

24 DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN

Michele RUSSO, Marta ACIERNO (Eds.)



The Alcamo Stronghold: Multi-Scalar Survey and Hybrid Representation of the Sardinian Defensive Front (1942–1943)

Giancarlo Sanna^a, Andrea Pirinu^a, Andrés Martínez Medina^b, Nicola Paba^a

^a University of Cagliari, Italy, giancarlo.sanna@unica.it, apirinu@unica.it & nicola.paba@gmail.com, ^b University of Alicante, Spain, andresm.medina@ua.es

How to cite: Sanna, G., Pirinu, A., Martínez-Medina, A. & Paba, N. (2026). The Alcamo Stronghold: Multi-Scalar Survey and Hybrid Representation of the Sardinian Defensive Front (1942–1943). In: Russo, M. & Acierno, M. (eds.) *Defensive Architecture of the Mediterranean*, vol. XXIV, Proceedings of FORTMED - Fortification of the Mediterranean Coast, 19-21 February 2026, Rome. Rome-Valencia: Sapienza Università Editrice / edUPV
<https://doi.org/10.4995/Fortmed2026.2026.21509>

Abstract

During the Second World War, the south-eastern coastline of Sardinia was equipped with a multilayered defensive system. The first coastal line was intended to repel amphibious landings, while anti-ship and anti-aircraft batteries, positioned in strategic locations, secured maritime and aerial spaces in defence of major infrastructures. A second, more structured line developed along the inland hills, designed to counter and neutralize advancing ground forces. In Quartu Sant'Elena, this line materialized in a containment arc, consisting of 19 strongholds, among which stronghold no. 2, code-named Alcamo, occupied a commanding position over the Gulf of Angels. The complex comprises six reinforced-concrete multi-weapon bunkers with distinct planimetric configurations. Its elevated position also enhances its panoramic value, offering today a privileged vantage point for interpreting the surrounding landscape, at the intersection between military memory and environmental perception. Through an integrated and multiscale methodological approach—combining historical sources, architectural survey, and landscape representation—it is possible to more accurately reconstruct construction features, settlement logics, and environmental integration. The results, framed within a broader investigation encompassing both the Sardinian coastline and the Mediterranean coasts of Spain, contribute to a deeper understanding of the defensive system and provide operative bases for future actions of preservation and valorisation of the military landscape.

Keywords: bunkers, concrete defences, military architecture of the 20th century, World War II.

1. Introduzione

La Sardegna conserva un patrimonio architettonico e paesaggistico legato alla difesa del territorio, che trova nel sistema fortificato della Seconda guerra mondiale il più recente tassello di una lunga tradizione militare. A partire dai primi anni Quaranta, il Genio e la Marina

militare italiana avviarono la costruzione di oltre 1.500 opere difensive in calcestruzzo armato distribuite lungo l'intero perimetro costiero dell'isola per presidiare spiagge, approdi, infrastrutture strategiche e accessi urbani. Progettate secondo modelli grafici standardizzati,

tali architetture furono tuttavia adattate al contesto attraverso soluzioni morfologiche e mimetiche che ne condizionano ancora oggi la percezione nel paesaggio.

Il presente articolo si inserisce all'interno di un progetto di ricerca che coinvolge il DICAAR dell'Università di Cagliari, il DeGraf di Alicante (Spagna) e il Dip. SDR della Sapienza (Roma). Obiettivo prioritario è documentare e valorizzare questo patrimonio attraverso un approccio integrato e multiscale, capace di coniugare fonti storiche e archivistiche, analisi territoriale e rilievo architettonico-paesaggistico, fino a una riflessione critica sul rapporto tra architettura militare e paesaggio contemporaneo. Tale metodologia costituisce la base per l'elaborazione di strategie di narrazione visiva, orientate a restituire un senso ad un patrimonio scomodo e spesso disperso nel paesaggio.

