

“Prima daremo le regole universali, indi le misure particolari”. Geometria, balistica e costruzione per il progetto delle fortezze nel Trattato di Fortificatione di Guarini

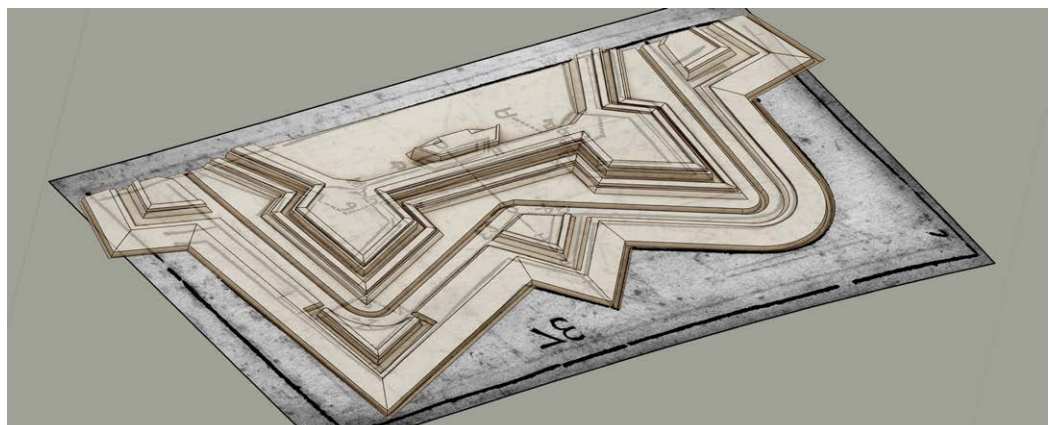
Roberta Spallone
 Marco Vitali

Abstract

Il Libro III del Trattato di Fortificatione di Guarini affronta il tema delle seconde delineazioni delle fortezze grazie alle quali le prime delineazioni, attraverso l'attribuzione delle misure di spessori e altezze, sono oggetto del passaggio dallo schema geometrico alla conformazione costruttiva che inverte la concezione progettuale. La ricerca intreccia i contenuti testuali e i dati metrici con l'analisi grafica di due tavole che rappresentano la pianta e i profili di una fortezza al fine di verificarne la coerenza dimensionale e proiettiva, di ricostruire la tridimensionalità degli elementi e di impostare la base conoscitiva per la realizzazione di modelli parametrici. Tali modelli potranno entrare a far parte di una collezione di modelli informativi che caratterizzeranno uno dei principali esiti del progetto di ricerca complessivo, finalizzato alla salvaguardia e conservazione del patrimonio architettonico militare.

Parole chiave

analisi grafica, ricostruzione, modellazione, trattatistica militare, Guarini



Sovrapposizione del
 modello tridimensionale
 ricostruttivo della
 fortezza all'icnografia di
 Guarini. G. Guarini, tavola
 7, 1674. Modellazione:
 M. Vitali.

Introduzione

La ricerca presentata nasce nell'ambito del progetto biennale PRIN 2022 "INFORTREAT, Reconstructing the Early Modern bastioned front. INFORMATION models for the fruition of constructive knowledge in FORTified architecture TREATises (16th-18th Century)". Obiettivo generale del progetto è rendere accessibile il sapere costruttivo relativo all'architettura militare, descritto dalla trattatistica di età moderna, attraverso modelli informativi digitali tridimensionali, consultabili e interrogabili da studiosi, operatori e collettività.

Nel presente contributo l'indagine verte, in particolare, sul Libro III "Delle delineazioni seconde delle fortezze, e dell'ortografia loro" nel Trattato di Fortificatione (1676) di Guarino Guarini. In questa parte del volume l'autore stabilisce una serie di misure (massime, medie e minime) per il dimensionamento dei principali elementi delle fortezze, affiancata da alcune costruzioni geometriche che ne sostengono le qualità difensive, e ne rappresenta in pianta e in sezione le consistenze (figg. 1, 2).

La ricerca intreccia i contenuti testuali con l'analisi grafica delle tavole al fine di verificarne la coerenza dimensionale e proiettiva, di ricostruire la tridimensionalità degli elementi e di impostare la base conoscitiva per la realizzazione di modelli parametrici, utilizzabili nell'ambito del progetto di ricerca complessivo.

Le "delineazioni seconde delle fortezze" nel Trattato di Fortificatione

Il Trattato di Fortificatione, volumetto di 128 pagine e 12 tavole di dimensioni 10,2x18,1 cm, scritto nel periodo di permanenza dell'autore a Torino, è una delle opere teoriche di Guarini meno studiate. Dedicato a Ludovico Giulio, Principe di Carignano, di cui il teatino era precettore, nella parte iniziale il testo offre, secondo un modello già applicato nel Modo di misurare le fabbriche (1674), i principi di base di geometria e aritmetica utili per i successivi sviluppi sull'architettura militare. Nella valutazione della effettiva validità pratica dell'opera, il fatto che essa sia stata scritta con finalità didattica da un religioso non deve mettere in ombra l'aggiornamento dimostrato dall'autore rispetto ai trattatisti militari contemporanei (Pagan, Fritach, Dögen, fra gli altri), l'attenzione nei riferimenti a fortificazioni realizzate, come le cittadelle di Torino e di Modena [Fara 2012], l'impegno nella progettazione di opere accessorie, come la Porta di Po a Torino, e l'ipotizzata autorialità di un disegno anonimo intitolato "Cittadella di Torino con il parere novo", custodito presso la Bibliothèque Nationale de France, che presenta il progetto di alcune opere esterne [Fara 2001].

James McQuillan (2014), inoltre, evidenzia la contemporanea presenza di Guarini e Vauban a Parigi e ipotizza un coinvolgimento del teatino come consulente rispetto all'architettura militare torinese. Amelio Fara (2001) ne sottolinea il ruolo nel dibattito sull'importanza del secondo fianco (ossia la presenza di un tratto della cortina adiacente al fianco del bastione destinato all'appostamento dell'artiglieria), di cui Guarini era sostenitore, in contrapposizione con la scuola francese, guidata da Vauban stesso. Gianni Carlo Sciolla (1970) analizza le differenti modalità di costruzione del sistema bastionato nel trattato e ne offre alcune ricostruzioni grafiche, compresa una sezione qualitativa che delinea la posizione degli elementi. Precedenti studi del gruppo di lavoro hanno ricostruito, analizzando il trattato, la genesi geometrica della fortezza regolare [Spallone 2015, 2017], uno degli esempi della prima delineaazione delle fortezze, secondo la definizione di Guarini. Tale tracciamento è caratterizzato da una sequenza di costruzioni geometriche concatenate, già individuate dagli studiosi come insite nel metodo progettuale guariniano [Millon 1970, Portoghesi 1970], a costituire gli elementi principali della fortezza. Nell'applicazione di questo metodo, che intreccia geometria, architettura e balistica, alla fine del discorso intervengono misure che legittimano la resistenza del sistema al tiro del moschetto e confermano la validità della costruzione geometrica.

Le "delineazioni seconde delle fortezze" intervengono nel prosieguo del testo (Libro III) e definiscono, attraverso misure, la consistenza fisica degli elementi della cortina, distinti in seconde delineaazioni interiori ed esteriori, delimitate dall'esagono regolare che rappresenta la prima delineaazione, e in seconde delineaazioni delle opere esterne a protezione della cortina e dei baluardi, separate dal fossato. Le seconde delineaazioni sanciscono, dunque, il

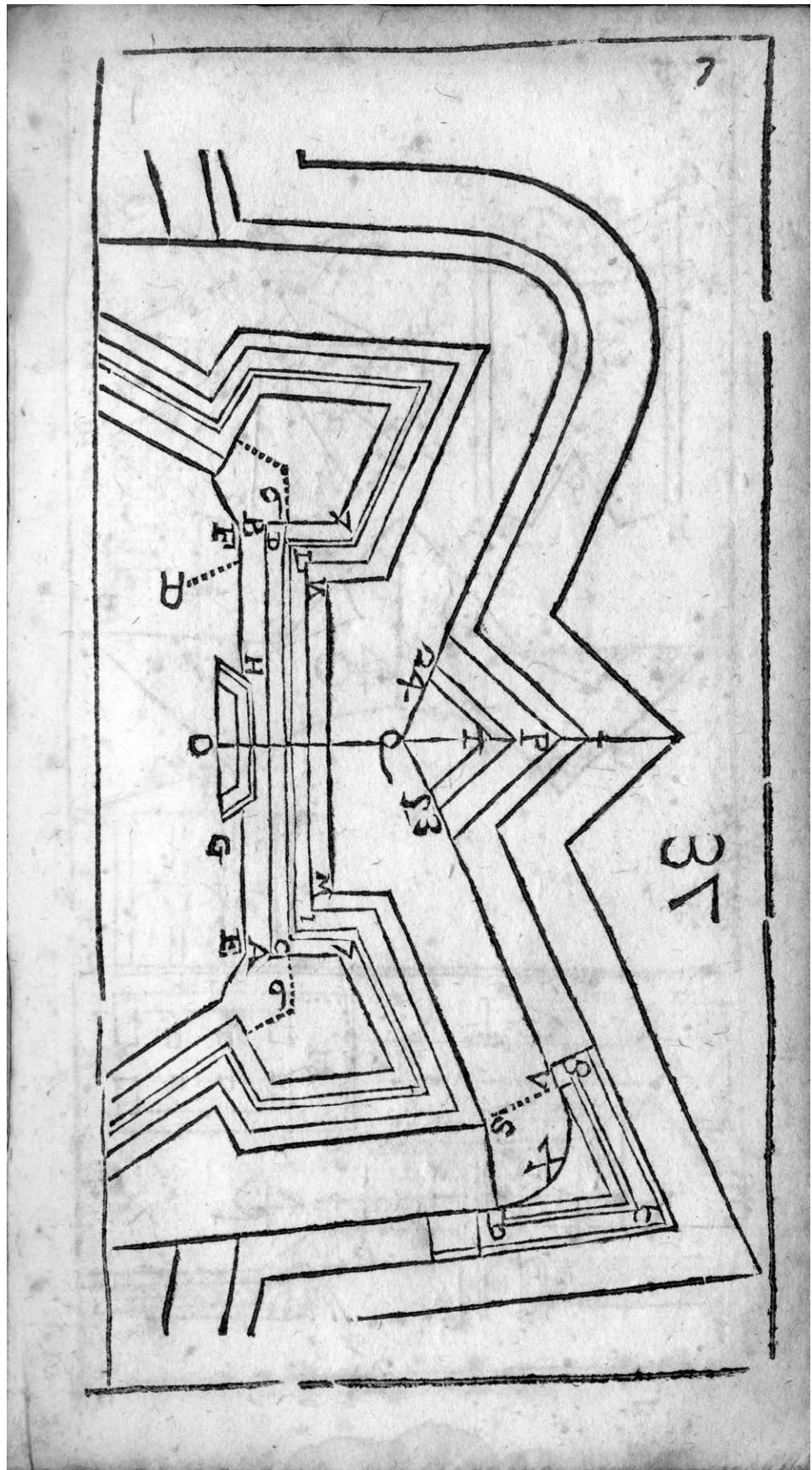


Fig. 1. Delineazioni seconde delle fortezze. G. Guarini, 1674, tavola 7, Trattato di Fortificatione.

