



Ripresentare il reperto di Hatra

Adriana Rossi
Umberto Palmieri
Sara Gonizzi Barsanti

Abstract

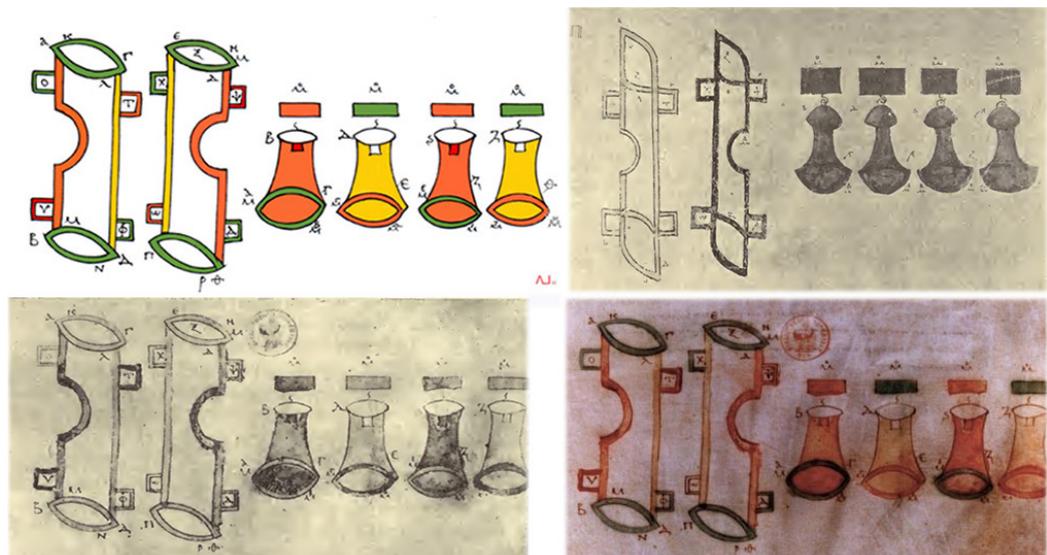
Si ordinano le fonti per mostrare il potenziale dei modelli grafici che passano dall'interpretazione alla comunicazione del controllo progettuale. Alla base dell'indagine si pone il rilievo e il ridisegno dei reperti rinvenuti ad Hatra. L'analisi sui valori struttivi delle componenti rinvenute hanno permesso esercizi di commisurazione delle parti in applicazione delle prescrizioni di Vitruvio dettate per catapulte e baliste nel X libro del suo trattato. I modi (ichnographia e Ortographia) in cui gli elementi sono ben strutturati (dispositio) nella rappresentazione, come nella realizzazione, formalizzano un sistema di organizzazione razionale che il caso studio sviluppa perché capace di compenetrare l'utilizzo della geometria necessaria alla messa in forma come tecnica di costruzione del disegno/progetto. La riflessione teorica sui brani estratti dal De Architettura e la prassi configurativa hanno coinvolto, nell'azione, altre discipline. Lo studio conferma la ri-presentazione grafica come irrinunciabile base per la comunicazione olistica necessaria all'elaborazione degli esecutivi del modello realizzato per il museo di Altia e alla costruzione – in corso di sviluppo – di un gemello digitale da utilizzare per un museo virtuale.

Parole chiave

Rilievo reality based, modellazione, gemelli digitali, allestimenti museali

Topic

Interpretare



Confronti tra le medesime componenti metalliche estratte da 4 copie manoscritte del medesimo codice medievale. Da sinistra verso destra: a) Codex bizantino del X sec. (da Russo F., Russo F. 2009); b) Codex_P, fol.69 (da Schneider 1906); c) Codex_M, fol.58 (da Schneider 1906); d) Codex Parisinus inter supplementa Graeca 607, f.57 (Bibliothèque Nationale, Paris)

Introduzione

Nel corso del lungo dipanarsi dell'evoluzione dei criteri e dei principi che governano la "disposizione delle varie parti di un tutto funzionale" (architettonica), ci si imbatte, non di rado, nei nomi dei più prestigiosi cervelli del mondo scientifico dell'antichità. Archita, (V sec. a.C.), Archimede (III sec. a.C.), Ctesibio (III sec. a.C.), Filone di Bisanzio (III sec. a.C.), Erone di Alessandria (I sec. d.C.) non soltanto non disdegnarono di occuparsi di armamenti, ma molto spesso legarono il proprio nome all'invenzione o alla trasformazione di macchine belliche. Coevo di Erone è Vitruvio: per molti, l'ingegnere militare e, per altri, architetto di epoca Imperiale. I paragrafi X, XI, XII del Decimo Libro del suo trattato sono dedicati alla commisurazione modulare delle parti di armi da assedio. Delle componenti di baliste (lanciasassi) proporzionate da Vitruvio non esistono né prove materiali né riferimenti iconografici, eccezion fatta di due discussi bassorilievi conservati presso la Galleria degli Uffizi a Firenze. L'assenza di icone, però, non lascia stupiti [Rossi, Palmieri 2020], così come l'assenza dei reperti: il legno invecchia e con il tempo si disintegra. Di contro, i metalli resistono alla erosione dei secoli. Diverse, invece, le risultanze archeologiche in ferro e/o bronzo rinvenute e riconosciute come componenti di macchine telecineretiche elastiche. Senza voler entrare nel merito della diatriba filologica circa il ruolo effettivamente giocato da Erone di Alessandria nell'elaborazione di un nuovo propulsore, s'intende in questo articolo ordinare le fonti per descrivere un percorso "certificato" di ricostruzione poiché basato sul rilievo delle risultanze archeologiche, le fonti testuali e iconografiche.

Stato dell'arte

I resti di un congegno metallico rinvenuto ad Hatra nel 1989 [1] nel corso della campagna di rilievo effettuata intorno ai ruderi della cinta muraria collocata ad est del Grande Santuario di epoca imperiale, dimostrano l'impiego una lancia-sassi del tipo "palintona" (sforzo nella direzione inversa, dal greco *palin-tonos*) (fig. 01). Permettendo ai bracci un settore radiale di 100 questa era enormemente più devastante (Titus Flavius Iosephus I sec. d.C.), a parità di dimensione, della tradizionale (già impiegata secoli a.C.) di tipo "eutitone" (sforzo nella giusta direzione, dal greco *eu-tonos*).