2. Inquadramento teorico: verso un repertorio del paesaggio bellico del '900

Gli studi sulle architetture difensive del '900 hanno avuto origine nei contributi pionieristici dedicati all'Atlantic Wall. Paul Virilio ne ha messo in evidenza per primo la dimensione estetica e simbolica (Virilio, 1994), mentre successivamente Rudi Rolf ha sviluppato un ampio lavoro di catalogazione tipologica che rimane tutt'oggi un riferimento imprescindibile (Rolf, 1988). Nei primi anni Duemila, Bassanelli e Postiglione hanno ulteriormente ampliato il campo di indagine, teorizzando per questo patrimonio la configurazione di un paesaggio culturale specifico (Bassanelli e Postiglione, 2011). Sulla base di questi studi fondativi, l'interesse scientifico si è progressivamente esteso al cosiddetto Muro Mediterraneo (Martínez-Medina e Sanjust, 2013), che consente di interpretare come fenomeno unitario le fortificazioni realizzate lungo le coste mediterranee nel corso della Seconda guerra mondiale. In questo più ampio ambito di ricerca, che coinvolge tutti i paesi costieri del Mediterraneo, si inseriscono anche le prime indagini dedicate alle fortificazioni della Seconda guerra mondiale in Sardegna (Carro e Grioni, 2001).

La ricerca si è progressivamente orientata verso l'impiego di strumenti digitali e metodologie di rilievo integrato, con l'obiettivo di restituire la complessità del paesaggio militare del XX secolo. Da un lato, sono stati sperimentati modelli

interpretativi che uniscono analisi morfologica, lettura territoriale e rappresentazioni grafiche (Pirinu et al., 2020); dall'altro, è stato avviato lo sviluppo di un database multiscale per la gestione delle informazioni, lo studio tipologico e la valorizzazione del patrimonio militare (Sanna et al., 2025). Pur differenti per obiettivi e metodi, questi contributi convergono nel sottolineare la necessità di superare una logica puramente inventariale a favore di un approccio interpretativo multidisciplinare.

3. Contesto storico e architettonico: l'arco di contenimento di Quartu Sant'Elena

I litorali dell'isola costituiscono un vero e proprio palinsesto di architetture difensive, sedimentatesi nel corso dei secoli attraverso dispositivi di controllo del territorio: dalle strutture nuragiche alle torri d'avvistamento costiere (XVI–XVIII secolo), fino alle architetture belliche realizzate tra il 1940 e il 1943 dal Genio e dalla Marina militare italiani. Queste strutture - bunker, rifugi, caserme e piazzole - furono progettate per contrastare un temuto sbarco delle forze alleate e rappresentano oggi la componente più recente di una stratificazione militare del paesaggio costiero, spesso mimetizzata o dimenticata.

Nel quadro delle strategie difensive approntate lungo le coste italiane, la fascia orientale del Golfo di Cagliari assunse un ruolo di rilievo per il Genio del XIII Corpo d'Armata del Regio Esercito. A partire dal dicembre 1941, fu avviata una vasta campagna di fortificazione che portò alla realizzazione di un articolato sistema difensivo tra la Torre di Is Mortorius e il Margine Rosso di Quartu Sant'Elena. Nel gennaio 1942, partì un programma sistematico di costruzioni in calcestruzzo armato e il 24 febbraio 1943, il Comando Genio della Quinta Armata censiva nell'area di Quartu 70 opere poliarma, due sbarramenti stradali e 18 fortini lungo il fronte costiero del Settore Cagliari che si sono aggiunte alle già preesistenti opere come nuclei fissi (Fig. 1a), appostamenti campali e sbarramenti stradali.