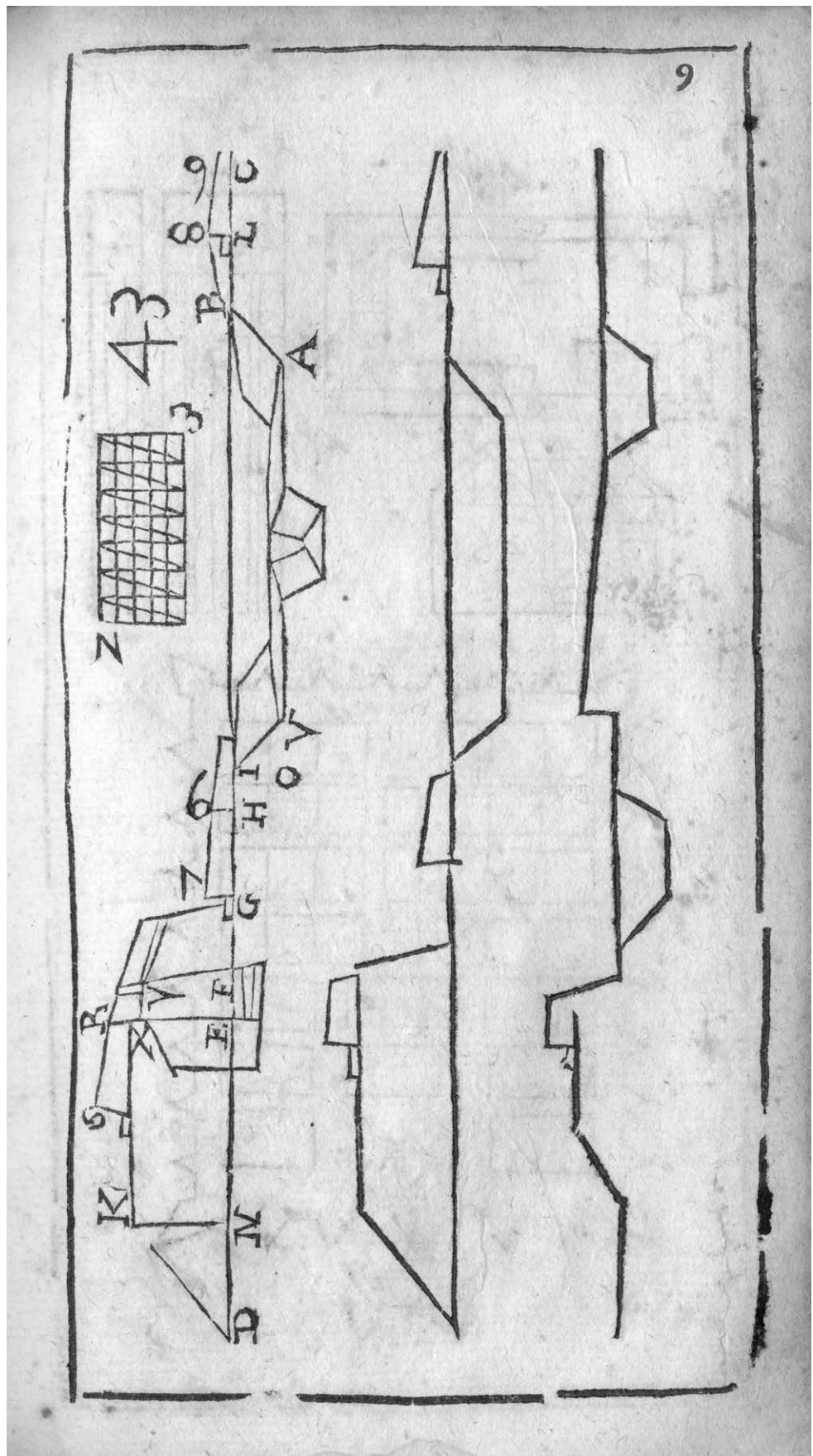


Fig. 2. Ortografia delle Fortezze. G. Guarini, 1674. Tavola 9, Trattato di Fortificatione. Dall'alto: il profilo delle opere parallele alla prima delineazione, il profilo all'olandese privo di muro, il profilo delle opere esteriori.

	elemento	icnografia /ortografia(disegnate)	larghezza			altezza		
			max	med	min	max	med	min
Seconde delineazioni interiori	Muro CD	Scarpa del muro*	3	2	1			
		Muro CD*	9	8	7	18	16	14
	Parapetto AB	Parapetto nel piano AB	24	22	18			
		In cima però sarà	21	18	15			
		La sua scarpa interiore	1	1	1			
		L'esteriore	2	2	2			
		Parapetto interiore altezza				6	6	6
	Scabello	Parapetto esteriore altezza				4	4	4
		Scabello	3	2	2	**2		
	Terrapieno EF	Terrapieno tutto EF	84	72	60			
		Sua scarpa interiore	18	16	14			
Cavaliere GH	Terrapieno alla cima EF	66	56	46	18-22***	16-20***	14-18***	
	Cavaliere GH dietro	300						
	Cavaliere GH davanti	200						
Seconde delineazioni esteriori che seguono la forma delle prime linee	Falsa braga IL	Via della falsa braga IL	21	17	15			
	Parapetto falsa braga MN	Parapetto della falsa braga al piede MN	24	18	14	8	6	4
		Nella cima	21	15	11			
	Il margine del fosso	Il margine del fosso	6	6	6			
	Fossa	L'ampiezza della fossa	132	108	84	12	10	11
		Ma nel fondo	108	84	64			
		Scarpa della fossa	12	11	10			
		Fossetto nel mezzo	24	20	16			
	Via coperta	Via coperta	21	17	15			
	Trinciera esteriore	Ampiezza della trinciera esteriore	79	70	69			
Scabello	Scabello	3	3	2	**2			
Seconde delineazioni esteriori che non seguono la forma delle prime linee	Rivellino 1° metodo geometrico Mezza luna metodo geometrico	Terrapieno inferiore	40	36	30			
		Scarpa esteriore	3	2	2			
		Scarpa interiore	6	5	4			
		Terrapieno superiore	34	30	26			
		Parapetto al piede	20	18	15			
		Scarpa esteriore	2	2	2			
		Scarpa interiore	1	1	1			
		Parapetto alla cima	17	15	13			
		Scabello	3	2	2			
		Via del terrapieno	20	17	15			
		Fossa	40	35	30			
		Scarpa delle rive	10	8	6			
		Via coperta	28	15	15			
Spalto o trinciera	20	15	15					

* in ortografia il disegno riporta insieme muro e scarpa; **altezza ipotizzata; ***altezze senza e con muro

Fig. 3. Tavola sinottica delle dimensioni delle consistenze e loro presenza nel disegno nell'icnografia (in blu) o nell'ortografia (in rosso) di Guarini. La nomenclatura degli elementi è desunta dal Trattato di Fortificazione. (Elaborazione: R. Spallone).

passaggio dallo schema geometrico alla conformazione costruttiva che inverte la concezione progettuale fornendo anche alcune specificazioni sulle tecniche edificatorie e sui materiali da impiegare.

La descrizione testuale degli elementi da parte di Guarini, comprensiva di alcune varianti, è integrata da quattro tabelle che individuano, per ogni elemento della fortezza, le misure in spessore massime, medie e minime, relative all'icnografia dei manufatti paralleli internamente ed esternamente all'esagono di base (ossia alla prima delineazione) e non paralleli ad esso, nonché alla loro ortografia. L'elaborazione di una tabella sinottica, che riporta tutti gli elementi presenti nelle quattro tabelle del trattatista e ne mette in relazione le misure planimetriche con quelle altimetriche, ha consentito di verificare quali dimensioni corrispondano a tracciamenti nell'icnografia e quali nell'ortografia (fig. 3).

Il metodo guariniano secondo cui "saper perfettamente disegnare le piante, ed effettuare i documenti della icnografia, dipende dall'ortografia, e questa dall'altra", esposto nell'Architettura civile (1737), e ritenuto, nei suoi fondamenti teorici, precursore della geometria descrittiva [Bianchini 2008], è applicato nella sequenza del testo e nella costruzione delle due proiezioni, come verrà dimostrato, attraverso la ricerca delle corrispondenze proiettive, nei paragrafi successivi di questo contributo.

L'analisi grafica e il ri-disegno interpretativo dei tracciati presenti nelle tavole 7, fig. 37 e 9, fig. 43 del trattato sono stati realizzati nell'unità di misura indicata da Guarini, il piede geometrico. A pagina 44 del testo egli afferma che il piede geometrico coincide con il piede del Re utilizzato in Francia e che esso corrisponde a sette onces di piede liprando, ossia a circa 0,299697 m.

Il disegno dell'icnografia

Per riportare in scala al vero la tavola 7 e verificare la coerenza del testo con il disegno del maestro sono state considerate le misure del "cavaliere", posto al centro della cortina, l'unico elemento di cui l'autore non propone possibili variazioni dimensionali. Questo ha consentito di verificare che, con minime approssimazioni, considerando che la scala di riduzione dell'incisione originale è di circa 1:2120, gli altri spessori in pianta corrispondono ai valori massimi ipotizzati dal teatino nelle tabelle. La ricostruzione della prima delineazione (fig. 4) viene impostata su un esagono regolare con baluardi ai vertici, accennato a linea puntinata nella tavola, il cui lato corrisponde allo spigolo esterno (CD) del muro di contenimento del terrapieno. Ciò consente di distinguere fra le "delineazioni interiori" ed "esteriori", entrambe parallele alla prima. Con la sistematicità tipica dell'opera teoretica guariniana, la sequenza degli elementi parte dalla loro posizione rispetto all'esagono regolare, individuando prima quelli che dal perimetro vanno verso l'interno (muro CD, parapetto AB, terrapieno EF) e poi quelli verso l'esterno (via della falsa braga IL, parapetto MN, fossa, via coperta, trinceria esteriore). Fra le opere non parallele alle prime delineazioni, l'autore rappresenta nella tavola il rivellino e la mezzaluna. Il primo è un elemento poligonale a protezione della cortina, la seconda difende il baluardo. Ambedue, vengono tracciate attraverso costruzioni geometriche che consentono di allinearle agli elementi precedentemente definiti e in seguito dotate di quegli spessori che ne definiscono la consistenza materica. I passaggi della ricostruzione complessiva in pianta accompagnano il disegno interpretativo (fig. 5).

Le tre tabelle di Guarini relative alle dimensioni in pianta che corredano le delineazioni sopra descritte risultano pienamente comprensibili solo attraverso la correlazione con la proiezione ortografica, attraverso la quale vengono definite le scarpe di ogni manufatto e viene definitivamente chiarita la reciproca disposizione dei manufatti, come si vedrà oltre. Infatti, nella pianta ogni elemento è individuato da due sole linee mentre le altre dimensioni presenti nelle tabelle a definirne la conformazione tridimensionale risultano leggibili solo in sezione.