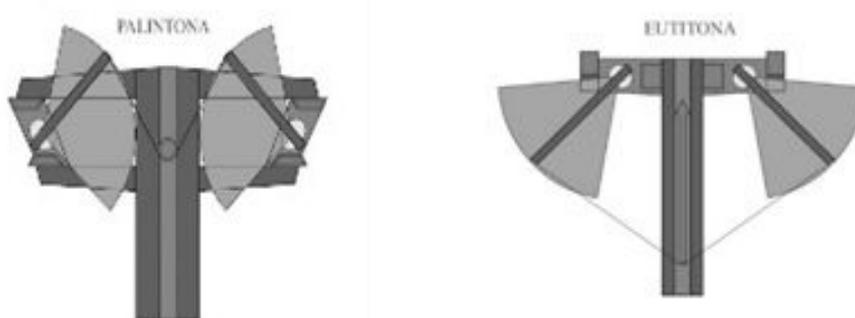
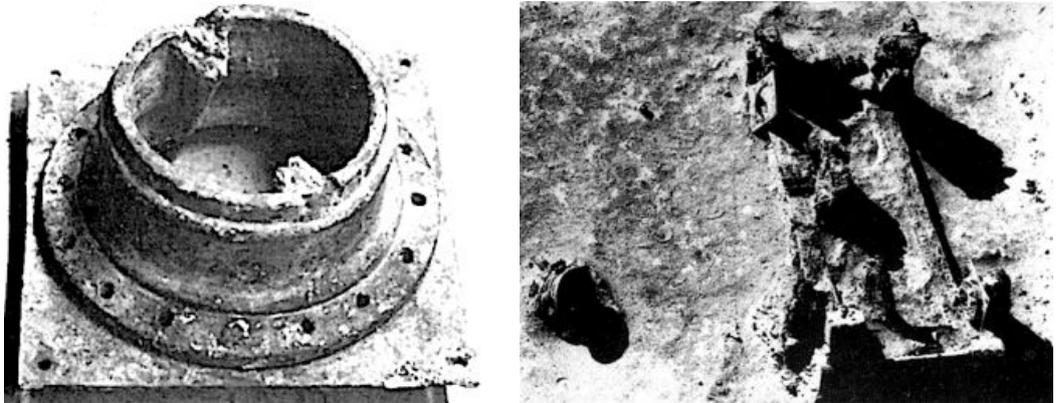


Fig. 01. Eutitona (sforzo nella giusta direzione, dal greco *eu-tonos*) e Palintona (sforzo nella direzione inversa, dal greco *palin-tonos*) confronti di tipologie. Da: Russo F., Russo F. 2009, p.49

Dando per scontato che soltanto la deformazione elastica per torsione potesse fornire l'energia necessaria all'accumulatore-motore della macchina d'assedio, l'attenzione ricade sull'ottimo stato di conservazione del "modiolo" (componente che sostiene e torce le matasse nervine per il caricamento dell'arma) e della blindatura del telaio rinvenuti in prossimità di una torre presso la tratta muraria della città nel IV secolo, caposaldo dell'Impero Romano (Fig. 02).

Va ricordato in proposito che Vitruvio assegna al diametro della matassa, coincidente con quello interno del modiolo, il valore di modulo attraverso il quale commisurare l'intero gruppo propulsore, il *capitulum* secondo la sua definizione.

Fig. 02. Hatra. Risultanze archeologiche della balista di epoca imperiale (I-IV sec.). Da Russo F., Russo F. (2009), p. 31, p. 53



Il modiolino rinvenuto ad Hatra ha un diametro di circa 180 mm, ben più grande di altri rinvenuti altrove (fig. 03). Soltanto una robusta struttura di legno, rinforzata con piastre di bronzo inchiodate, avrebbe sopportato l'ampio movimento dei bracci (chele) che tendono la corda arciera, spinto fino allo snervamento delle matasse nervine.

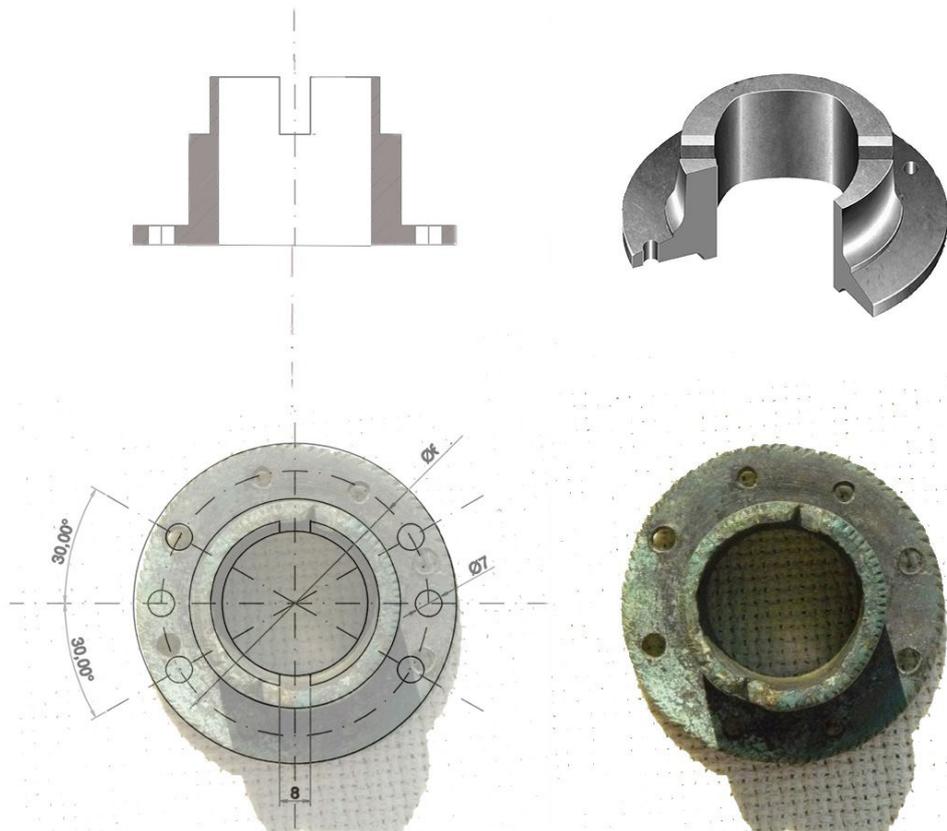


Fig. 03. Rilievo e restituzione del modiolino rinvenuto ad Ampuruias (Spagna). Lab Archeo-tecnica

La macchina di Hatra rivela, infatti, una rivoluzionaria transizione strutturale, quella che di lì a poco consentirà una vistosa riduzione delle dimensioni delle armi a parità di potenza distruttiva [2], da cui il nome di balista a mano (*cheirolabista* in greco o *manuballista* in latino) [Russo 2004, pp. 50-53]. Di quest'ultima ci è pervenuta una dettagliata descrizione in greco antico, **βελοπαικία**. L'autore, Erone di Alessandria, delinea un principio, quello inerente al movimento delle braccia, già noto nel III secolo a.C. stando agli scritti di Filone di Bisanzio.

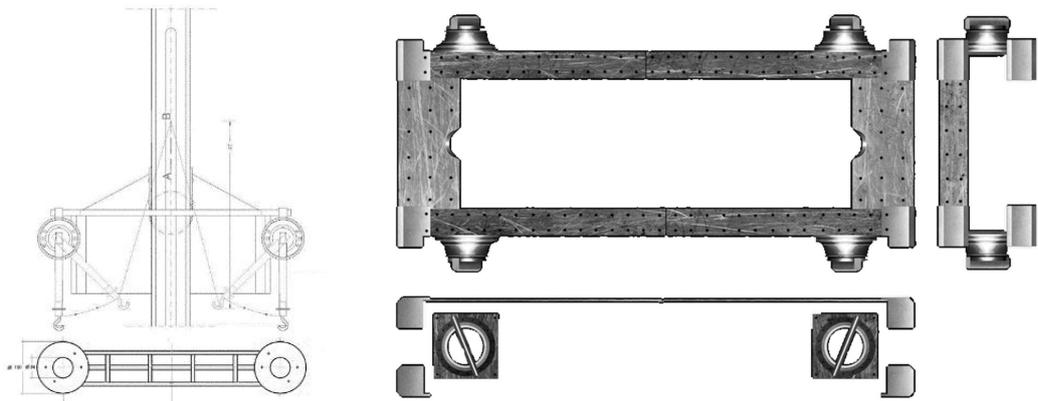
Filone, infatti, allievo della scuola alessandrina per meccanici fondata da Ctesibio, costruttore di una lancia-sassi con molle ad aria compressa e una lanciadardi con molle a balestra [Filone 280/220 a.C.], ben sapeva quanto il legno fosse inadeguato a sopportare tensioni maggiori da quelle accumulate con un'apertura maggiore di 60°[3]. L'impiego di ferro e bronzo risolse la questione permettendo macchine più maneggevoli o di maggiore gittata e potenza. Inoltre, è proprio grazie alle caratteristiche di questi metalli in grado di resistere alle ingiurie del tempo che oggi abbiamo certezza della vera forma e grandezza di queste macchine micidiali [Titus Flavius Iosephus I sec d.C.] emblema della civiltà romana ed origine di una cultura europea.