Dal punto di vista tipologico, il settore difensivo di Quartu Sant'Elena si caratterizza per la presenza di due categorie principali di opere: i fortini monoarma (o *pillbox*) (Fig. 1b) e le postazioni poliarma (Fig. 1c). I primi, di forma circolare e di dimensioni ridotte, ospitavano un solo vano per l'arma e si distinguevano per semplicità costruttiva e facilità di impiego, qualità che ne favorirono la diffusione alla vigilia

del conflitto. Le seconde, invece, di maggiori dimensioni, erano articolate in più casematte, ciascuna con il proprio armamento orientato su settori differenziati; prive di copertura a 360°,

richiedevano la presenza coordinata di più unità per garantire la completa sorveglianza del territorio.



Fig. 1- Tre configurazioni principali: nucleo fisso (1a), monoarma (1b) e poliarma (1c) (foto di G. Sanna)

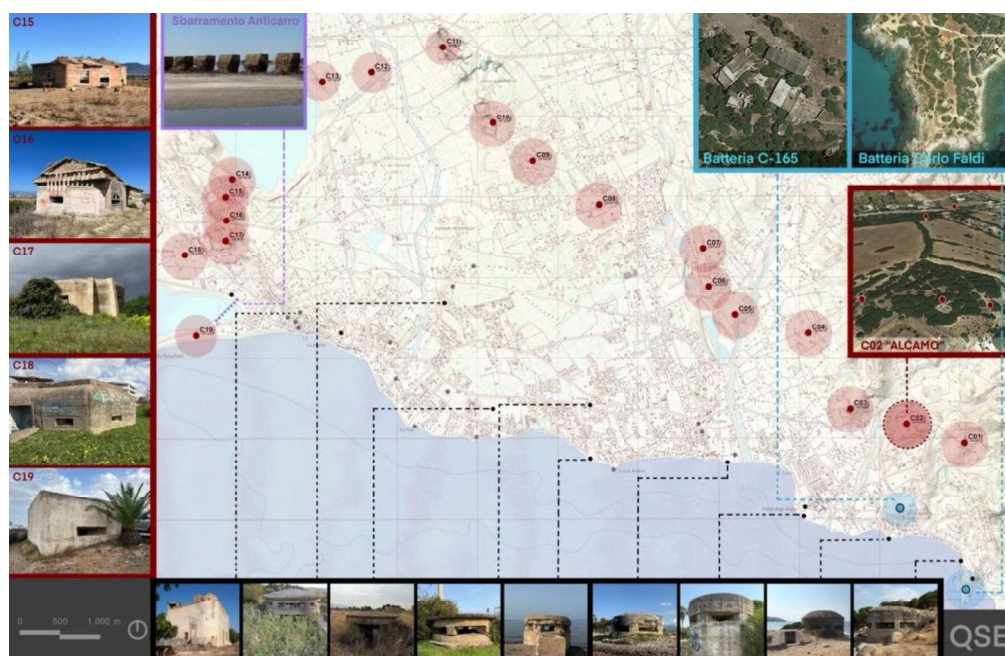


Fig. 2- Componenti dell'articolato sistema difensivo di Quartu Sant'Elena (elaborazione GIS di G. Sanna)

La prima linea costiera comprendeva postazioni di avvistamento e fortini circolari; ad essa si affiancava un sistema di batterie antinave e antiaeree; infine, una seconda linea arretrata, più strutturata, si sviluppava lungo le alture retrostanti e configurava l'arco di contenimento, dispositivo militare costituito prevalentemente da postazioni poliarma destinato a bloccare eventuali avanzate nemiche attraverso la connessione di capisaldi fortificati, (Fig. 2) come il caposaldo numero 2, oggetto di questo studio, chiamato in codice Alcamo. Esso rappresenta un

caso emblematico per analizzare la distribuzione e il funzionamento delle architetture militari in relazione al paesaggio.

3. Il caposaldo Alcamo (QSE_CS02)

Il caposaldo difensivo Alcamo (denominato nel database QSE_CS02) è costituito da sei postazioni (Fig. 3) situate a Quartu Sant'Elena, nell'area di Is Meris, lungo il versante occidentale della collina che domina l'attuale quartiere di Flumini.