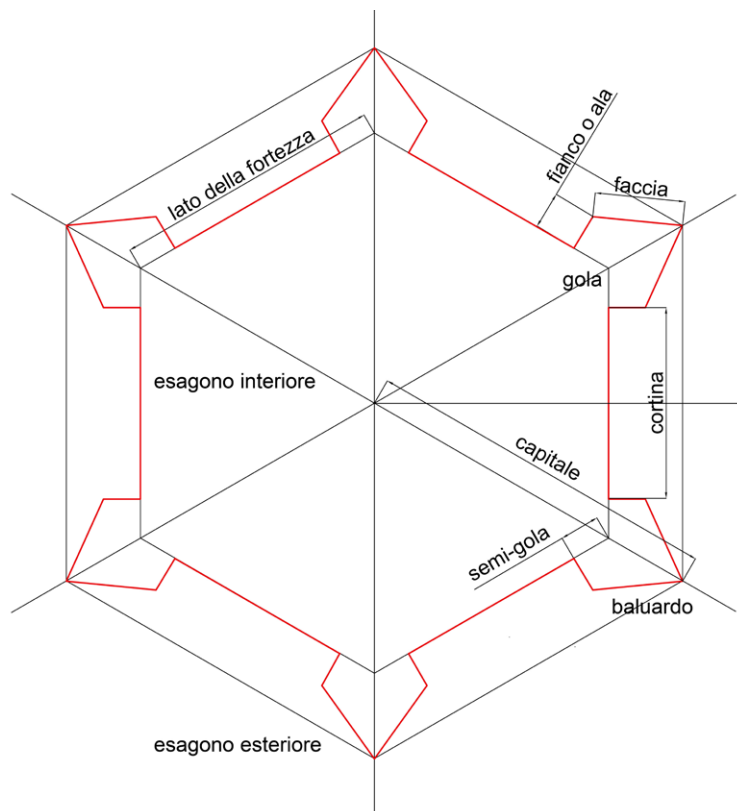


Fig. 4. Prime delineazioni della fortezza con la nomenclatura di riferimento. (Disegno: R. Spallone).

Il disegno dell'ortografia

Il capitolo 4 del Libro III, dedicato alla costruzione dell'ortografia, permette di mettere in relazione gli spessori forniti dalle tabelle riferite all'icnografia con le altezze degli elementi della fortificazione.

La tavola 9 presenta, dall'alto, tre profili: il primo, corredato da lettere, illustra il metodo di costruzione dell'ortografia della fortezza descritto dal testo, il secondo costituisce una soluzione alternativa, definita da Guarini "all'Olandese", il terzo è riferito alle "opere esteriori".

Il primo disegno è una sezione prospettica con piano di orizzonte coincidente con il piano di campagna e il punto principale in asse al fossetto. In relazione al muro della fortezza, il disegno riporta anche le fondazioni e gli spessi speroni di irrigidimento, descritti nel testo ma non rappresentati nell'icnografia.

Il metodo di costruzione dell'ortografia, che Guarini espone con chiarezza, prevede il tracciamento di una linea orizzontale, che corrisponde al "piano della campagna", sulla quale si riportano dall'icnografia gli spessori di ciascun elemento con le relative variazioni al livello inferiore e "alla cima". Le altezze, definite nell'ultima tabella, verranno riportate in corrispondenza di ciascuna ripartizione orizzontale, sulla base di una scala "con le parti un puoco più grandi, che quelle della icnografia [...] della quale ogni parte dica 5 piedi" [Guarini, vol. 3, cap. 4, p. 80].

Le altezze risulteranno, di conseguenza, enfatizzate, come è facile verificare da un confronto dimensionale tra le ascisse e le ordinate del profilo. Per la comprensione completa del procedimento e per la sua verifica, risulta fondamentale la scala composta, tracciata dal maestro

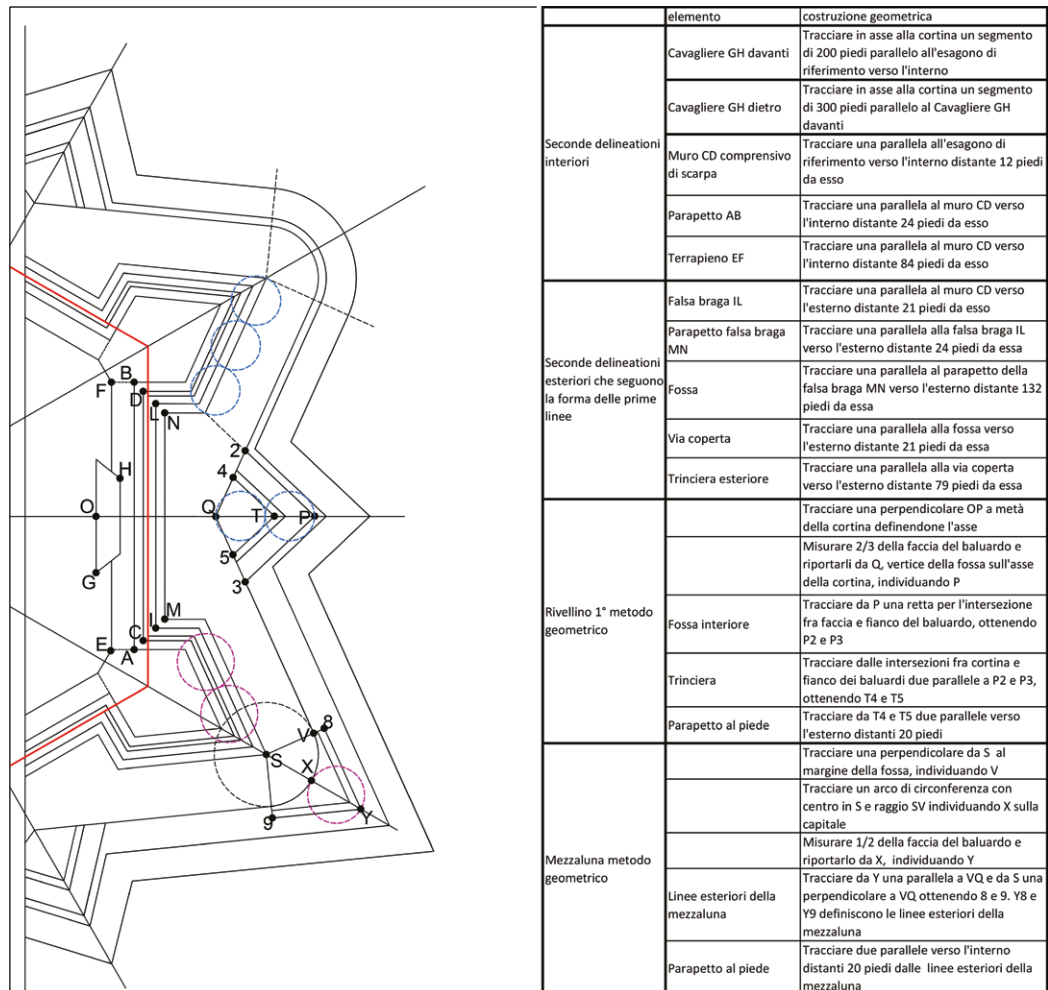


Fig. 5. Seconde delineazioni della fortezza: analisi grafica, ricostruzione dei tracciamenti e passi della costruzione geometrica dell'icnografia. In rosso l'esagono di riferimento. In azzurro e in viola, rispettivamente, il proporzionamento del rivellino e della mezzaluna in relazione alla faccia del baluardo. (Disegno ed elaborazione: R. Spallone).

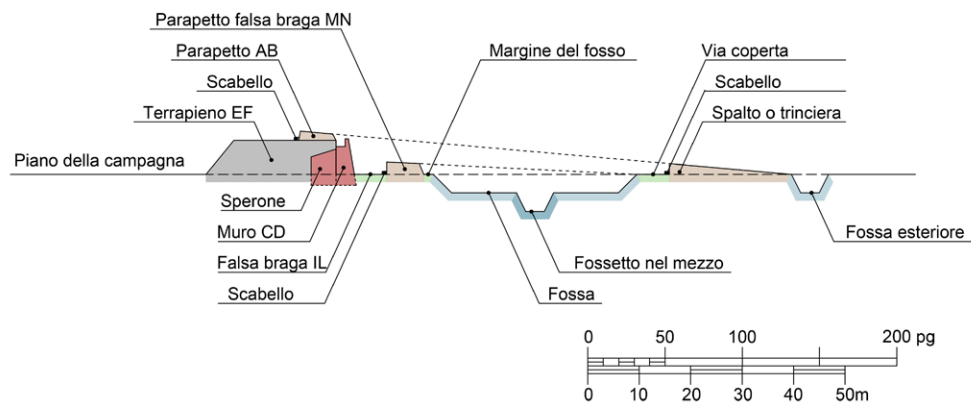


Fig. 6 - Ricostruzione del profilo e nomenclatura delle consistenze. A linee puntinate le verifiche balistiche. (Disegno: M. Vitali).

nella parte superiore della tavola, la cui funzione è di consentire la misura delle frazioni unitarie del modulo di 5 piedi della scala [Bevilacqua 2015; Bevilacqua, Spallone 2024]. Infatti, nella fase di interpretazione del disegno di Guarini, l'ortografia è stata scalata in modo da essere letta in corrispondenza proiettiva con l'icnografia e si è verificato che la scala composta ha una misura approssimabile a sette piedi, corrispondente a un incremento di circa il 40%, rispetto ai cinque piedi che rappresenta. Considerato che Guarini, nel testo e nel profilo, attribuisce ad alcuni elementi spessori differenti rispetto all'icnografia (ad esempio, per il terrapieno e il fosso viene utilizzata la dimensione minima, associata congruentemente alla relativa altezza minima), tale incremento viene confermato dalla lettura delle altezze. La ricostruzione interpretativa dell'ortografia (fig. 6) è stata condotta coerentemente con quella dei tracciamenti in pianta (fig. 5), attribuendo ai singoli elementi spessori e altezze massime. Per il completamento del profilo con gli spalti della fortezza e la fossa esteriore si è fatto riferimento al terzo disegno della tavola 9. La ricostruzione del profilo ha permesso di integrare il tracciamento delle seconde delinea- zioni con alcune informazioni significative: le scarpe di maggior dimensione, come quelle dei terrapieni e delle fosse, e il fossetto nel mezzo (fig. 7). La tematizzazione cromatica dei due elaborati attribuisce il medesimo colore a elementi omogenei (terrapieni, parapetti, muri, camminamenti, fosse), individuati dalla nomenclatura. A chiusura del capitolo Guarini riporta alcune considerazioni interessanti per la presente ricerca, dalle questioni relative alle scelte convenienti o necessarie dal punto di vista economico – come la necessità di far corrispondere i volumi di terra movimentata nello scavo del fosso a quelli di terrapieni e parapetti – ad altre, inerenti alla balistica. In relazione a quest'ultima, infatti, l'autore specifica la necessità di conferire ai parapetti e agli spalti inclinazioni che consentano una difesa efficace: per esempio allineando la parte superiore del parapetto AB all'inclinazione dello spalto, o ancora inclinando la parte superiore del parapetto della falsa braga MN al margine esterno del fosso (fig. 7). Dalla lettura comparata delle fig. 6 e 7 si è costruito un modello tridimensionale delle consistenze, che integra le informazioni restituite dai due elaborati verificandone, da un lato, e illustrandone, dall'altro, la congruenza. Infatti, la fig. 8 non riporta, per limiti dettati dalla scala di restituzione, le scarpe degli elementi più minuti, come muri e parapetti, così come non integra le informazioni relative agli speroni del muro CD; allo stesso modo la fig. 6, restituendo il profilo guariniano, non rappresenta elementi come "cavaliere", rivellino e mezzaluna. Le visualizzazioni del modello tridimensionale, in spaccato (fig. 8) e in esploso assonometrico (fig. 9) mettono in evidenza questo processo di integrazione delle informazioni e costituiscono la base per le future fasi di parametrizzazione del lavoro.

