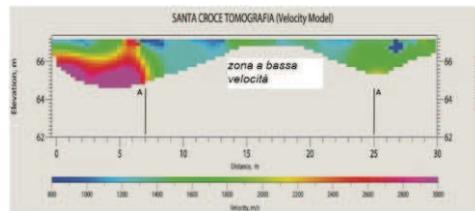


Fig. 10- Tomografia a riflessione che evidenzia una bassa velocità in corrispondenza del tratto A-A interessato dai crolli cinquecenteschi

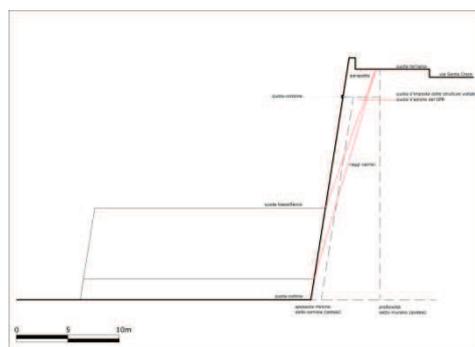


Fig. 11- Sezione trasversale individuata in figura 5 (elaborazione grafica a cura di A. Pirinu). Le due linee rosse rappresentano le tracce di due tomografie sismiche per onde dirette che si intende realizzare

indagato hanno risposto con successo, come mostrato nella Figura 9 (Pirinu & Balìa) nella quale risultano evidenziati alcuni dei setti che sono parte della struttura dell'opera militare. Profili georadar acquisiti sull'attuale terrazza sopra le mura hanno infatti fornito esiti incerti, a causa dell'evidente mancanza di riflettori schietti.

A ciò si aggiungono i limiti di questa tecnica, poco adatta per lo studio di condizioni relativamente caotiche, e con limitata profondità d'indagine, non superiore ad alcuni metri negli ambienti di cui si tratta. Per questi motivi, il futuro progetto sarà essenzialmente basato sulle tecniche sismiche. A questo proposito, una prima sperimentazione con una tomografia a rifrazione (stendimento sismico situato sulla terrazza sopra le mura, punti di energizzazione a intervallo di 2,00 m; ricevitori a intervallo di 1,00 m) ha fornito il risultato mostrato nelle Figura 10, nella quale sono anche tracciati i limiti della zona in

crollo documentata nei disegni d'archivio. Tuttavia, anche vista la massima profondità d'indagine conseguita nella tomografia di cui sopra, il prossimo passo consisterà nella realizzazione di una tomografia sismica per onde dirette con energizzazioni al piede delle mura e ricezione degli arrivi delle onde elastiche sulla superficie della terrazza sopra le mura, secondo lo schema indicato nella Figura 11.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano i tecnici del Dipartimento Sig.ri Luigi Noli e Sig. Mario Sitzia per il loro essenziale supporto nella organizzazione ed esecuzione dell'acquisizione dei dati geofisici.

Notes

- (1) Quest'ultimo dettaglio è interessante perché giustifica la forte somiglianza tra il parapetto della cortina del De Cardona ancora esistente e il parapetto del baluardo Dusay (oggi parte del complesso della Cittadella dei musei) interessato nel periodo 1573-1578 da un intervento dei Paleari.
- (2) Archivio di Stato di Cagliari (ASCA), Civica Raccolta delle Stampe Achille Bertarelli (CRSAB), Archivio di Stato di Torino (ASTO), Biblioteca Apostolica Vaticana (BAV), Archivo General de Simancas (AGS).
- (3) Crollo della cortina di Santa Chiara nel 1577, crollo della stessa nel 1598 assieme alla Cortina del de Cardona. Nel 1692 si registra un intervento alle due cortine per interessamento del viceré Conte di Altamira.
- (4) Più tardi ampliato dai fratelli Paleari con l'aggiunta di una faccia ed un fianco ritirato.
- (5) Recenti studi hanno evidenziato come il Fratino utilizzi il disegno del Capellino quale

base cartografica per le sue rappresentazioni (Pirinu, 2013b).