Fig. 3- Collage fotografico UAV: le 6 architetture del caposaldo Alcamo (ricognizione di N. Paba)

La posizione sopraelevata garantiva un controllo visivo sulla linea costiera e sulle direttrici interne, confermando la funzione strategica del sito. Le sei opere, presentano schemi planimetrici che derivano dalla combinazione di forme elementari — pentagonali, quadrate o rettangolari — con accessi costituiti da rampe o scale che scendono nel terreno per raggiungere le casematte

Le architetture, orientate diversamente tra loro, si caratterizzano per dimensioni comprese tra circa 5 e 9 metri e uno stato di conservazione eterogeneo: alcune strutture si mantengono integre e accessibili, mentre altre, inglobate in proprietà private, risultano coperte da vegetazione o modificate da interventi recenti. La postazione principale (BKC_01), edificata sui resti del Nuraghe Is Meris, rappresenta un nodo di particolare valore storico-simbolico, attestando la continuità d'uso militare del luogo dal periodo protostorico al secondo conflitto mondiale. Si trattava della struttura più elevata, in collegamento visivo con i capisaldi II e III e con la batteria Carlo Faldi. Il bunker, oltre ad essere parzialmente interrato e celato dalla vegetazione, fu rivestito con grosse pietre ricavate dallo stesso nuraghe smantellato, simulando l'aspetto di una torre antica.

Le postazioni BKC_02 e BKC_05 adottarono soluzioni di integrazione con la morfologia naturale, mediante interramenti parziali e avvalendosi di pitture mimetiche sulle pareti con feritoie. La BKC_02 conserva visibili tracce di ancoraggi che testimoniano l'impiego di un telo mimetico, previsto per occultarne la sagoma geometrica alle ricognizioni aeree. Le postazioni BKC_04 e BKC_06 adottarono invece una strategia mimetica differente, venendo

dissimulate — probabilmente a cura delle Compagnie Mascheratori del Genio Militare — come capanne rurali con tetto a falde e, probabilmente, con dettagli decorativi destinati a occultare le feritoie.

4. Metodologia Integrata

L'impianto metodologico si fonda su fasi preliminari di analisi cartografica e ricerca archivistica. Queste operazioni hanno consentito di leggere il sito come un palinsesto in continua evoluzione, in cui si intrecciano dimensioni tangibili — architettura, morfologia, ambiente — e aspetti immateriali legati alla memoria. La prima fase operativa, condotta a scala territoriale, ha preso avvio dall'analisi delle fonti cartografiche storiche (IGM 1:25000) (Genio Militare, 1943) utilizzate come base per l'individuazione preliminare delle aree su base Google Earth, che ha consentito una verifica tridimensionale e dinamica delle posizioni. Tale riscontro ha permesso di passare all'analisi in ambiente GIS (Colaceci et al., 2022), dove si è strutturato un database informativo, nel quale di ogni manufatto e di ogni area studiata e rilevata sono riportati i dati metrici, tipologici e funzionali, arricchiti da una schedatura in continua espansione. La modellazione dei campi di tiro ha chiarito il funzionamento del sistema: per i capisaldi sono stati rappresentati cerchi di copertura continua di 800 metri a 360° delle mitragliatrici leggere, mentre per le casematte di artiglieria controcarro sono stati ricostruiti con grigi orientati verso il litorale con gittata massima di oltre 5000 metri, evidenziando la capacità di controllo completo della linea di costa. In questo modo, la stratificazione conoscitiva —

dall'archivio al dato georeferenziato — ha reso leggibile la logica progettuale e la coerenza strategica della rete difensiva (Fig. 4). Questa fase è stata affiancata da un sopralluogo sul campo,

essenziale non solo per pianificare la campagna di rilievo, ma soprattutto per acquisire una conoscenza diretta, sensoriale e percettiva dei luoghi.