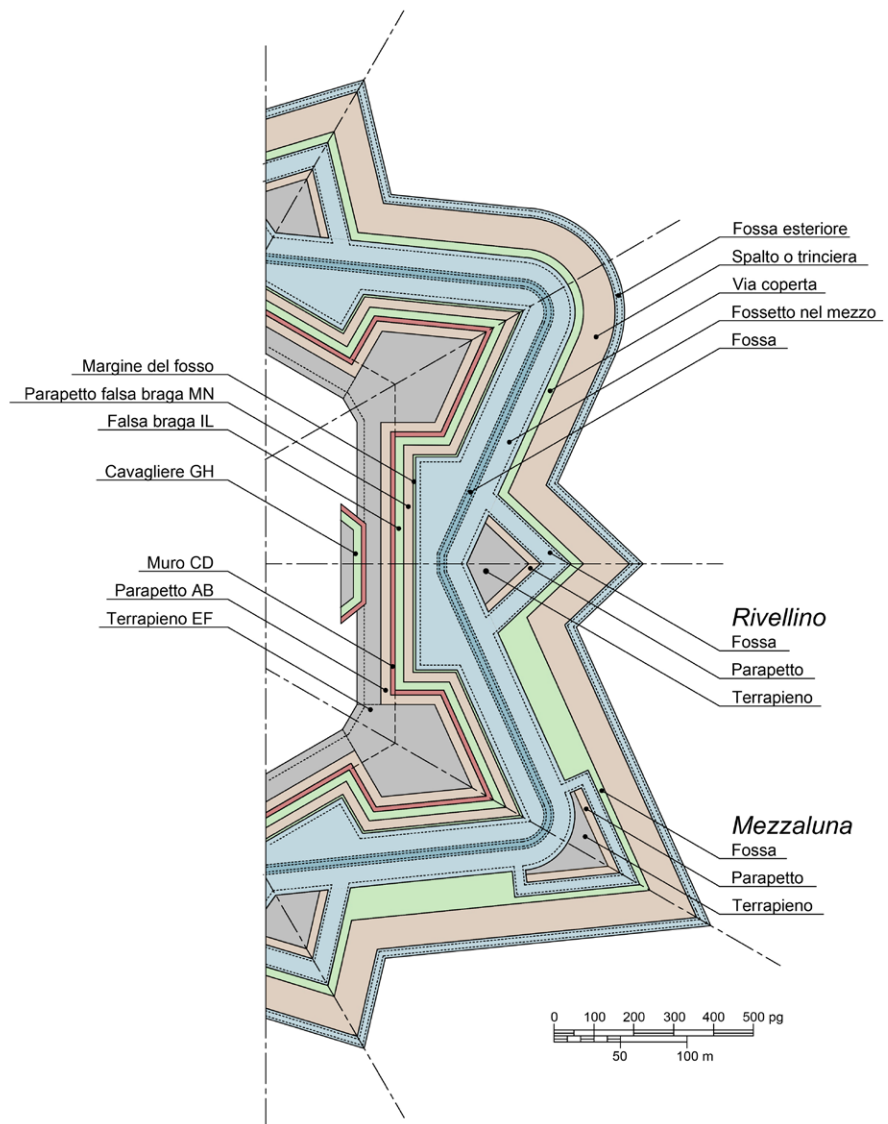


Fig. 7. Integrazione della ricostruzione in pianta con il disegno del profilo e nomenclatura delle consistenze. (Disegno: M. Vitali).

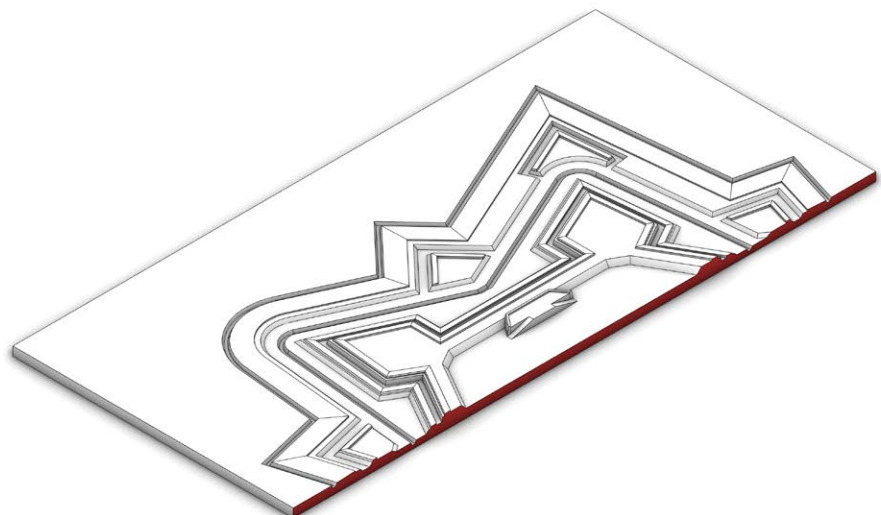


Fig. 8. Modello spaccato della fortezza (Modellazione: M. Vitali).

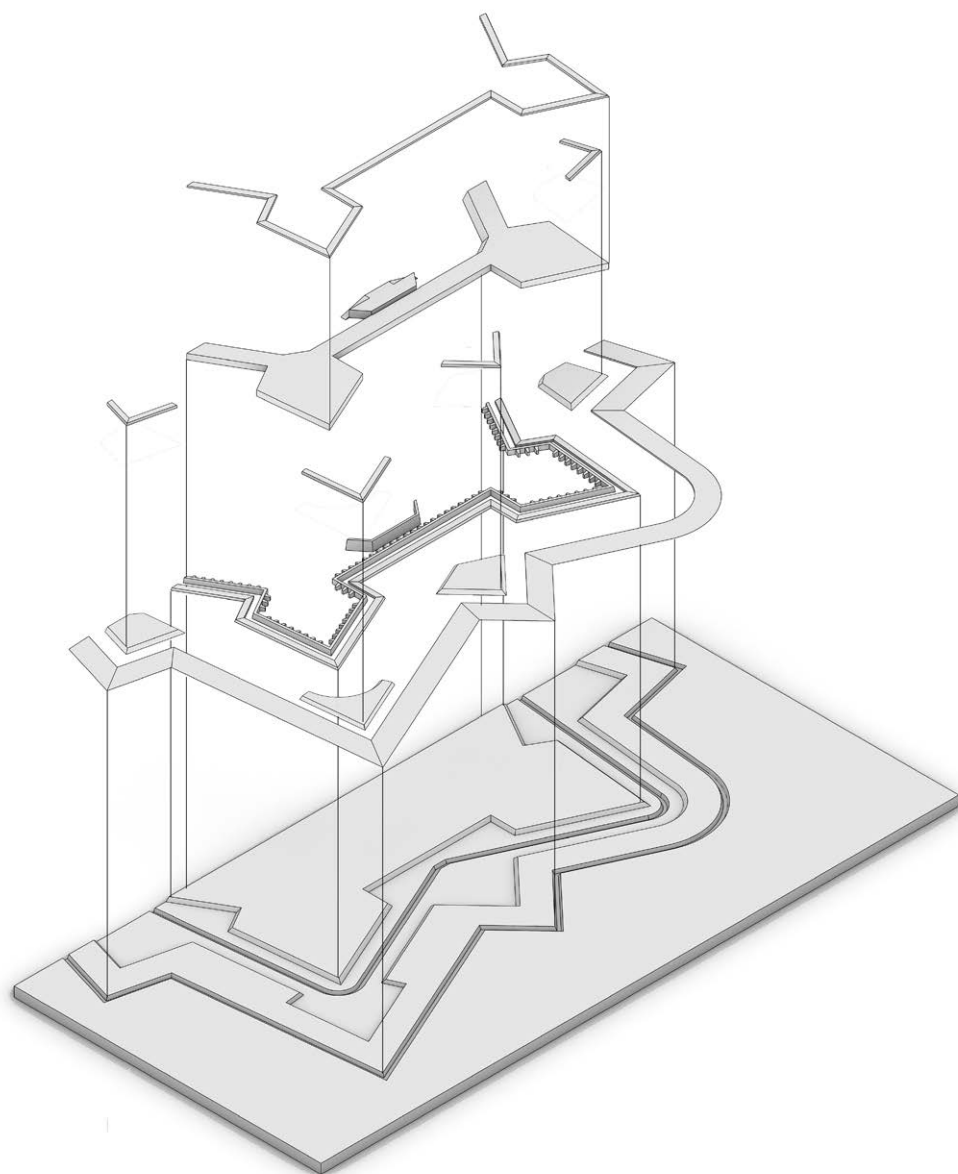


Fig. 9 - Modello esploso della fortezza. (Modellazione: M. Vitali).

Conclusioni

La ricerca condotta offre un'inedita interpretazione, fondata sull'analisi grafica, sulla ricostruzione bidimensionale e sulla modellazione tridimensionale, del sistema fortificato immaginato da Guarini nelle sue consistenze fisiche, determinando il passaggio dal tracciamento geometrico in pianta, alla definizione tridimensionale e costruttiva offerta dalle seconde delineazioni. Tale passaggio, verificato anche dal punto di vista balistico, è reso possibile attraverso l'inserimento nel discorso guariniano della misura. La misura mette in relazione spessori e altezze e, definita nei valori estremi e medi, consente di prefigurare sviluppi del lavoro in senso parametrico attraverso verifiche della coerenza e della validità del modello, anche sul costruito esistente. Gli esiti della ricerca portano un nuovo contributo di conoscenza del Trattato di fortificazione e costituiscono uno specifico tassello del progetto complessivo verso la realizzazione di modelli informativi finalizzati alla salvaguardia e conservazione del patrimonio architettonico militare.

Riconoscimenti

Lo studio rientra nelle attività del progetto PRIN 2022 INFORTREAT. Reconstructing the Early Modern bastioned front. INformation models for the fruition of constructive knowledge in FORTified architecture TREATises (16th-18th Century), CUP I53D23005420006, finanziato dall'Unione Europea – Next Generation EU, A.I.: R. Spallone, Politecnico di Torino.

Il presente contributo, di cui gli autori hanno condiviso l'impianto metodologico, è stato redatto da R. Spallone e M. Vitali (parr. 1, 5), R. Spallone (parr. 2, 3), M. Vitali (par. 4).

Riferimenti bibliografici

Bevilacqua M.G. (2015). Scale grafiche nella trattatistica europea di architettura militare tra Cinque e Settecento. In Fara A., Giuseppe Ignazio Bertola (1676–1755). *Il disegno e la lingua dell'architettura militare*, pp. 95–101. Firenze: Angelo Pontecorboli.

Bevilacqua M.G., Spallone R. (2024). Composed graphic scales in the European military treatises and manuals from the 17th to the 19th centuries. In González L. H., Xavier J. P., Pernas Alonso I., Losada Pérez C. (a cura di). *Graphic Horizons, Volume 3 - Graphics for Knowledge*, pp. 180-189, Cham: Springer.

Bianchini C. (2008). *La scienza della rappresentazione nella concezione di Guarino Guarini*. Roma: Gangemi.

Fara A. (2001). Geometrie della fortificazione e architettura da Borromini a Guarini. In *Mitteilungen des Kunsthistorischen Institutes in Florenz*, vol. 45, nn. 1-2, pp. 103-189.

Fara A. (2012). *Geometria dell'architettura militare. Francesco I d'Este e la Cittadella di Modena*. Firenze: Angelo Pontecorboli.

Guarini G. (1674). *Modo di misurare le fabbriche*. Torino: Per gl'Heredi Gianelli.