A interrompere il silenzio che seguì il dissolvimento dell'Impero a causa dell'imperizia scientifica e incapacità organizzativa, intervennero gli studi tardo Cinquecenteschi. Francesco Barocio e Patrizio Veneziano pubblicarono a Venezia nel 1572 "Heronis Mechanici", una traduzione dal greco antico del trattato di Erone seguito nel 1616 da "Heronis Ctesibii Belopoeica: item Heronis vita"[4]. Bernardino Baldi, abate di Guastalla, illustra la trascrizione completandola con una biografia del matematico. Il suo testo è di grande interesse per la puntuale documentazione grafica che i reperti rinvenuti successivamente permettono di controllare in ogni dettaglio formale e dunque tecnico funzionale. Occorre tuttavia attendere la metà del secolo successivo, per rintracciare certezze sulle verifiche necessarie. Lo studio di H. Kochly e W. Rustov, culminato nel 1853 con la pubblicazione a Leipzig di *Griechische Kriegsschriftsteller* è, per gli esperti del settore, scientifico ma pur sempre di tipo umanistico-letterario poiché basato sul vaglio di scarse fonti e sull'interpretazione estesa dei testi classici. Gli studi di verifica sperimentale cominciarono con il ritrovamento a Lione di una scatola in metallo, tra il 1855 e il 1857, che qualcuno collegò alla macchina di Erone. Il reperto stimolò la redazione di un saggio edito a Parigi nel 1877 con l'inequivocabile titolo: *La chiroballiste d'Heron d'Alexandrie* [Prou 1877]. Le tesi esposte furono contestate da R. Scheider che pubblicò nel 1906 un polemico saggio dal titolo *Herons Cheiromballistra*. La questione travalicò il mero ambito strettamente accademico per coinvolgere quello militare. Proprio negli anni in cui Erwin Schramm approfondiva gli studi sull'argomento, affiorarono, nel 1912, ad Ampurias non lontano da Barcellona, dei singolari e vetusti resti metallici [Diels & Schramm 1919, 1920]. Grazie all'ottimo stato di conservazione fu subito evidente che quelle piastre di ferro corrosivo e quelle flange di bronzo altro non erano che resti delle blindature e dei modiolli di un gruppo propulsore di una catapulta eutitona romana. Per giunta, riscontrando la coincidenza di diametro con i modiolli assunti ad unità di misura nella meticolosa descrizione dell'arma di Vitruvio, non fu difficile ricostruire l'arma nella sua interezza. Senza dubbio, quando si tenta di restituire, sia pure graficamente, la probabile configurazione di un congegno di cui sia nota soltanto una componente e la relativa sequenza funzionale, l'arbitrio è minimo, a patto che funzioni ovviamente!

Il gemello digitale

Rinviano ad altra sede le riflessioni scaturite dall'analisi delle tredici sezioni che compongono il volume del Baldi e, dunque, la puntuale analisi critica delle tavole allegate, il presente articolo, breve ma non per questo superficiale, si concentra sul ri-disegno del modiollo rinvenuto ad Hatra e, dunque, sulla codificazione degli elementi che costituivano la *dispositio*, cioè il corretto posizionamento degli elementi che, per il trattatista, costituivano un insieme ben strutturato. I modi con cui le componenti dovevano essere realizzate (ma anche le rappresentazioni ad esse perfettamente corrispondenti) erano basati sulle proporzioni e sulla geometria che Vitruvio descrive esattamente per le macchine telecinetiche di epoca Repubblicana. Il modo di procedere è chiaro alla luce dei grafici a noi pervenuti attraverso quattro manoscritti medievali [Iriarte 2000][5]. Il testo, tradizionalmente attribuito ad Erone e denominato "*Cheiromballistra*" (per le ragioni sopra menzionate) è un breve scritto in greco attico composto da cinque sezioni, ognuna delle quali è seguita da tavole grafiche ridisegnate (fig. 04) e commentate da diversi studiosi moderni che traducono l'opera in inglese (Vincent 1866, 22-Wescher 1876, Marsden 1971, Iriarte 2020) e in tedesco [Gudea, Baatz 1974, 69-72]. Sono oggi chiare le forme ovvero le funzioni da cui derivano la messa in forma di lanciasassi e lanciadardi ellenistiche.

Fig. 07. Balista palintona del tipo rinvenuto ad Hatra: definizione dei dettagli. Lab.Archeotecnica



Seguendo i procedimenti geometrici indicati da Vitruvio, l'ing. Flavio Russo, consulente dello Stato Maggiore dell'Esercito, ha ricostruito nel 2005, per incarico della sovrintendenza del Molise, un prototipo funzionante della lanciasassi di Hatra, in scala 1:2, esposto nell'area archeologica di Saepinum-Altilia (CB) (figg. 09, 10).

Vitruvio fornisce inoltre per le baliste un elenco di corrispondenze tra pesi dei sassi (palle), espressi in libbre, e i diametri delle matasse elastiche espresse in dita. Tale relazione consente di calcolare il peso della palla che la macchina poteva scagliare, qualora noto il diametro dei modiolì, in base alla formula di calibrazione di Filone (Marsden 1969).

La restituzione grafica dei resti di Hatra ha rappresentato il momento di verifica della più o meno nota componentistica di una antica macchina ma, per i suoi stringenti condizionamenti dinamici, anche un'agevolazione alla minuziosa ricostruzione ancorché riferita a modesti frammenti. La concordanza fra quanto meccanicamente corretto, quanto deducibile dalle raffigurazioni e quanto tramandato dalle narrazioni costituisce un insieme altamente probabile dal punto di vista statistico.

Fig. 08. Modello della balista di Hatra: a) vista assonometrica; b) esplosi assonometrici della base. Lab.Archeotecnica

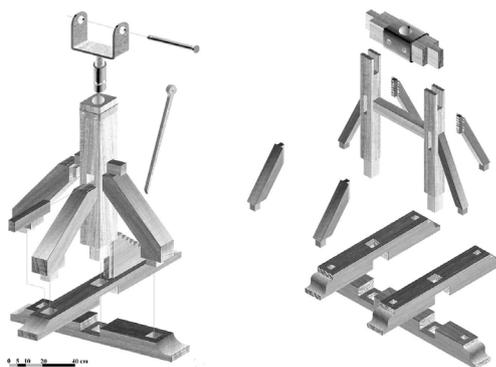


Fig. 09. Componenti della balista di Hatra. Dettaglio del modiolò Lab.Archeotecnica

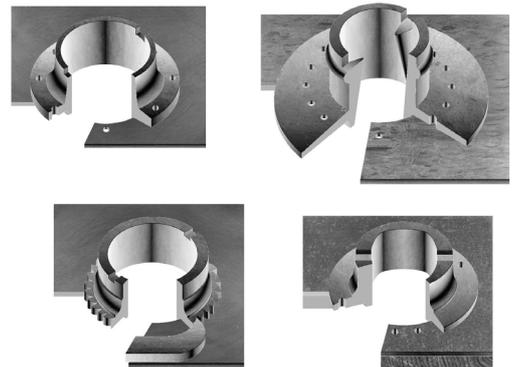


Fig. 10. Ricostruzione della lanciasassi di Hatra, scala 1:2, Museo di Sepinum.