Fig. 4- Comparazioni cartografiche su base IGM, Google Earth e GIS/DTM (elaborazione di G. Sanna)

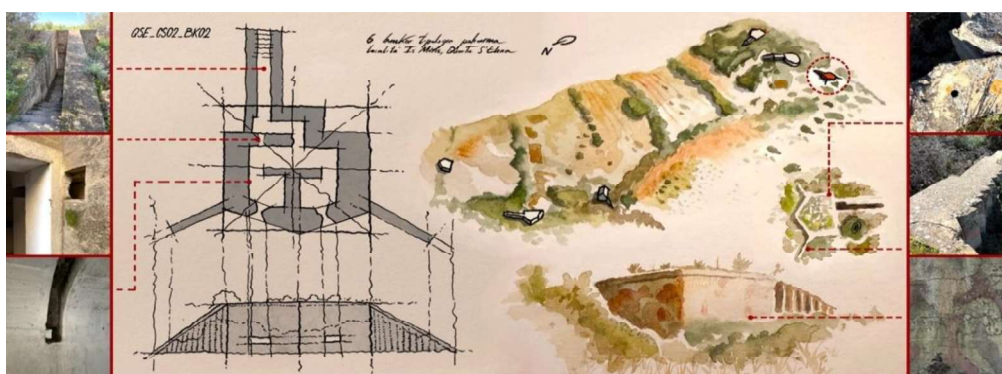


Fig. 5- Lavoro sul campo: collage di disegni analogici e fotografie (Elaborazione grafica di G. Sanna)

Disegni, integrati da fotografie di dettaglio, hanno documentato le proporzioni, gli aspetti materici, offrendo un supporto alla comprensione del rapporto tra architettura e paesaggio (Fig. 5). La campagna aerofotogrammetrica (Villanueva e Blanco, 2019) è stata condotta mediante un sistema UAS (*Unmanned Aircraft System*) DJI Mavic 3 Enterprise, equipaggiato con modulo RTK per la georeferenziazione diretta ad alta precisione. Per l'acquisizione è stata implementata una pianificazione di volo *Smart Oblique* che, sfruttando i rapidi movimenti del gimbal, ha permesso di catturare fotogrammi nadirali e obliqui in un'unica traiettoria (Fig. 6). Questa metodologia ha ottimizzato significativamente i tempi, consentendo di documentare l'intera superficie di interesse —

comprensiva di tutti e sei i bunker — in una singola sessione operativa, ottenendo una GSD (*Ground Sample Distance*) di 1.70 cm/pixel costante, grazie all'impostazione del piano di volo su quota AGL (*above ground level*) calcolata in base al modello altimetrico Aster GDEM v3 (2019) accessibile tramite il software DJI Pilot 2.

La nuvola di punti ha permesso la ricostruzione tridimensionale dell'assetto topografico-morfologico con un dettaglio che si è rivelato cruciale per evidenziare relazioni spaziali non percepibili dal suolo e documentare con un dettaglio inedito manufatti in aree inaccessibili, come i bunker BK05 e BK06, parzialmente inglobati in proprietà private e occultati dalla vegetazione.



Fig. 6- Piano di volo UAS e punti di presa degli scatti (elaborazioni grafiche di N. Paba)