Guarini G. (1676). *Trattato di fortificatione, che hora si usa in Fiandra, Francia, et Italia; composto in ossequio del sereniss. principe Lodovico Giulio cavagliere di Savoia*. Torino: Appresso gl'heredi di Carlo Gianelli.

Guarini G. (1737). *Architettura Civile*. Torino: Gianfrancesco Mairesse.

McQuillan J. (2014). The Treatise on Fortification by Guarino Guarini. In *Nexus Network Journal*, vol. 16, n. 3, pp. 613-629.

Millon H. (1970). La geometria nel linguaggio architettonico di Guarini. In: *Guarino Guarini e l'internazionalità del Barocco*, vol. 1, pp. 35-58. Torino: Accademia delle Scienze.

Portoghesi P. (1970). Il linguaggio di Guarino Guarini. In AA.VV. *Guarino Guarini e l'internazionalità del Barocco*, vol. 2, pp. 9-18. Torino: Accademia delle Scienze.

Sciolla G.C. 1970. Note sul "Trattato di Fortificatione" del Guarini. In AA. VV. *Guarino Guarini e l'internazionalità del Barocco*, vol. 1, pp. 514-529. Torino: Accademia delle Scienze.

Spallone R. (2015). Guarino Guarini and the 'Fortificatione' between theory, drawing and design. In Rodríguez-Navarro P. (a cura di). *Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII Centuries*. Proceedings of the International Conference on Modern Age Fortifications of the Western Mediterranean Coast, FORTMED 2015, Valencia, 15-17 October 2015, pp. 175-182. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.

Spallone R. (2017). The "Regular Fortress" by Guarini and the Citadel of Turin. In *Nexus Network Journal*, vol. 19, n. 2, pp. 255-277.

Autori

Roberta Spallone, Politecnico di Torino, roberta.spallone@polito.it

Marco Vitali, Politecnico di Torino, marco.vitali@polito.it

Per citare questo capitolo: Roberta Spallone, Marco Vitali (2024). "Prima daremo le regole universali, indi le misure particolari": Geometria, balistica e costruzione per il progetto delle fortezze nel Trattato di Fortificatione di Guarini/"Prima daremo le regole universali, indi le misure particolari". Geometry, ballistics, and construction for fortresses' design in Guarini's Trattato di Fortificatione. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 621-642.

“Prima daremo le regole universali, indi le misure particolari”. Geometry, ballistics, and construction for fortresses’ design in Guarini’s Trattato di Fortificatione

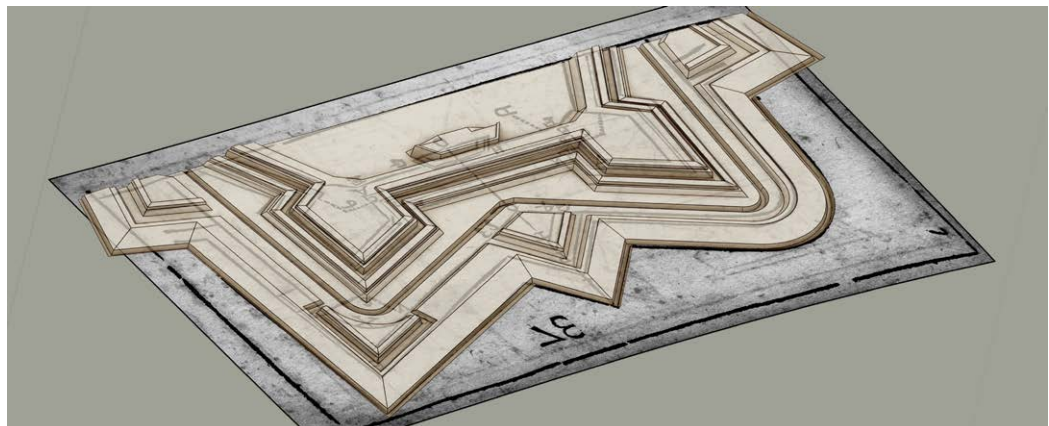
Roberta Spallone
Marco Vitali

Abstract

Book III of Guarini’s Trattato di Fortificatione deals with the theme of the second delineations of fortresses through which the first delineations, attributing measurements of thicknesses and heights, are the subject of the transition from the geometric scheme to the constructive shape that makes the design conception real. The research interweaves textual content and metric data with the graphic analysis of two plates representing the plan and profiles of a fortress to verify their dimensional and projective coherence, reconstruct the three-dimensionality of the elements, and set up the cognitive basis for creating parametric models. These models may become part of a collection of information models that will characterize one of the primary outcomes of the overall research project aimed at preserving and safeguarding military architectural heritage.

Keywords

graphical analysis, reconstruction, modeling, military treatises, Guarini.



Superimposing the reconstructive 3D model of the fortress on Guarini’s icnography. (Source: G. Guarini, Plate 7, 1674. Modelling: M. Vitali).

Introduction

This research originated within the two-year PRIN 2022 project “INFORTREAT, Reconstructing the Early Modern bastioned front. INFORMATION models for the fruition of constructive knowledge in FORTified architecture TREATises (16th-18th Century).” The overall goal of the project is to make accessible the constructive knowledge related to military architecture (as described by early modern treatises) through 3D digital information models that can be consulted and queried by scholars, professionals, and the community.

In this contribution, the investigation focuses, in particular, on Book III on the second delineations of fortresses and their orthography (“Delle delineationi seconde delle fortezze, e dell’ortografia loro”) in Guarino Guarini’s *Trattato di Fortificatione* (1676). In this part of the treatise, the author establishes a series of measurements (maximum, average, and minimum) for the sizing of the main elements of fortresses, flanked by some geometric constructions that support their defensive features and drawings in plan and section (figs. 1, 2).

The research interweaves the textual content with the graphic analysis of the plates to verify their dimensional and projective consistency, reconstruct the three-dimensionality of the elements, and set up the cognitive basis for the realization of parametric models, which can be used as part of the overall research project.

The second delineations of fortresses in the *Trattato di Fortificatione*

The *Trattato di Fortificatione*, one of Guarini’s least studied theoretical works, is a small volume of 128 pages and 12 plates measuring 10.2x18.1 cm. It was written during the author’s stay in Turin. Dedicated to Guarini’s pupil Ludovico Giulio, Prince of Carignano, the text offers, in the initial part, the basic principles of geometry and arithmetic, applicable for later developments on military architecture, following a model already applied in the *Modo di misurare le fabbriche* (1674). In assessing the actual practical validity of the work, the fact that it was written for didactic purposes by a clergyman should not overshadow the up-to-date-ness demonstrated by the author concerning contemporary military treatise writers (Pagan, Fritach, Dögen, among others). Moreover, the attention to built fortifications such as the citadels of Turin and Modena [Fara 2012], the commitment to the design of the Porta di Po in Turin, and the hypothesized authorship of an anonymous design of some external works [Fara 2001], entitled Citadel of Turin with the new opinion (“Cittadella di Torino con il parere novo” kept at the Bibliothèque Nationale de France), confirm Guarini’s interest in military architecture.

In addition, James McQuillan (2014) points to the simultaneous presence of Guarini and Vauban in Paris and speculates on the Theatine’s involvement as a consultant for Turin’s fortifications. Amelio Fara (2001) emphasizes his role in the debate over the importance of the second flank (i.e., a section of the curtain adjacent to the flank of the bastion intended for artillery emplacement), of which Guarini was a supporter, in opposition to the French school, led by Vauban himself. Gianni Carlo Sciolla (1970) analyzes the different modes of construction of the bastion system in the treatise and offers some graphic reconstructions, including a qualitative section outlining the position of the elements.

Previous studies by the working group have reconstructed the geometric genesis of the regular fortress [Spallone 2015, 2017], one of the examples of the first delineation of fortresses, as defined by Guarini. A sequence of geometric constructions characterizes this delineation to constitute the main elements of the fortress, already identified by scholars as inherent in Guarini’s design method [Millon 1970, Portoghesi 1970]. In applying this method, which interweaves geometry, architecture, and ballistics, at the end of the reasoning, some measurements legitimize the system’s resistance to musket fire and confirm the validity of the geometric construction.

The second delineation of the fortresses intervenes in continuing the text (Book III). It defines, through measurements, the physical features of the curtain elements, which are distinguished into interior and exterior second delineations. They are delimited by the regular hexagon representing the first delineation. The moat separates the second delineation of

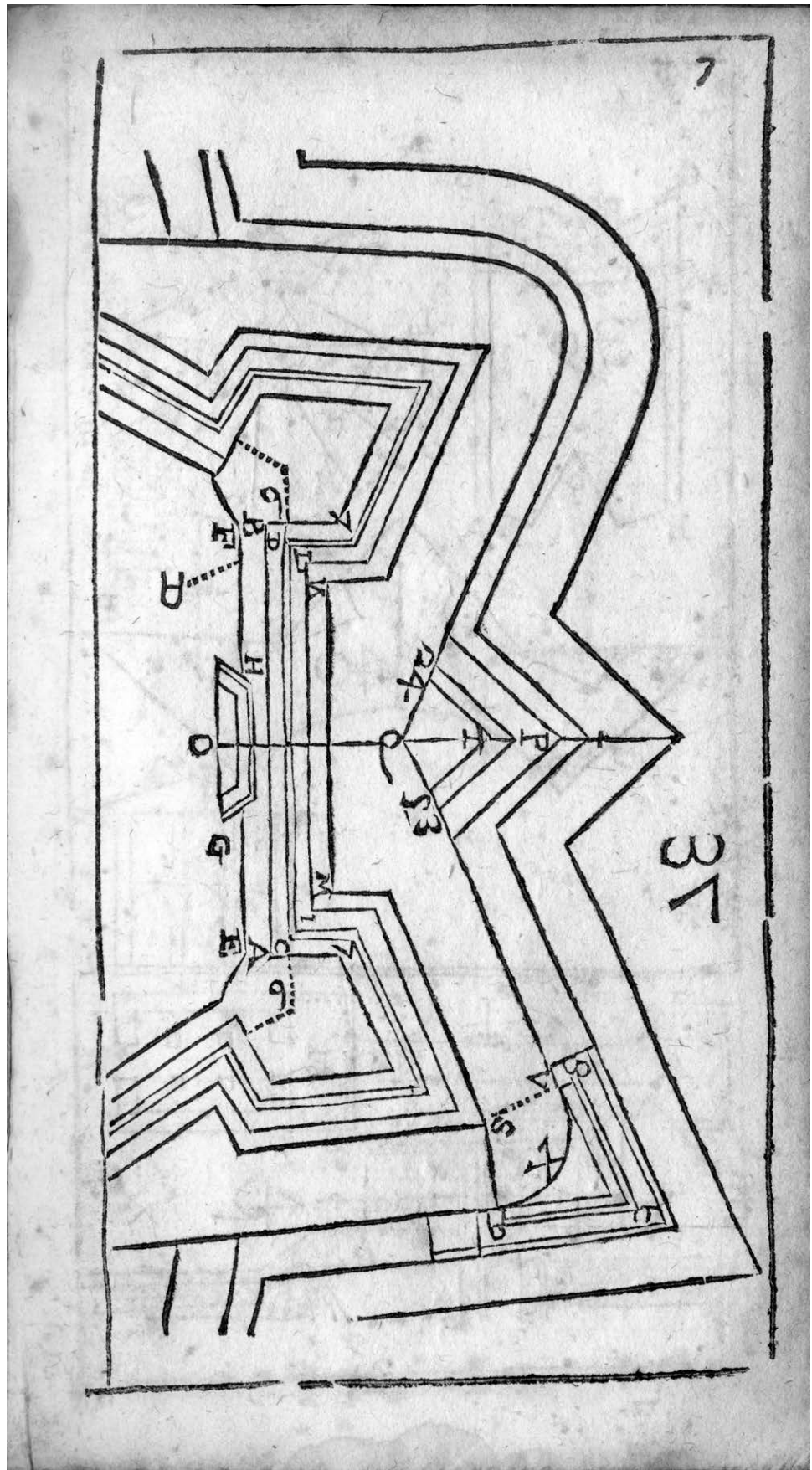


Fig. 1. Second delineations of fortresses in Plate 7 of Guarini's treatise (Source: G. Guarini, 1674).