(6) Ampliamente utilizzata a partire dagli inizi del Cinquecento e proposta nel trattato di Maggi & Castriotto.

(7) Plano de la fortificación con la indicación de las partes reformables y el burgo de Stampace (AGS, MPD, 19,95)

(8) Come indica il disegno firmato 'Georgio palearo fratino'.

(9) La cui realizzazione è indicata da Jacopo Paleari: 'Dall'altro fianco del detto baloarde di Santo Guglielmo se li hà de fare là sua Casamatta' (Viganò, 2004: p.177).

(10) Unità di misura utilizzata dai Paleari e presente nel trattato Della fortificatione della città.

(11) 'Alla Cortina di Santa Clara si ha da reedificare il pezzo ruinato che vi vede Sig.to n.º6 il qual e, longo con 13 alt 6' (Viganò 2004: p.193). Si tratta di m 34,85 di sviluppo per 16,08 di altezza secondo la relazione e m 26,57 leggendo la misura direttamente dal disegno.

(12) Per quanto attiene alle lunghezze, è necessario distinguere tra unità di misura piemontesi e sarde, entrambe adottate nei cantieri della regione. La grandezza fondamentale è il trabucco o canna, pari a 3,083 metri in Piemonte e a 3,128 metri in Sardegna (Schirru, 2017).

(13) Tavola pubblicata in Cadinu, Pirinu & Schirru, 2013.

(14) Jacopo Paleari indica nel 1575 'Che ala cortina di Santa Clara si tenghi de ordinario 20 maestri che murano o più secondo la provisione delle materie e alzarla quanto prima e quale al fatto avvertendo di non lassiare fare niun contraforte sopra archi'. (Scano, 1934: p.172).

References

- Balia, R. & Pirinu, A. (2018) Geophysical surveying of the ancient walls of the town of Cagliari, Italy, by means of refraction and up-hole seismic tomography techniques. *Archaeological Prospection*. [Online] 25, 147-153. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/arp.159626> [Accessed 30th March 2018].
- Cadinu, M., Pirinu, A. & Schirru, M. (2013) Letture catastali, rilievi e documenti di architettura per la lettura dell'area di Santa Croce del Castello di Cagliari. In: Cadinu, M. (ed.) *I catasti e la storia dei luoghi. Cadastres and history of places. Storia dell'Urbanistica. Annuario nazionale di storia della città e del territorio*, XXXI, Serie Terza, 4, 2012. Roma, Kappa, 523-533.

- Orlando, L., Cardarelli, E., Cercato, M. & De Donno, G. (2015) Characterization of a pre Trajan wall by integrated geophysical methods. *Archaeological Prospection*. [On line] 22/3, 221-232. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/arp.1509> [Accessed 30th March 2018].
- Ovenden, S.M. (1994) Application of seismic refraction to archaeological prospecting. *Archaeological Prospection*. [On line] 1/1), 53–63. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1099-0763%28199411%291%3A1%3C53%3A%3AAID-ARP6140010106%3E3.0.CO%3B2-X> [Accessed 30th March 2018].
- Pirinu, A. (2013a) *Il disegno dei baluardi cinquecenteschi nell'opera dei fratelli Paleari Fratino. Le piazzeforti della Sardegna*. Firenze, All'insegna del Giglio.
- Pirinu, A. (2013b) La piazzaforte di Cagliari nel Cinquecento. Il disegno della tenaglia di San Pancrazio. Comparazioni stilistiche/costruttive. *Theologica&Historica. Annali della Facoltà Teologica della Sardegna*, XXII, 395-415.
- Rassu, M. (2003) *Baluardi di pietra*. Cagliari, AIPSA Edizioni.
- Schirru, M. (2017) *Le residenze signorili nella Sardegna moderna*. Sassari, Carlo Delfino Editore.
- Scano, D. (1934) *Forma Karalis*. Ristampa anastatica (1989). Cagliari, Gianni Trois Editore.
- Viganò, M. (2004) *El fratini mi yngeniero, I Paleari Fratino da Morcote ingegneri militari ticinesi in Spagna (XVI-XVII secolo)*. Bellinzona, Istituto Grafico Casagrande SA.