Lo studio attualmente in itinere mira a definire un gemello digitale (Digital Twin DT) per la creazione dell'alter ego immateriale della balista di Hatra, che dovrebbe essere in grado di permettere la fruizione del manufatto culturale attraverso mezzi digitali quali pagine web, contenuti audio/video.

Risultati raggiunti e in divenire

Il caso studio conferma il duplice ruolo-impiego del disegno, all'unisono esplorativo /operativo. La nozione di rappresentazione si colloca infatti nell'area dell'analisi, un' analisi certamente tendenziosa poiché orientata a 'ordinare' la complessità di artifatti /naturali selezionando elementi in funzione ad obiettivi specifici preposti. Esprimere attraverso i segni che compongono le figure i contenuti significa dispiegare i processi logici finalizzati alla conoscenza e attraverso questa la ricerca di questioni fondamentali che nel loro articolarsi regolano il divenire diacronico (storico) dell'evoluzione delle forme e la trasformazione dei canoni espressivi. Il rilievo dimensionale e la critica operativa derivata dall'analisi sistematica e rigorosa delle proprietà permette la declinazione degli attributi caratteri meno evidenti ma più pregnanti ed essenziali. Il testo vorrebbe offrire un esempio emblematico del processo che contrassegna l'azione restituendo le tematiche delle questioni di volta in volta focalizzate.

La riflessione teorica e la prassi operativa aprono al dialogo con altre discipline: l'esegesi storica dei più noti trattati ellenistici e le costruzioni tecniche ad essi inerenti permettono di esplorare il tema della rappresentazione quale luogo privilegiato per la integrazione dei saperi e le opportune specificità derivate da una visione complessiva che ha consentito la trascrizione degli elaborati esecutivi in modello fisico realizzato. La rappresentazione compendia, integra e in una qual misura riassume nella ri-presentazione scienze sociali, umanistiche e tecniche. L'uso di applicativi, strumenti e metodi idonei alle attività di analisi dei valori esistenti incentiva la ricerca scientifica

Note

[1] <https://www.centroscavatorino.it/siti-di-scavo/hatra>

[2] Da cui il nome di *manuballista* in latino, ovvero balista a mano o manesca, o cheirobalista in greco (Russo 2004:50-53). Dell'arma ci è pervenuta una dettagliata descrizione in greco (βελοποιικά, I sec.).

[3] “*De quibusdam iaculatorijs instrumentis brevis enarratio* nel quale sono esposte brevemente le caratteristiche della macchine da lancio con descrizioni tratte da testi classici e senza alcun disegno esplicativo. Precisa, inoltre, un dettaglio significativo: “*de quibus Autor in presentia loquitur: sciendum est quod multa, varias sunt instrumenta iaculatoria, de quibus ipsa “Belopoiia” idest iaculorum effectrix scientia pertractat: ut Angoes, Monopangones, catapultae, Ballistae, eta alia id geneus, quorum instrumentorum alia sunt recte extensa, iuxta eorum chordas, quae quidem à graecis Euthitona, hoc este recta extensa sive recte extensas eorum chordas habentia: alia vero iuxta, seu reflexas eorum chordas reflexa, quae ab eisdem Palintona, hoc est reflexa, seu reflexas eorum chrdas habentia nominantur*” (Barocio & Veneziano, 1572 p.34 e sgg).

[4] Fornitogli, come si legge in apertura, per “somma gentilezza” dal signor abate Gianjacopo Monti segretario della Accademia degli Occulti Completa (1616:5).

[5] M: Codex Parisinus inter supplementa Graeca 607 (foll. 56r-58v). Bibliothèque Nationale, Paris. F: Fragmenta Vindobonensia 120, olim 113 (foll. 12r-14v). Österreichische Nationalbibliothek, Vienna. P: Codex Parisinus Gr. 2442 (foll. 68v-70v). Bibliothèque Nationale, Paris. V: Codex Vaticanus Gr. 1164 (foll. 106v-108v). Biblioteca Vaticana, Rome (cfr. Vincent 1866, 22-26; Wescher 1876, IX-XL and Marsden 1971, 9-15).

Riferimenti Bibliografici

- Baldo Bernardino, abate di Guastalla (1616). *Heronis Ctesibii Belopoeica: Item Heronis vita*. Francus.
- Barocio, F., Veneziano P. (1572). *Heronis Mechanici*. Venezia.
- Centro Scavi Torino. < <https://www.centroscavitorino.it/siti-di-scavo/hatra> > (consultato il 4 gennaio 2021).
- Diels, H., Schramm, E. (1919). *Philons Belopoiika (Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, Philosoph. hist. Kl. 16)*. Berlin: Reimer.
- Diels, H., Schramm, E. (1920). *Exzerpte aus Philons Mechanik B. VII und VIII (vulgo funftes Buch) (Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, Philosoph. hist. Kl. 12)*. Berlin: Reimer.
- Filone di Bisanzio (280/220 a.C.). *Paraskeuastica (παρασκευαστικά). Trattato di meccanica (ΜηχανικήΣύνταξις)*. Traduz. francese di Garlan Yvon, (1974), Le livre "V" de la "syntaxe mecanique" de Pihilon de Byzance. *Recherches de poliorcétique grecque*. Paris: Ecole Française d'Athènes De Boccard.
- Gudea-Baatz, D. (1974). *Teile spatromischen Ballistenaus Gornea und Orşova (Rumanien)*. Saalburg-Jahrbuch 31, (50-72).
- Hermann, D., Schramm, E. (1919). *Philons Belopoiika (Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, Philosoph. hist. Kl. 16)*. Berlin, 1919, Reimer.
- Irarte, A. (2000). *Pseudo-Heron's Cheiroballistra one more english translation. teorie 'giornale di studi sull'equipaggiamento Militare Romano* <<https://www.Academia.edu/43670154>> (consultato il 4 gennaio 2021).
- Kochly, H., Rustov, W. (1852). *Geschichte des griechischen Kriegswesen von der ältesten Zeit bis auf Pyrrhos*. Leipzig: Verlag-Comptoir.
- Marsden, E.W. (1969). *Greek and roman artillery, Historical Development*. Oxford: University Press.
- Prou, V. (1877). La chirobaliste d'Heron d'Alexandrie, in *Notices et ex-traites des manoscrits de la bibliothèque nationale et autres bibliothèques*, n. 26. <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1656187.image> > (consultato il 12 gennaio 2022).
- Rossi, A., Palmieri, U. (2020). Le immagini negate| The Denied Images. In *Connettere - un disegno per annodare e tessere · Connecting - drawing for weaving relationships* Milano: Franco Angeli pp.803-828.
- Rossi, A. (2015). *Executive designs of a palinthytone stone-thrower in reconstructions of ancient Greco-Roman war machines* <www.arteotecnica.it > (consultato il 12 gennaio 2022).
- Rossi, C., Russo, F., Russo, F. (2009). *Ancient engineers' inventions. Precursors of the present. History of mechanism and machine science*. Vol. 8 Berlino: Springer.
- Russo F. Russo F. (2009). *Techne*. Roma: Finmeccanica Rivista Militare
- Russo, F., Russo, F. (2004). *L'artiglieria delle legioni romane*. Roma: Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato 2004.
- Russo, F. (2002). *Tormenta, venti secoli di artiglieria meccanica*. Roma: Stato Maggiore Esercito.
- Schneider, R. (1906). *Heron's Cheiroballistra*. In *Mitteilungen des Kaiserlich Deutschen Archaeologischen Instituts*. Berlin: Imperiale Istituto Archeologico Germanico.
- Schramm, E. (1918). *Die antiken Geschütze der Saalburg*, Berlino: Saalburgmuseum.
- Soedel, W., Foley, V. (1979). Ancient Catapults. In *Scientific American* Vol. 240 n. 3 March 1979, 120-129.
- Titus Flavius Iosephus (I sec d.C.). *Guerra Giudaica*. Montevarchi, Harmakis Edizioni.
- Vicente, J.D., Punter, M.P., Ezquerro, B. (1999). La catapultas tardorepublicana y otro equipamiento militar de 'La Caridad' (Caminreal, Teruel). In *Journal of Roman Military Equipment Studies* 8, 167-199.
- Vincent, A.J.H. (1866). *Héron d'Alexandrie*. Parigi: La Chirobaliste: Restitution et Traduction.
- Vitruvio (19 d.C.). De Architettura liber libro. In Mons. Barbaro, D. (1567), *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio. Tradotti e commentati da Mons. Daniele Barbaro eletto Patriarca d'Aquileia, da lui riveduti e ampliati*. Venezia: Francesco de' Franceschi Senese.