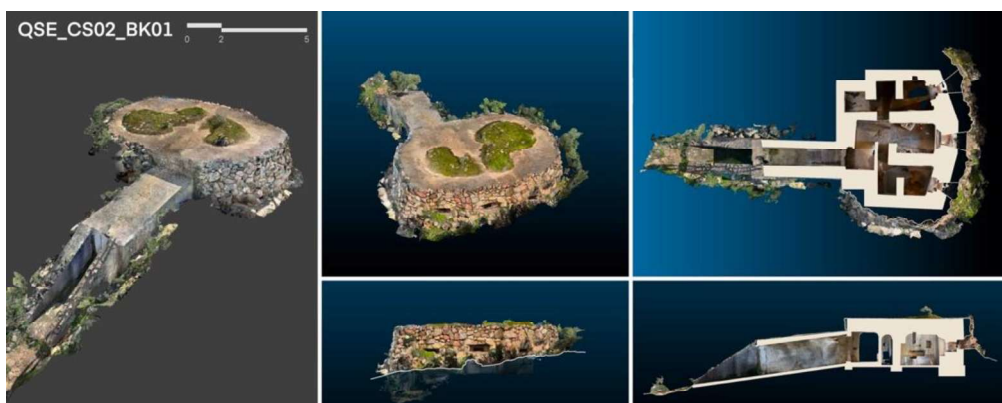


Fig. 7- Rilievo LiDAR: dal modello alla restituzione del BK01 (Restituzione grafica: G. Sanna)

Il rilievo architettonico è stato eseguito mediante tecnologia LiDAR con l'applicazione Scaniverse su iPhone 16 Pro Max (Fig. 7), soluzione idonea a manufatti di medie dimensioni e in condizioni di accessibilità complessa. L'acquisizione ravvicinata (0–5 m) ha consentito di documentare sia gli interni sia le superfici esterne parzialmente occultate dalla vegetazione, generando modelli tridimensionali completi. La modalità *Mesh-based reconstruction* è stata preferita al *Gaussian Splatting* per la maggiore compatibilità con i software di post-processing e la robustezza geometrica richiesta dal rilievo, con tempi di scansione ridotti grazie alla modalità *large object/area* del dispositivo.

La natura speditiva della procedura comporta tuttavia alcune criticità, come possibili errori dovuti a movimenti bruschi, mitigabili attraverso una pianificazione accurata delle traiettorie di scansione. Per verificare la coerenza metrica, le nuvole generate dal LiDAR sono state confrontate con quelle acquisite da drone (dotato di sistema RTK), impiegando nel software CloudCompare l'analisi delle distanze punto-a-punto.

L'errore medio rilevato, pari a circa 5 cm, risulta coerente con le condizioni operative e con la presenza di vegetazione diffusa, rappresentando un buon equilibrio tra precisione, rapidità e sostenibilità logistica, in particolare se si tiene in conto la scala dell'area di studio. I modelli risultanti sono stati infine elaborati in CloudCompare e in ambiente CAD, integrandoli con le nuvole da drone per la produzione delle elaborazioni grafiche finali.

6. Risultati: un protocollo integrato e multiscale per la tutela e valorizzazione

Il percorso metodologico si concretizza con una fase interpretativa, dove la restituzione grafica assume il ruolo di dispositivo di conoscenza e di comunicazione. L'elaborato conclusivo (Fig. 8) non si limita a condensare i dati raccolti, ma li trasforma in una narrazione visiva che integra fonti storiche, rilievi digitali e rappresentazioni analogiche. L'immagine presenta un esplosivo assonometrico multilayer (Basso, 2023), in cui ciascun livello corrisponde a una componente del paesaggio e a un momento del processo di ricerca. Alla base, sia come fondamento visivo che, come

ancoraggio metrico, è collocata la nuvola di punti da UAS, che restituisce la morfologia del sito con elevata precisione. Da essa è derivata la griglia reticolare, che depura il paesaggio dalla vegetazione per evidenziare l'andamento del suolo in relazione alle postazioni. Un ulteriore layer rappresenta la copertura arborea e gli edifici estranei alle fortificazioni, restituendo la configurazione paesaggistica attuale. Lo strato superiore, con valenza diacronica e progettuale, ricostruisce l'assetto del caposaldo del 1943. In questa sintesi, la morfologia è posta in relazione con le logiche difensive: curve di livello ridisegnate a partire dalla nuvola di punti, bunker semplificati in volumetrie essenziali e campi di