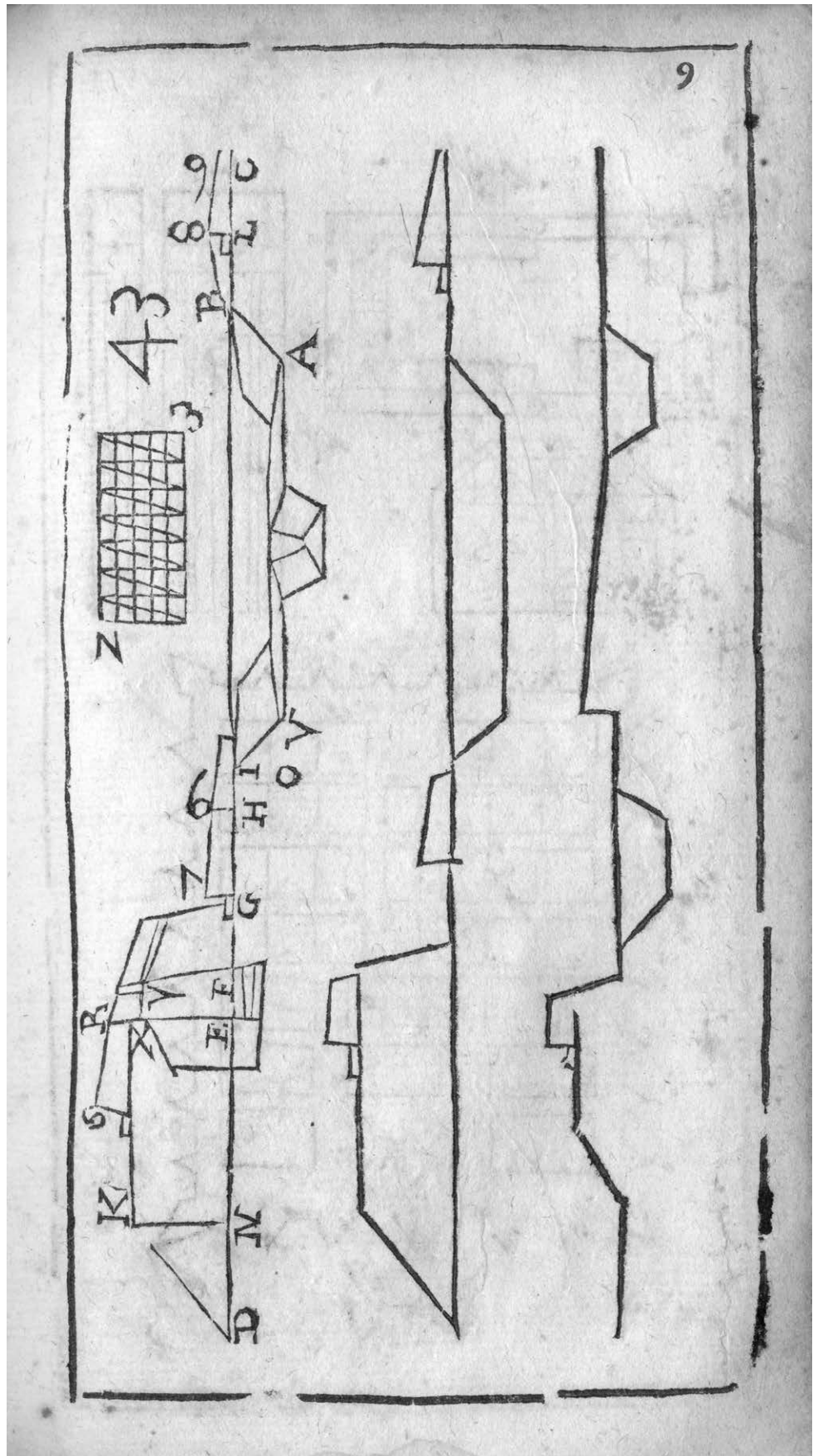


Fig. 2. Orthography of the fortresses in Plate 9 of the treatise. From the top, the profile of the works parallels the first delineation, the Dutch-style profile without a wall, and the profile of the exterior works. (Source: G. Guarini, 1674).

	elemento	icnografia /ortografia(disegnate)	larghezza			altezza		
			max	med	min	max	med	min
Seconde delineazioni interiori	Muro CD	Scarpa del muro*	3	2	1			
		Muro CD*	9	8	7	18	16	14
	Parapetto AB	Parapetto nel piano AB	24	22	18			
		In cima però sarà	21	18	15			
		La sua scarpa interiore	1	1	1			
		L'esteriore	2	2	2			
		Parapetto interiore altezza				6	6	6
	Scabello	Parapetto esteriore altezza				4	4	4
		Scabello	3	2	2	**2		
	Terrapieno EF	Terrapieno tutto EF	84	72	60			
		Sua scarpa interiore	18	16	14			
Cavaliere GH	Terrapieno alla cima EF	66	56	46	18-22***	16-20***	14-18***	
	Cavaliere GH dietro	300						
Seconde delineazioni esteriori che seguono la forma delle prime linee	Falsa braga IL	Cavaliere GH davanti	200					
		Via della falsa braga IL	21	17	15			
	Parapetto falsa braga MN	Parapetto della falsa braga al piede MN	24	18	14	8	6	4
		Nella cima	21	15	11			
	Il margine del fosso	Il margine del fosso	6	6	6			
		L'ampiezza della fossa	132	108	84	12	10	11
	Fossa	Ma nel fondo	108	84	64			
		Scarpa della fossa	12	11	10			
		Fossetto nel mezzo	24	20	16			
	Via coperta	Via coperta	21	17	15			
	Trinciera esteriore	Ampiezza della trinciera esteriore	79	70	69			
Scabello	Scabello	3	3	2	**2			
Seconde delineazioni esteriori che non seguono la forma delle prime linee	Rivellino 1° metodo geometrico Mezza luna metodo geometrico	Terrapieno inferiore	40	36	30			
		Scarpa esteriore	3	2	2			
		Scarpa interiore	6	5	4			
		Terrapieno superiore	34	30	26			
		Parapetto al piede	20	18	15			
		Scarpa esteriore	2	2	2			
		Scarpa interiore	1	1	1			
		Parapetto alla cima	17	15	13			
		Scabello	3	2	2			
		Via del terrapieno	20	17	15			
		Fossa	40	35	30			
		Scarpa delle rive	10	8	6			
		Via coperta	28	15	15			
Spalto o trinciera	20	15	15					

* in ortografia il disegno riporta insieme muro e scarpa; **altezza ipotizzata; ***altezze senza e con muro

Fig. 3. Synoptic table of elements' dimensions and their presence in the drawing in Guarini's icnography (in blue) or orthography (in red). The nomenclature of the elements is taken from the treatise. (Editing: R. Spallone).

the exterior works, which protect the curtain and the bastions. Therefore, the second delineation shows the transition from the geometric scheme to the construction that realizes the design idea while providing some specifications on the building techniques and materials used.

Guarini's textual description of the elements, including some variants, is supplemented by four tables that identify, for each element of the fortress, the measurements in maximum, average and minimum thickness related to the icnography of the artifacts parallel internally and externally to the hexagon (i.e., to the first delineation) and not parallel to it, as well as their orthography. The construction of a synoptic table, showing all the elements in the four tables and relating their planimetric and altimetric measurements, made it possible to verify the dimensions in the icnography and the orthography, respectively (fig. 3).

According to Guarini's method, "knowing perfectly how to draw the plans, and make the icnography, depends on the orthography, and this on the other;" has been explained in the *Architettura civile* (1737). It is considered, in its theoretical foundations, a precursor of descriptive geometry [Bianchini 2008]. It is applied in the text, and the construction of the two projections, as demonstrated in the following paragraphs of this contribution, is done through the search for projective correspondences.

The graphic analysis and interpretive re-drawing of the tracings in Plates 7, fig. 37 and 9, fig. 43 of the treatise were made using the unit of measurement indicated by Guarini, i.e the geometric foot. On page 44 of the text, he states that the geometric foot coincides with the King's foot used in France and corresponds to seven ounces of liprando foot (about 0.299697 m).

The plan drawing

To bring plate 7 to true scale and verify the consistency of the text with Guarini's drawing, the measurements of the cavalier were considered: placed in the center of the curtain, it is the only element of which the author does not propose possible dimensional variations. This made it possible to verify that, with minimal approximations, considering that the scale of reduction of the original engraving is about 1:2120, the other thicknesses in the plan correspond to the maximum values assumed by the Theatine in the tables.

The reconstruction of the first delineation (fig. 4) is set on a regular hexagon with bastions at the vertices, hinted with a dotted line in the plate, the side of which corresponds to the rampart's outer edge (CD). This makes it possible to distinguish between interior and exterior delineations parallel to the former. With the systematicity typical of Guarini's theoretical work, the sequence of elements starts from their position concerning the regular hexagon, identifying first those that go inward from the perimeter (wall CD, parapet AB, rampart EF) and then those that go outward (fausse-braye IL, parapet MN, moat, covered way, glacis).

Among the works not parallel to the first delineations, the author represents the ravelin and the half-moon on the plate. The former is a polygonal element protecting the curtain; the latter defends the bastion. Both are drawn through geometric constructions that allow them to be aligned with the previously defined elements and later endowed with those thicknesses that define their shape. The plan's overall reconstruction steps accompany the interpretive drawing (fig. 5).

Guarini's three tables of plan dimensions accompanying the delineations described above turn out to be fully comprehensible only through correlation with the orthographic projection, through which the scarps of each artifact are defined and the mutual position of the artifacts is definitively clarified, as will be seen below. In the plan, each element is identified by only two lines, while the other dimensions present in the tables to define its 3D shape are readable only in the section.

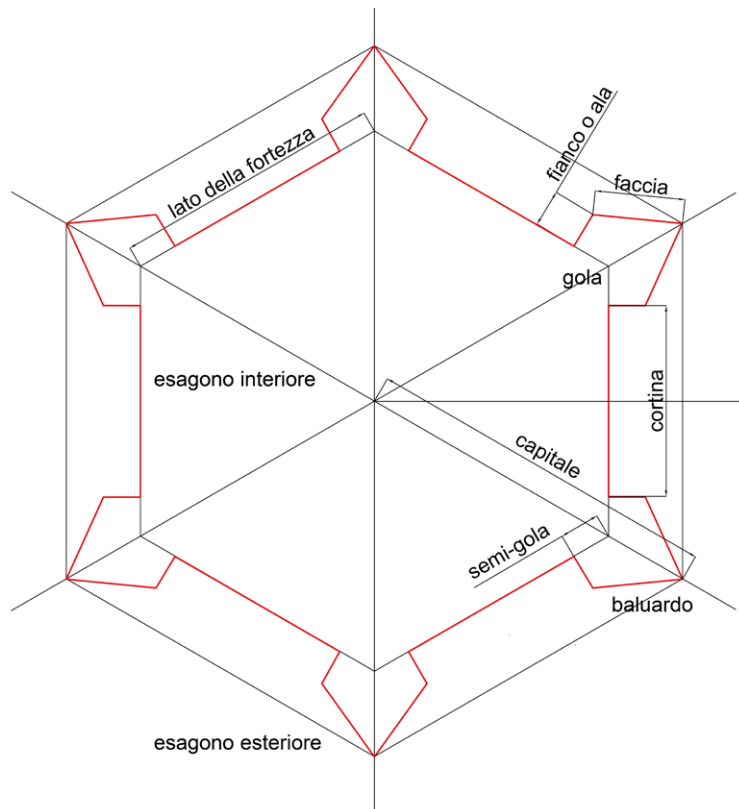


Fig. 4. First delineations of the fortress with reference nomenclature. (Drawing: R. Spallone).