Autori

Adriana Rossi, Dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", adriana.rossi@unicampania.it
Umberto Palmieri, Dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
umberto.palmieri@unicampania.it
Sara Gonizzi Barsanti, Dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
sara.gonizzibarsanti@unicampania.it

Per citare questo capitolo: Rossi Adriana, Palmieri Umberto, Gonizzi Barsanti Sara (2022). Ripresentare il reperto di Hatra/Represent the find of Hatra. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visibilità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visibility. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1033-1048.



Represent the find of Hatra

Adriana Rossi
Umberto Palmieri
Sara Gonizzi Barsanti

Abstract

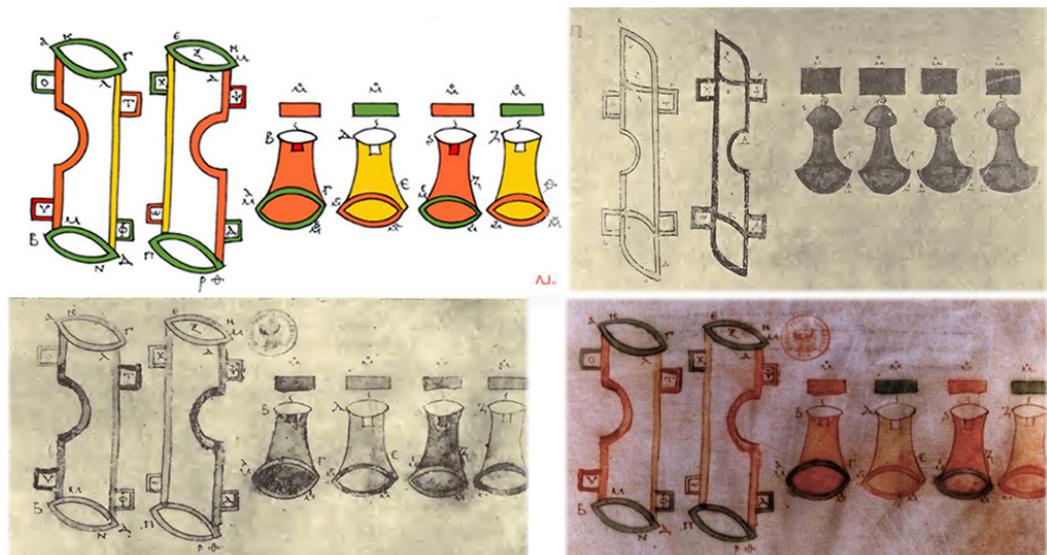
Sources are ordered to show the potential of graphic models that move from interpretation to communication of design control. The basis of the investigation is the survey and redesign of the findings in Hatra. The analysis of the structural values of the components found allowed exercises in the proportioning of the parts in application of Vitruvius' prescriptions for catapults and ballistae in the 10th book of his treatise. The ways (ichnographia and Ortographia) in which the elements are well-structured (dispositio) in the representation, as well as in the realisation, formalise a system of rational organisation that the case study develops because it can interpenetrate the use of the geometry necessary for the mise-en-scène as a technique for constructing the design/project. The theoretical reflection on the excerpts from De Architectura and the configurative praxis involved other disciplines in the action. The study confirms the graphic re-representation as an indispensable basis for the holistic communication necessary for the elaboration of the executives of the model realised for the museum of Antilia and the construction - under development - of a digital twin to be used for a virtual museum.

Keywords

Reality based survey, modelling, digital twin, museum installations.

Topic

Interpreting



Comparisons between the same metal components extracted from four handwritten copies of the same medieval code. From left to right: a) Byzantine code of the 10th century (from Russo F., Russo F. 2009); b) Codex_Pfol.69 (from Schneider 1906); c) Codex_M, fol. 58 (from Schneider 1906); d) Codex Parisinus inter supplementa Graeca 607, f.57 (Bibliothèque Nationale, Paris)

Introduction

During the long unravelling of the evolution of the criteria and principles governing the “arrangement of the various parts of a functional (architectural) whole”, one not infrequently comes across the names of the most prestigious brains of the scientific world of antiquity. Archaedas (5th century BC), Archimedes (3rd century BC), Ctesibius (3rd century BC), Philo of Byzantium (3rd century BC) and Hero of Alexandria (1st century AD) not only did not disdain to deal with weaponry, but very often linked their names to the invention or transformation of war machines. A contemporary of Hero’s is Vitruvius: for many, the military engineer and, for others, the architect of the Imperial era. Paragraphs X, XI and XII of the Tenth Book of his treatise are dedicated to the modular proportioning of the parts of siege weapons. There is no material evidence or iconographic reference for the components of ballistae (rocket launchers) proportioned by Vitruvius, except for two controversial bas-reliefs in the Uffizi Gallery in Florence. The absence of icons, however, is not surprising [Rossi, Palmieri 2020], nor is the absence of artefacts: wood ages and disintegrates over time. On the other hand, metals resist the erosion of centuries. On the other hand, archaeological findings in iron and/or bronze have been discovered and recognised as components of elastic telekinetic machines. Without wishing to enter the merits of the philological diatribe on the role played by Heron of Alexandria in the development of a new propulsion system, the aim of this article is to order the sources in order to describe a “certified” path of reconstruction, since it is based on the archaeological findings, textual and iconographic sources.

State of the Art

The remains of a metal device found in Hatra in 1989[1] during the survey campaign carried out around the ruins of the walls located east of the Great Sanctuary of the imperial age, demonstrate the use of a stone-thrower of the “palintona” type (effort in the reverse direction, from the Greek palin-tonos) (fig. 01). Allowing the arms a radial sector of 100, this was enormously more devastating (Titus Flavius Iosephus I sec. AD), with the same size, than the traditional (already used centuries BC) type “eutitona” (effort in the right direction, from the greek eu-tonos).