tiro tracciati graficamente. Qui la precisione del rilievo si intreccia con la sintesi concettuale del disegno, dando forma a una rappresentazione ibrida (Amoroso, 2016) che unisce rigore metrico e chiarezza interpretativa. L'esploso è affiancato da un elaborato che integra la lettura a scala paesaggistica; si tratta di un'ortofoto che inquadra dall'alto il sito e mette in relazione le piante schematiche dei singoli bunker con il profilo del terreno. In quest'ultimo modello grafico, la vegetazione più alta è stata rimossa per liberare la visione e rendere leggibili i manufatti, mimetizzati e integrati nella morfologia, chiarendo l'articolazione altimetrica e la collocazione delle postazioni.

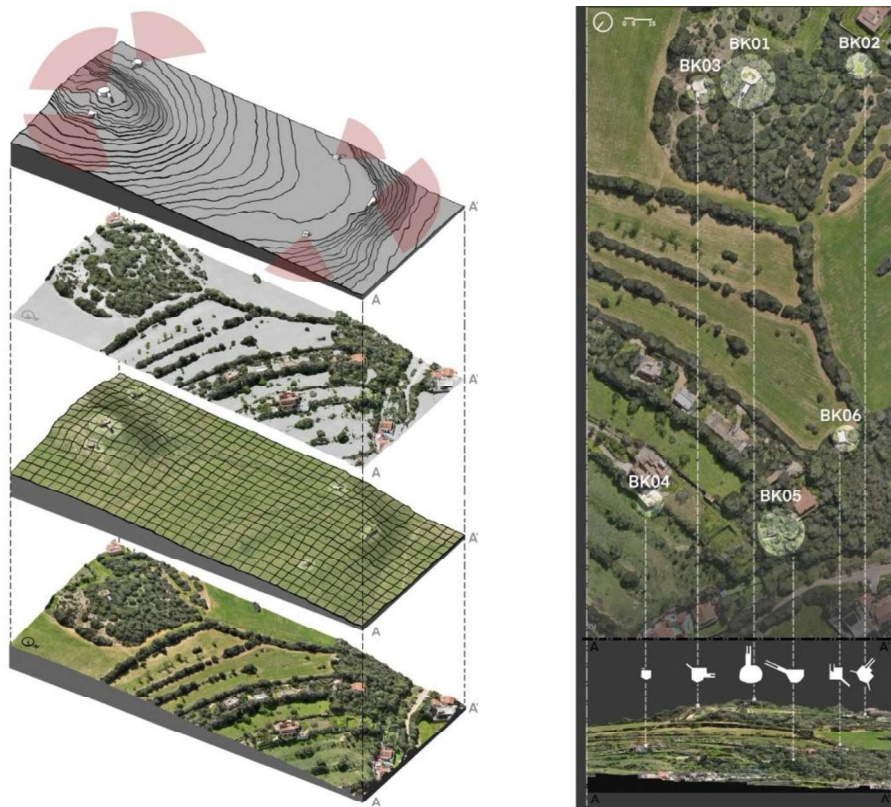


Fig. 8- Protocollo di rappresentazione e comunicazione (elaborazione grafica di G. Sanna e N. Paba)

7. Conclusioni e sviluppi futuri

Il protocollo grafico si configura come un sistema ibrido, adattabile e replicabile, orientato alla lettura e valorizzazione di paesaggi militari complessi. La rappresentazione non si limita alla registrazione oggettiva, ma diventa strumento ermeneutico e comunicativo, capace

di restituire le dimensioni materiali e simboliche del paesaggio fortificato, interpretato come matrice di memoria e identità collettiva.