The elevation drawing

Chapter 4 of Book III, devoted to the construction of the orthography, makes it possible to relate the thicknesses provided by the tables to the heights of the fortification elements. Plate 9 shows, from above, three profiles: the first, accompanied by letters, illustrates the construction method of the fortress elevation described by the text, the second constitutes an alternative solution, defined by Guarini as Dutch style, and the third refers to the exterior works.

The first drawing is a perspective section with the horizon plane coinciding with the ground level and the vanishing point on the axis with the moat. About the fortress wall, the drawing also shows the foundations and thick stiffening spurs, described in the text but not represented in the icnography.

The method of orthography construction involves drawing a horizontal line, which corresponds to the ground, on which the thicknesses of each element are transferred from the icnography with their variations at the lower level and the top. The heights, defined in the last table, will be assigned at each horizontal breakdown, based on a scale "with the parts a little bit larger, than those of the icnography [...] of which each part is 5 feet" [Guarini, vol. 3, cap. 4, p. 80].

As a result, the heights will be emphasized, as it is easy to verify with a dimensional comparison between the abscissae and ordinates of the profile. The composed scale is essential for a complete understanding of the procedure and its verification. The function of this scale is to allow the measurement of unit fractions of the 5-feet module of the scale [Bevilacqua 2015; Bevilacqua, Spallone 2024].

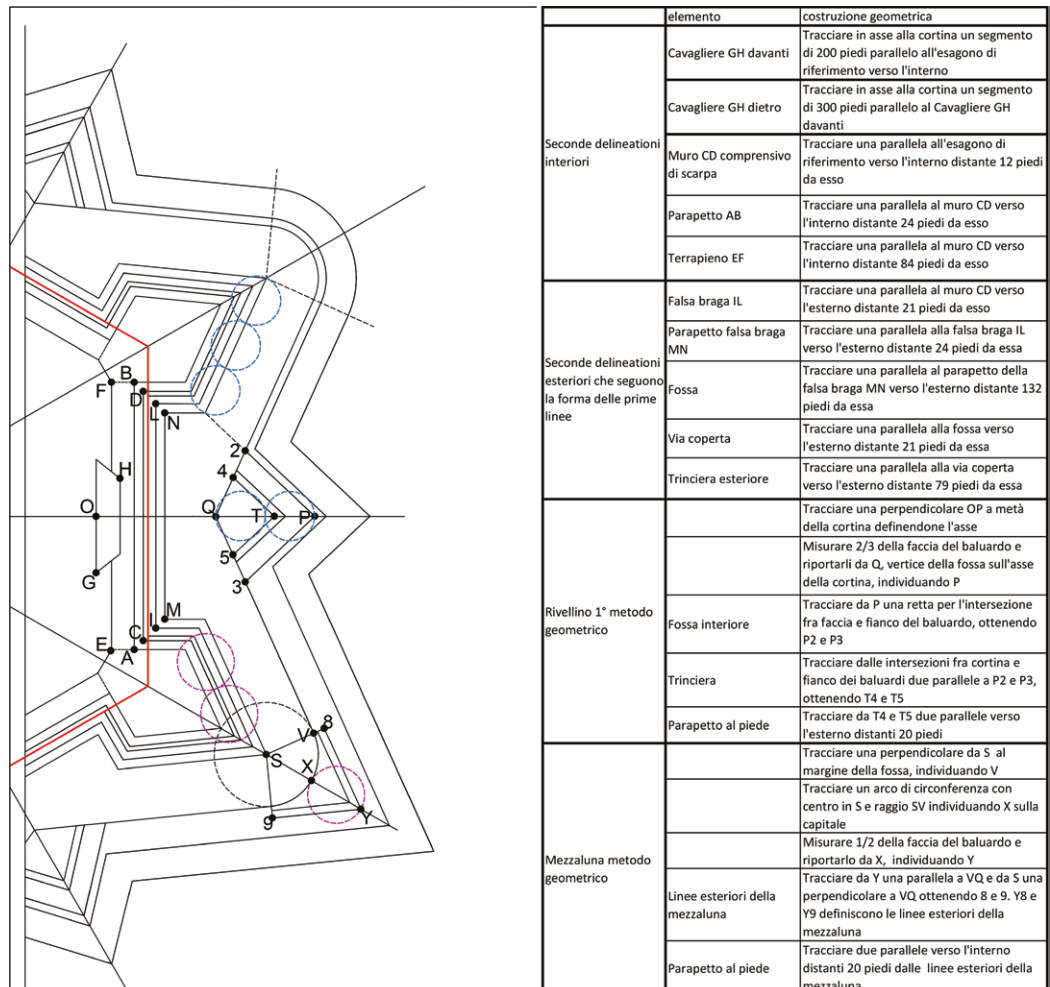


Fig. 5. Second delineation of the fortress: graphic analysis, reconstruction of the tracings, and steps of the geometric construction of the icnography. In red is the hexagon of reference. In blue and purple, respectively, the proportioning of the ravelin and half-moon is about the rampart's face. (Drawing and processing: R. Spallone).

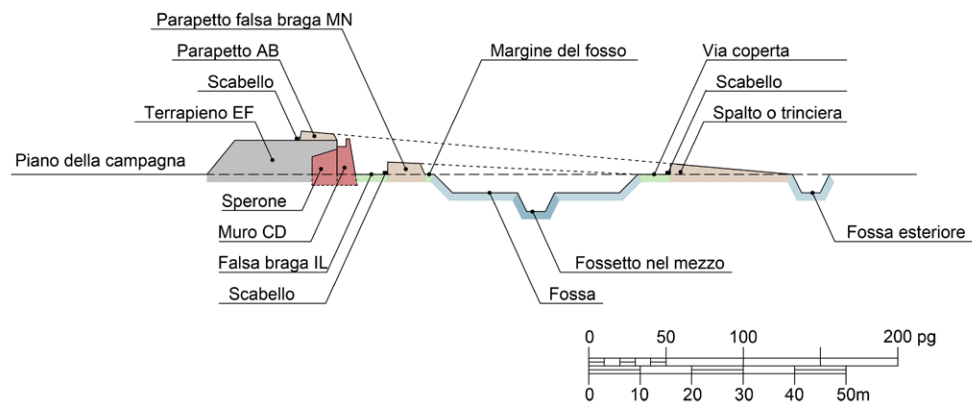


Fig. 6. Profile reconstruction and elements nomenclature. Ballistic checks in dotted lines. (Drawing: M. Vitali).

Interpreting Guarini's drawing, the orthography was scaled to be read in projective correspondence with the icnography, and it was verified that the composed scale has an approximate measurement of seven feet, corresponding to an increase of about 40 percent, compared to the five feet it represents. Given that Guarini, both in the text and profile, attributes different thicknesses to some elements than in the icnography (e.g., the minimum dimension is used for the rampart and the moat, congruently associated with the corresponding minimum height), this increase is confirmed by reading the heights.

The interpretive reconstruction of the orthography (fig. 6) was conducted consistently with that of the plan tracings (fig. 5), attributing maximum thicknesses and heights to individual elements. Reference was made to the third drawing in Plate 9 to complete the profile with the fortress glacis and the exterior moat.

The reconstruction of the profile made it possible to supplement the tracing of the second delineations with some significant information: the larger scarps, such as those of the ramparts and moats, and the little moat in the middle (fig. 7). The chromatic thematization of the two drawings assigns the same color to homogeneous elements (ramparts, parapets, walls, walkways, moats), identified by nomenclature.

At the end of the chapter, Guarini reports some interesting considerations for the present research, as issues related to economically convenient or necessary choices – such as the need to match the volumes of earth moved in the excavation of the moat to those of ramparts and parapets – or others, inherent to ballistics. About the latter, the author specifies the need to give the parapets and glacis inclinations that allow for effective defense: for example, by aligning the top of the AB parapet with the inclination of the glacis or again by inclining the top of the MN fausse-braye's parapet to the exterior edge of the moat (fig. 7). From the comparative reading of Figs. 6 and 7, a 3D model of the fortress has been constructed, which integrates the information represented by the two drawings, verifying and illustrating their congruency. Fig. 8 does not report, due to limitations dictated by the scale of restitution, the scarps of the more minor elements, such as walls and parapets, just as it does not integrate the information related to the spurs of the CD wall; similarly, Fig. 6, representing the Guarinian profile, does not show elements such as the cavalier, ravelin, and half-moon.

Visualizations of the 3D model, in cutaway (fig. 8) and axonometric exploded view (fig. 9), highlight this information integration process and form the basis for future parameterization phases of the work.

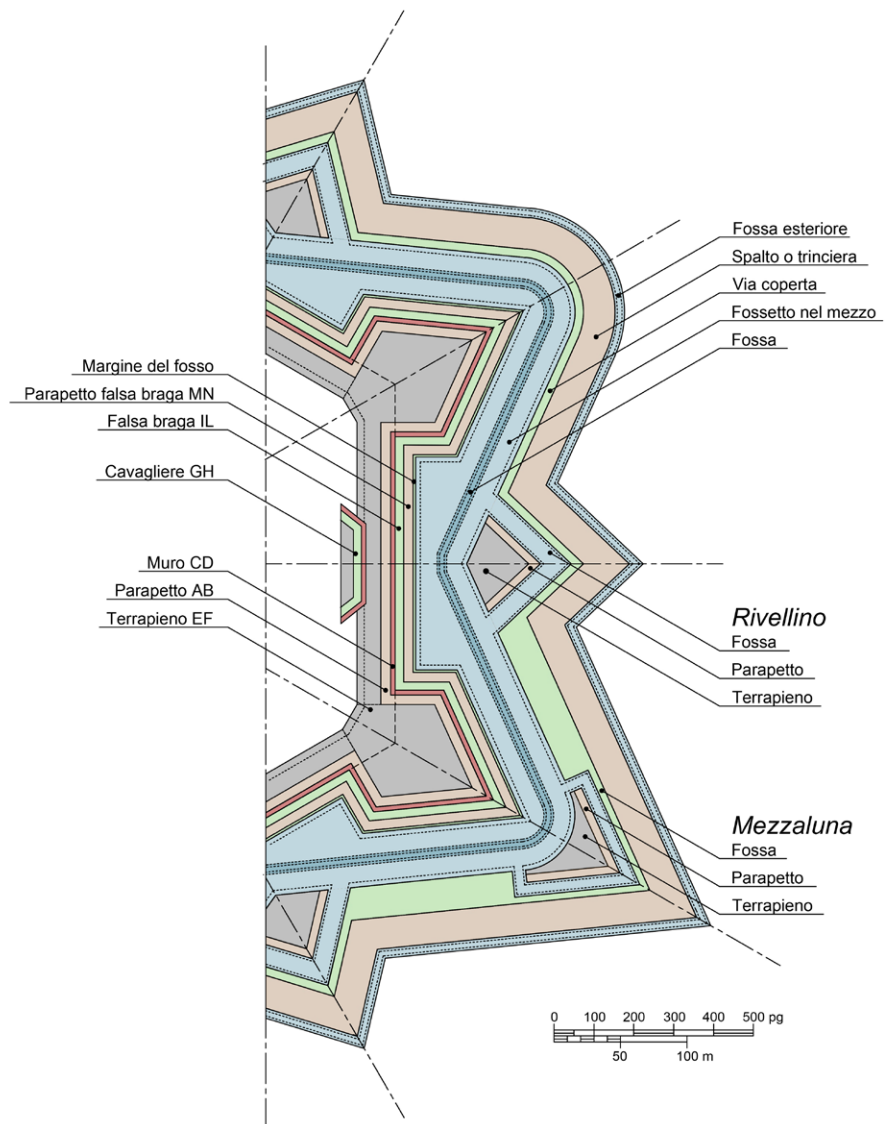


Fig. 7. Integration of plan reconstruction with profile drawing and elements nomenclature. (Drawing: M. Vitali).