Fig. 01. Eutitona (effort in the right direction, from Greek eu-tonos) and Palintona (effort in the reverse direction, from Greek palin-tonos) typology compared.

Taking for granted that only the elastic deformation due to torsion could supply the necessary energy to the accumulator-motor of the siege machine, the attention falls on the excellent state of preservation of the “modiolo” (component that supports and twists the nervine hanks for the loading of the weapon) and of the armor of the frame found near a tower near the city walls, stronghold of the Roman empire in the IV century, (fig. 02). It should be remembered that Vitruvius assigned to the diameter of the skein, coinciding with the internal diameter of the modiole, the value of the module through which to measure the entire propulsion unit, the capitulum according to its definition. The modiole found in Hatra has a diameter of about 180 mm, much larger than others found elsewhere (fig. 03). Only a sturdy wooden structure, reinforced with bronze plates, would have withstood the

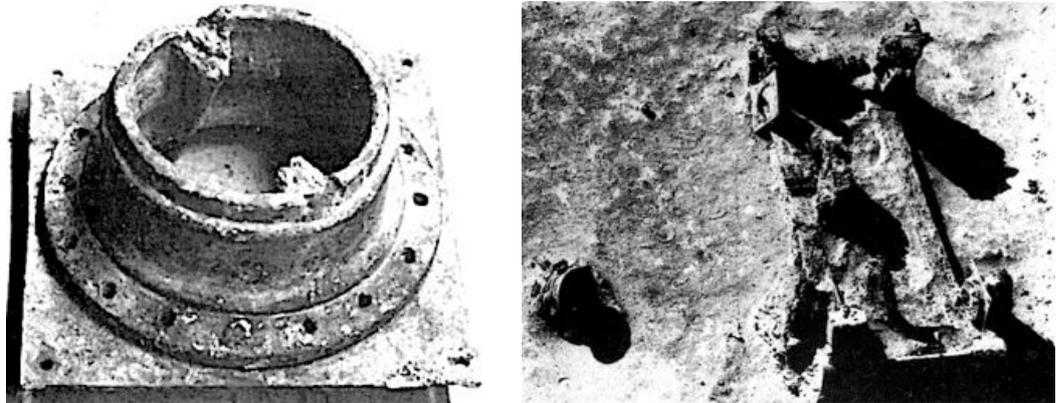


Fig. 02 Hatra. Archaeological findings of the ballista of the imperial period (I-IV sec.). From Russo F., Russo F. (2009), p. p.31, p.53.

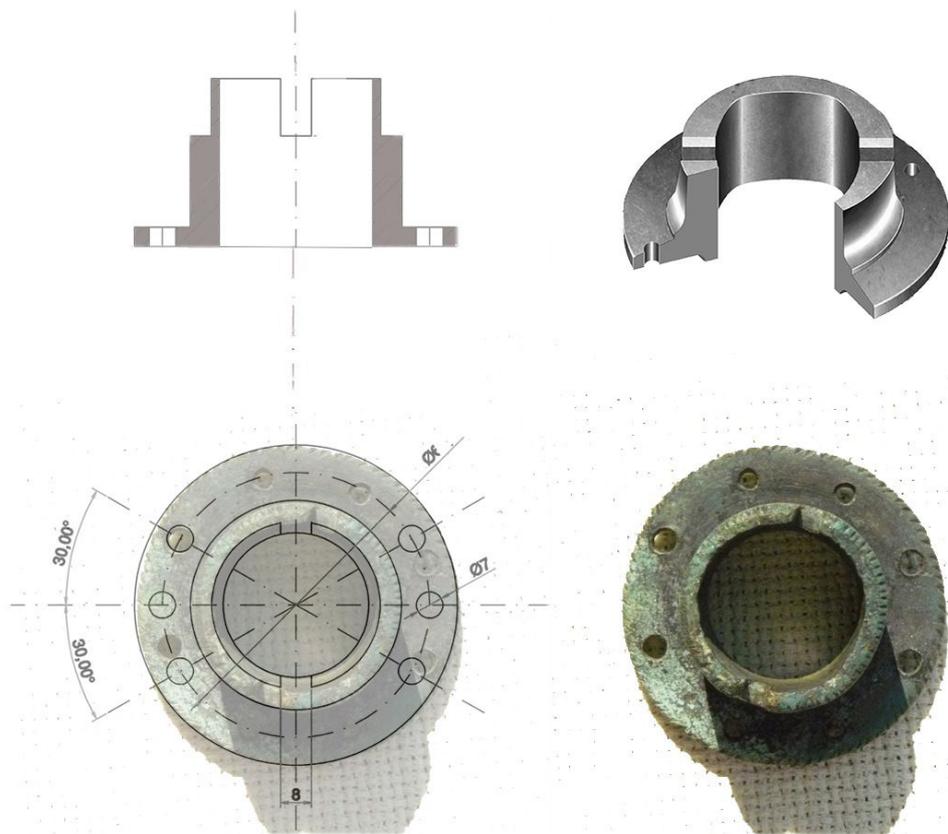


Fig. 03. Survey and restitution of the modiol found at Ampuriias (Spagna). From Lab Archeotecnica

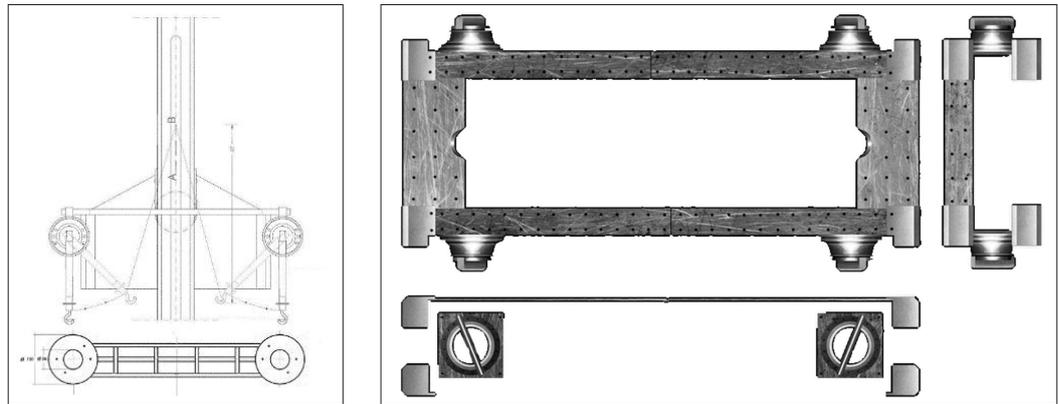
ample movement of the arms (claws) that stretch the bowstring, pushed to the point of yielding of the nerve hanks. The machine of Hatra reveals, in fact, a revolutionary structural transition, the one that shortly, thereafter, will allow a conspicuous reduction in the size of the weapons with the same destructive power [2], hence the name of hand ballista (cheiroballista in Greek or manuballista in Latin) [Russo 2004, pp. 50-53]. Of the latter we have received a detailed description the ancient Greek, βελοποιικά. The author, Hero of Alexandria, outlines a principle, the one inherent in the movement of the arms, already known in the third century BC according to the writings of Philo of Byzantium. Philo, in fact, a student at the Alexandrian school for mechanics founded by Ctesibius, builder of a stone-thrower with compressed air springs and a dart-thrower with crossbow springs [Philo 280/220 BC], well knew how inadequate wood was to withstand tensions greater than those accumulated with an opening greater than 60° [3]. The use of iron and bronze resolved the issue by allowing more manageable machines or greater range and power.