In questo quadro, il disegno assume un ruolo centrale come dispositivo critico in grado di integrare dati multidisciplinari e multi-scalari,

andando oltre la funzione illustrativa. L'esperienza sul caposaldo Alcamo mostra come un approccio integrato consenta di coniugare fonti storiche, acquisizioni digitali e modelli grafici, rivelando relazioni che travalicano la singola architettura e si estendono alle logiche insediative e di controllo del territorio. In questo senso, il rilievo si configura come un tassello di approfondimento all'interno di una rete più ampia di indagini, funzionale alla validazione e al confronto delle strategie difensive delineate a scala territoriale e alla progressiva costruzione di un repertorio comparativo dei capisaldi costieri. L'integrazione metodi e tecniche integrate

alimenta una restituzione ibrida, dove precisione metrica e sperimentazione grafica convergono in una narrazione capace di valorizzare un patrimonio disperso e finora marginalizzato. Così inteso, il paesaggio bellico emerge come infrastruttura culturale, la cui lettura integrata orienta strategie di conservazione e processi di ri-significazione collettiva. La scalabilità del protocollo apre infine alla costruzione di un repertorio completo e gerarchizzato del paesaggio militare della Seconda Guerra Mondiale in Sardegna, in dialogo con altri contesti mediterranei, e contribuisce alla definizione di strumenti condivisi per la sua gestione e valorizzazione.

Bibliografia

- Amoroso, N. (Ed.) (2016) *Representing Landscapes: Hybrid* (1st ed.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315618197>.
- Bassanelli, M. & Postiglioni, G. (Eds.) (2011) *The Atlantikwall as Military Archeological Landscape*. Siracusa, Lettera Ventidue.
- Basso, A. (2023) La scelta del digitale nella nuova riconfigurazione territoriale. Interpretazioni attraverso i modelli informativi multilivello. In: Cianci, M.G. & Rabazo Martin, M. (Eds.) *Tracce: Segni e Rappresentazioni del Paesaggio che Cambia*. Padova: Il Poligrafo, 129–137.
- Carro, G. & Grioni, D. (2001) *L'arco di Contenimento di Quartu Sant'Elena. Fortificazioni della Seconda Guerra Mondiale in Sardegna*. Quartu Sant'Elena, Press Color.
- Colacci S., Chiavoni E. & Cianci M.G. (2022) UAVs and GIS models for landscape representation. *DISEGNARECON*, v. 15 (29), 10.1-10.14; <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.29.2022.10>.
- Genio Militare (1943) *Opere de Fortificazione e Stradi Militari del Settore Militare di Cagliari-Selargius-Elmas*. Roma, Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito.
- Martínez-Medina, A. & Sanjust, P. (2013) Muro Mediterraneo versus movimiento moderno. *i2 Investigación e Innovación en Arquitectura y Territorio(1)*, 1–20. <https://doi.org/10.14198/i2.2013.1>
- Pirinu, A., Argiolas, R. & Paba, N. (2020) UAVs and photogrammetry for landscape analysis of Sardinia's "modern wars architectures". In: Barba, S., Parrinello, S., Limongiello, M. & Dell'Amico, A. (Eds.) *D-SITE. Drones – Systems of Information on cultural Heritage. For a spatial and social investigation. Prospettive Multiple. Studi di Ingegneria, Architettura e Arte*. Pavia, Pavia University Press, pp. 306–315.
- Rolf, R. (1988) *Atlantic Wall Typologys*. London, Prak Publishings.
- Sanna, G., Martínez-Medina & A., Pirinu, A. (2025) A Database for Second World War Military Landscapes in Sardinia: Toward an Integrative Strategy of Knowledge, Representation, and Adaptive Reuse. *Architecture* (5) 60, <https://doi.org/10.3390/architecture5030060>.
- Villanueva, J.K.S. & Blanco, A.C. (2019) Optimization of Ground Control Point (GCP) configuration for Unmanned Aerial Vehicle Survey using Structure from Motion. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. (XLII-4/W12)*, 167–174 ; <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-167-2019>.
- Virilio, P. (1994) *Bunker Archeology*. New York, Princeton Architectural Press.