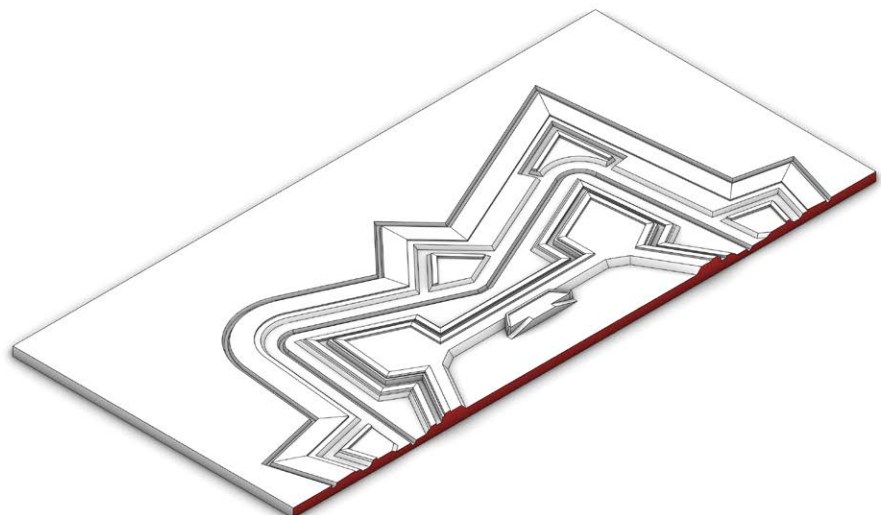


Fig. 8. Cutaway model of the fortress. (Modelling: M. Vitali).

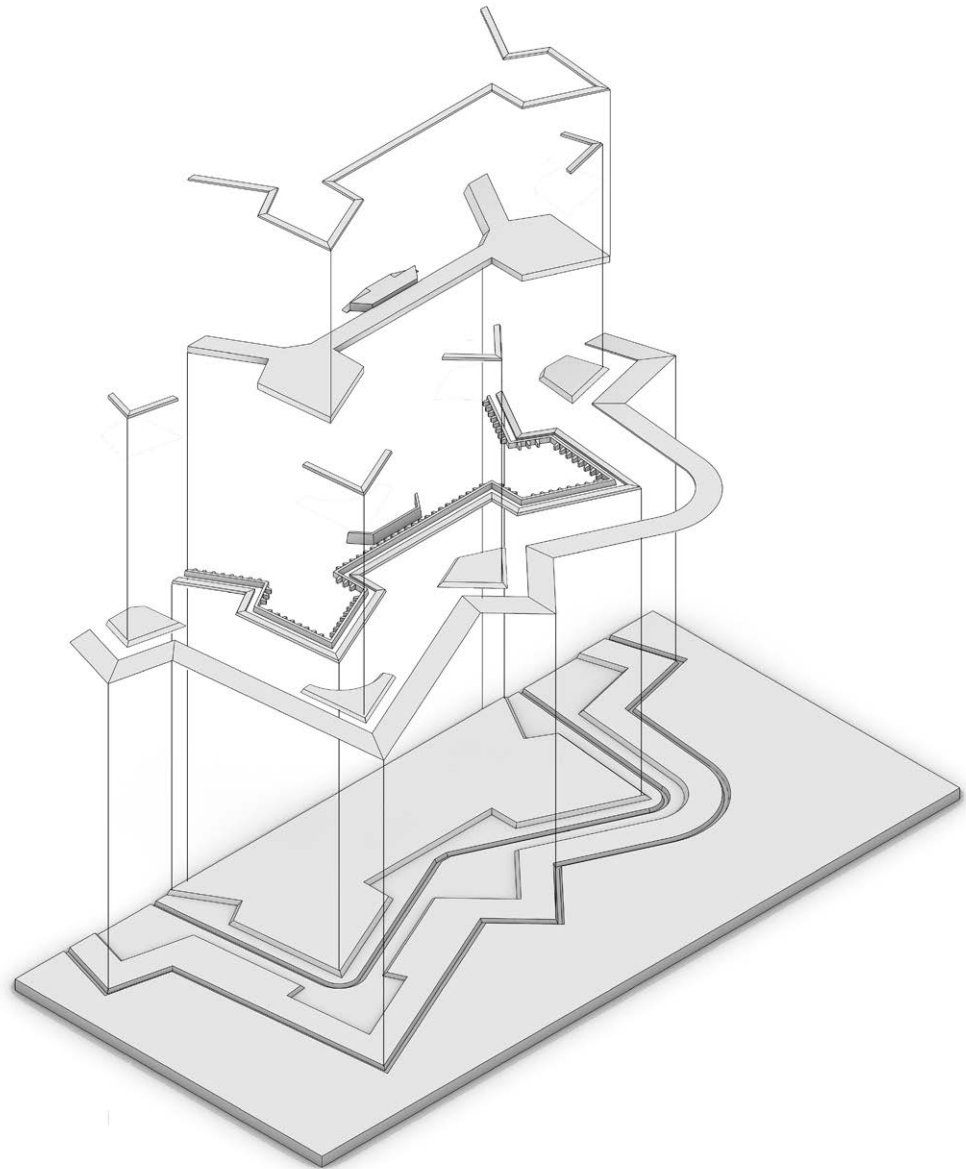


Fig. 9. Exploded model of the fortress. (Modelling: M. Vitali).

Conclusion

This research offers a novel interpretation based on graphic analysis, conducted by 2D reconstruction and 3D modeling of the fortified system imagined by Guarini in its physical shapes, determining the transition from geometric tracing in plan to the 3D and constructive definition offered by the second delineations. This transition, also verified from a ballistic point of view, is made possible through the introduction of measurements in Guarini's discourse. Measurement relates thicknesses and heights: defined in extreme and average values, it allows for the foreshadowing of developments of the work in a parametric sense through verifications of the consistency and validity of the model, including on the existing fortifications. The research outcomes bring a new contribution of knowledge of the *Trattato di fortificatione* and constitute a specific part of the overall project towards realizing information models aimed at preserving and safeguarding the military architectural heritage.

Credits

The study is part of the activities of the PRIN 2022 INFORTREAT project. Reconstructing the Early Modern bastioned front. INFORMATION models for the fruition of constructive knowledge in FORTified architecture TREATises (16th-18th Century), CUP I53D23005420006, funded by the European Union - Next Generation EU, A.I.: R. Spallone, Politecnico di Torino. This paper, whose authors shared the methodological framework, was written by R. Spallone and M. Vitali (pars. 1, 5), R. Spallone (pars. 2, 3), and M. Vitali (par. 4).

References

- Bevilacqua M.G. (2015). Scale grafiche nella trattatistica europea di architettura militare tra Cinque e Settecento. In Fara A., Giuseppe Ignazio Bertola (1676–1755). *Il disegno e la lingua dell'architettura militare*, pp. 95–101. Firenze: Angelo Pontecorboli.
- Bevilacqua M.G., Spallone R. (2024). Composed graphic scales in the European military treatises and manuals from the 17th to the 19th centuries. In González L. H., Xavier J. P., Pernas Alonso I., Losada Pérez C. (a cura di). *Graphic Horizons, Volume 3 - Graphics for Knowledge*, pp. 180-189, Cham: Springer.
- Bianchini C. (2008). *La scienza della rappresentazione nella concezione di Guarino Guarini*. Roma: Gangemi.
- Fara A. (2001). Geometrie della fortificazione e architettura da Borromini a Guarini. In *Mitteilungen des Kunsthistorischen Institutes in Florenz*, vol. 45, nn. 1-2, pp. 103-189.
- Fara A. (2012). *Geometria dell'architettura militare. Francesco I d'Este e la Cittadella di Modena*. Firenze: Angelo Pontecorboli.
- Guarini G. (1674). *Modo di misurare le fabbriche*. Torino: Per gl'Heredi Gianelli.
- Guarini G. (1676). *Trattato di fortificatione, che hora si usa in Fiandra, Francia, et Italia; composto in ossequio del sereniss. principe Lodovico Giulio cavagliere di Savoia*. Torino: Appresso gl'heredi di Carlo Gianelli.
- Guarini G. (1737). *Architettura Civile*. Torino: Gianfrancesco Mairesse.
- McQuillan J. (2014). The Treatise on Fortification by Guarino Guarini. In *Nexus Network Journal*, vol. 16, n. 3, pp. 613-629.
- Millon H. (1970). La geometria nel linguaggio architettonico di Guarini. In: *Guarino Guarini e l'internazionalità del Barocco*, vol. 1, pp. 35-58. Torino: Accademia delle Scienze.
- Portoghesi P. (1970). Il linguaggio di Guarino Guarini. In AA.VV. *Guarino Guarini e l'internazionalità del Barocco*, vol. 2, pp. 9-18. Torino: Accademia delle Scienze.
- Sciolla G.C. 1970. Note sul Trattato di Fortificatione" del Guarini. In AA. VV. *Guarino Guarini e l'internazionalità del Barocco*, vol. 1, pp. 514-529. Torino: Accademia delle Scienze.
- Spallone R. (2015). Guarino Guarini and the 'Fortificatione' between theory, drawing and design. In Rodríguez-Navarro P. (a cura di). *Defensive Architecture of the Mediterranean XV to XVIII Centuries*. Proceedings of the International Conference on Modern Age Fortifications of the Western Mediterranean Coast, FORTMED 2015, Valencia, 15-17 October 2015, pp. 175-182. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.
- Spallone R. (2017). The "Regular Fortress" by Guarini and the Citadel of Turin. In *Nexus Network Journal*, vol. 19, n. 2, pp. 255-277.

Authors

Roberta Spallone, Politecnico di Torino, roberta.spallone@polito.it
Marco Vitali, Politecnico di Torino, marco.vitali@polito.it

Per citare questo capitolo: Roberta Spallone, Marco Vitali (2024). "Prima daremo le regole universali, indi le misure particolari": Geometria, balistica e costruzione per il progetto delle fortezze nel Trattato di Fortificatione di Guarini/"Prima daremo le regole universali, indi le misure particolari". Geometry, ballistics, and construction for fortresses' design in Guarini's Trattato di Fortificatione. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 621-642.