Moreover, it is thanks to the characteristics of these metals able to resist the ravages of time that today we are certain of the true shape and size of these deadly machines [Titus Flavius I sec AD] emblem of Roman civilization and origin of European culture. To interrupt the silence that followed the dissolution of the Empire due to scientific inexperience and organizational inability, intervened the studies of the late sixteenth century. Francesco Barocio & Patrizio Veneziano published in Venice in 1572 "Heronis Mechanici" a translation from ancient Greek of the treatise of Hero followed in 1616 by "Heronis Ctesibii Belopoeica: item Heronis vita" [4]. Bernardino Baldi, abbot of Guastalla, illustrates the transcript by completing it with a biography of the mathematician. His text is of great interest for the precise graphic documentation that the findings subsequently found allow us to check every formal and therefore technical functional detail. However, it is necessary to wait until the middle of the following century to find certainty about the necessary verifications. The study of H. Kochly and W. Rustov, culminated in 1853 with the publication in Leipzig of *Griechische Kriegsschriftsteller* is, for experts in the field, scientific but still of humanistic-literary type since it is based on the screening of scarce sources and on the extended interpretation of classical texts. The studies of experimental verification began with the discovery in Lyon of a metal box, between 1855 and 1857, that someone connected to the machine of Heron. The finding stimulated the writing of an essay published in Paris in 1877 with the unequivocal title: *La chiobaliste d'Heron d'Alexandrie* [Prou 1877]. The theses were challenged by R. Scheider who published in 1906 a controversial essay entitled *Heron's Cheioballistra*. The issue went beyond the strictly academic to involve the military. Just in the years in which Erwin Schramm deepened the studies on the subject, surfaced in 1912 in Ampurias not far from Barcelona, the unique and ancient metal remains [Diels, Schramm 1919-1920]. Thanks to the excellent state of preservation, it was immediately evident that those corroded iron plates and bronze flanges were nothing more than the remains of the armor and the *modioli* of a propulsion unit of a Roman *eutitona* catapult. Moreover, since the diameter coincided with the *modioli* used as units of measurement in Vitruvius' meticulous description of the weapon, it was not difficult to reconstruct the weapon in its entirety. Undoubtedly, when one tries to reconstruct, even graphically, the probable configuration of a device of which only one component and the relative functional sequence are known, arbitrariness is minimal, if it works, of course!

The digital Twin

Postponing to another place the reflections that have arisen from the analysis of the thirteen sections that make up the volume of Baldi and, therefore, the precise critical analysis of the attached tables, this article, brief but not superficial, focuses on the re-drawing of the *modiolo* found at Hatra and, therefore, on the codification of the elements that constituted the *dispositio*, that is the correct positioning of the elements that, for the treatise writer, constituted a well-structured whole. The ways in which the components had to be realized (but also the representations perfectly corresponding to them) were based on the proportions and geometry that Vitruvius describes exactly for the telekinetic machines of the Republican era. The way to proceed is clear in the light of the graphs that have come down to us through four medieval manuscripts [Iriarte 2000] [5]. The text, traditionally attributed to Hero and called "Cheioballistra" (for the reasons mentioned above) is a short writing in Attic Greek composed of five sections, each of which is followed by graphic tables redrawn (fig. 04) and commented by several modern scholars who translated the work into English (Vincent 1866, 22-Wescher 1876, Marsden 1971, Iriarte 2020) and German [Gudea, Baatz 1974, 69-72]. The forms i.e., the functions from which the Hellenistic stone-throwers and spear-throwers are derived are now clear. The dimensions of the bronze armors that originally adhered exactly to the wooden structure of the frame found in Hatra in a perfect state of preservation, allow today to obtain the exact measures on which the size of the parts is calculated, Vitruvius in fact fixed the module (X book, X-XII) equal to the diameter of the elastic skein (element of the propulsion group). According to the author, the length of the bowstring, stretched between the two arms almost square stretched out in front, is equal to the dis-

Fig. 07. Balista Palintone ballista of the type found at Hatra: definition of details.



This relationship makes it possible to calculate the weight of the ball that the machine could throw, if the diameter of the modioli is known, based on Philo's calibration formula (Marsden 197). The graphic restitution of the remains of Hatra represented the moment of verification of the known components of an ancient machine but, because of its stringent dynamic conditions, it also facilitated the meticulous reconstruction even though it referred to modest fragments. The concordance between what is mechanically correct, what can be deduced from the representations and what has been handed down by the narrations constitutes a highly probable whole from a statistical point of view.

Fig. 08. Model of the ballista of Hatra: a) axonometric view b) axonometric exploded views of the base.

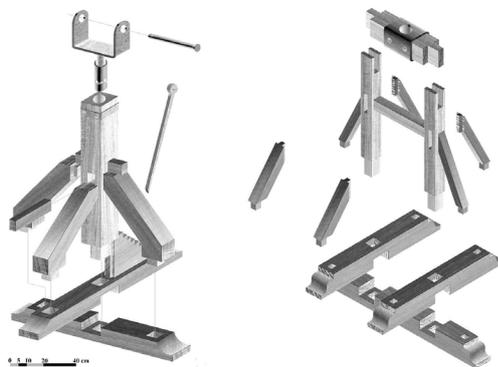


Fig. 09. Hatra ballista components.

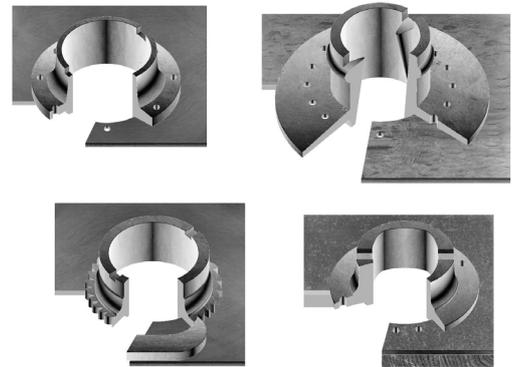


Fig. 10. Reconstruction of the Hatra stone thrower, scale 1:2, on display in the Sepinum Museum.



The study currently in progress aims to define a digital twin (Digital Twin, DT) for the creation of the immaterial alter ego of the ballista of Hatra, which should be able to allow the fruition of the cultural artifact through digital media such as web pages, audio/video content.

Results achieved and in progress

The case study confirms the dual role-use of drawing, in unison exploratory / operational. The notion of representation is in fact placed in the area of analysis, an analysis certainly tentative since it is oriented to 'order' the complexity of artifacts / natural selecting elements according to specific objectives set. Expressing the contents through the signs that make up the figures means unfolding the logical processes aimed at knowledge and through this the search for fundamental issues that in their articulation regulate the diachronic (historical) evolution of forms and the transformation of expressive canons. The dimensional survey and the operative criticism derived from the systematic and rigorous analysis of the properties allows the declination of the less evident but more meaningful and essential character attributes. The text would like to offer an emblematic example of the process that marks the action by returning the themes of the issues from time to time focused.

The theoretical reflection and the operative practice open to dialogue with other disciplines: the historical exegesis of the most famous Hellenistic treatises and the technical constructions inherent to them allow us to explore the theme of representation as a privileged place for the integration of knowledge and the appropriate specificity derived from an overall vision that has allowed the transcription of the executive elaborations into a physical model realized. The representation integrates and to some extent summarizes in the re-presentation social sciences, humanities and techniques. The use of applications, tools and methods suitable for the activities of analysis of existing values, stimulates scientific research towards the solution of interdisciplinary problems.

Note

[1] <https://www.centroscavitorino.it/siti-di-scavo/hatra>

[2] Hence the name *manuballista* in Latin, or *hand ballista* or *manesca*, or *cheiroballista* in Greek (Russo 2004:50-53). We have a detailed description of the weapon in Greek (**βελουποικία**, 1st century).

[3] “*De quibusdam iaculatorijs instrumentis brevis enarratio* nel quale sono espote brevemente le caratteristiche della macchine da lancio con descrizioni tratte da testi classici e senza alcun disegno esplicativo. Precisa, inoltre, un dettaglio significativo: “*de quibus Autor in presentia loquitur: sciendum est quod multa, varias sunt instrumenta iaculatoria, de quibus ipsa “Belopoiia” idest iaculorum effectrix scientia pertractat: ut Angoes, Monopangones, catapultae, Ballistae, eta alia id geneus, quorum instrumentorum alia sunt recte extensa, iuxta eorum chordas, quae quidem à graecis Euthitona, hoc este recta extensa sive recte extensas eorum chordas habentia: alia vero iuxta, seu reflexas eorum chordas reflexa, quae ab eisderma Palintona, hoc est reflexa, seu reflexas eorum chrdas habentia nominantur*” (Barocio & Veneziano, 1572 p.34 e sgg).

[4] Provided to him, as we read at the beginning, out of ‘supreme kindness’ by Signor Abbot Gianjacopo Monti secretary of the Accademia degli Occulti Completa (1616:5).

[5] M: Codex Parisinus inter supplementa Graeca 607 (foll. 56r-58v). Bibliothèque Nationale, Paris. F: Fragmenta Vindobonensia 120, olim 113 (foll. 12r-14v). Österreichische National Bibliothek, Vienna. P: Codex Parisinus Gr. 2442 (foll. 68v-70v). Bibliothèque Nationale, Paris. V: Codex Vaticanus Gr. 1164 (foll. 106v-108v). Biblioteca Vaticana, Rome (cfr. Vincent 1866, 22-26; Wescher 1876, IX-XL and Marsden 1971, 9-15).

References

- Baldo Bernardino, abate di Guastalla (1616). *Heronis Ctesibii Belopoeica: Item Heronis vita*. Francus.
- Barocio, F., Veneziano P. (1572). *Heronis Mechanici*. Venezia.
- Centro Scavi Torino. < <https://www.centroscavatorino.it/siti-di-scavo/hatra> > (consultato il 4 gennaio 2021).
- Diels, H., Schramm, E. (1919). *Philons Belopoiika (Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, Philosoph. hist. Kl. 16)*. Berlin: Reimer.
- Diels, H., Schramm, E. (1920). *Exzerpte aus Philons Mechanik B. VII und VIII (vulgo funftes Buch) (Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, Philosoph. hist. Kl. 12)*. Berlin: Reimer.
- Filone di Bisanzio (280/220 a.C.). *Paraskeuastica (παρασκευαστικά)*. Trattato di meccanica (ΜηχανικήΣύνταξις). Traduz. francese di Garlan Yvon, (1974), Le livre "V" de la "syntaxe mecanique" de Pihilon de Byzance. *Recherches de poliorcétique grecque*. Paris: Ecole Française d'Athènes De Boccard.
- Gudea-Baatz, D. (1974). *Teile spatromischen Ballistenaus Gornea und Orşova (Rumanien)*. Saalburg-Jahrbuch 31, (50-72).
- Hermann, D., Schramm, E. (1919). *Philons Belopoiika (Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, Philosoph. hist. Kl. 16)*. Berlin, 1919, Reimer.
- Irarte, A. (2000). *Pseudo-Heron's Cheiroballistra one more english translation. teorie 'giornale di studi sull'equipaggiamento Militare Romano* <<https://www.Academia.edu/43670154>> (consultato il 4 gennaio 2021).
- Kochly, H., Rustov, W. (1852). *Geschichte des griechischen Kriegswesen von der ältesten Zeit bis auf Pyrrhos*. Leipzig: Verlag-Comptoir.
- Marsden, E.W. (1969). *Greek and roman artillery, Historical Development*. Oxford: University Press.
- Prou, V. (1877). La chirobaliste d'Heron d'Alexandrie, in *Notices et ex-traites des manuscrits de la bibliothèque nazionale et autres bibliothèques*, n. 26. <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1656187.image> > (consultato il 12 gennaio 2022).
- Rossi, A., Palmieri, U. (2020). Le immagini negate| The Denied Images. In *Connettere - un disegno per annodare e tessere · Connecting - drawing for weaving relationships* Milano: Franco Angeli pp.803-828.
- Rossi, A. (2015). *Executive designs of a palinthytone stone-thrower in reconstructions of ancient Greco-Roman war machines* <www.arteotecnica.it > (consultato il 12 gennaio 2022).
- Rossi, C., Russo, F., Russo, F. (2009). *Ancient engineers' inventions. Precursors of the present. History of mechanism and machine science*. Vol. 8 Berlino: Springer.
- Russo F. Russo F. (2009). *Techne*. Roma: Finmeccanica Rivista Militare
- Russo, F., Russo, F. (2004). *L'artiglieria delle legioni romane*. Roma: Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato 2004.
- Russo, F. (2002). *Tormenta, venti secoli di artiglieria meccanica*. Roma: Stato Maggiore Esercito.
- Schneider, R. (1906). Herons Cheiroballistra. In *Mitteilungen des Kaiserlich Deutschen Archaologischen Instituts*. Berlin: Imperiale Istituto Archeologico Germanico.
- Schramm, E. (1918). *Die antiken Geschütze der Saalburg*, Berlino: Saalburgmuseum.
- Soedel, W., Foley, V. (1979). Ancient Catapults. In *Scientific American* Vol. 240 n. 3 March 1979, 120-129.
- Titus Flavius Iosephus (I sec d.C.). *Guerra Giudaica*. Montevarchi, Harmakis Edizioni.
- Vicente, J.D., Punter, M.P., Ezquerro, B. (1999). La catapulta tardorepublicana y otro equipamiento militar de 'La Caridad' (Caminreal, Teruel). In *Journal of Roman Military Equipment Studies* 8, 167-199.
- Vincent, A.J.H. (1866). *Héron d'Alexandrie*. Parigi: La Chirobaliste: Restitution et Traduction.
- Vitruvio (19 d.C.). De Architettura liber libro. In Mons. Barbaro, D. (1567), *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio. Tradotti e commentati da Mons. Daniele Barbaro eletto Patriarca d'Aquileia, da lui riveduti e ampliati*. Venezia: Francesco de' Franceschi Senese.

Authors

Adriana Rossi, Dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", adriana.rossi@unicampania.it
Umberto Palmieri, Dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
umberto.palmieri@unicampania.it
Sara Gonizzi Barsanti, Dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
sara.gonizzibarsanti@unicampania.it

To cite this chapter: Rossi Adriana, Palmieri Umberto, Gonizzi Barsanti Sara (2022). Ripresentare il reperto di Hatra/Represent the find of Hatra. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1033-1048.