Dottore di ricerca in Ingegneria civile e Architettura

e

Doctor en Ingeniería de Materiales, Estructuras y Terreno: Construcción Sostenible

Tesi discussa in cotutela tra l'Università degli Studi di Cagliari

e

l'Universidad de Alicante

Ciclo XXXVIII

TITOLO DELLA TESI

Architettura difensiva della Seconda Guerra Mondiale in Sardegna: studio tipologico, lettura territoriale e rappresentazione grafica per la valorizzazione del paesaggio militare nel Golfo di Cagliari

Settore/i scientifico-disciplinare/i di afferenza

CEAR-10/A

Presentata da:	Giancarlo Sanna
Supervisore (UniCa):	Prof. Andrea Pirinu
Supervisore (UA):	Prof. Andrés Martínez-Medina

Esame finale anno accademico 2024/2025
Tesi discussa nella sessione d'esame di ottobre 2026

INDICE

Prefazione i
Motivazioni della ricerca iii
Ringraziamenti v
Introduzione viii
Resumen Extenso en español xvi

Capitolo 1 — Quadro teorico, statuto del bunker e Muro Mediterraneo 1
1.1 Stato dell'arte e quadro teorico: l'Atlantikwall e le letture fondative 1
1.2 Dalla continuità muraria alla dispersione territoriale 9
1.3 Il bunker e la formalizzazione della linea fortificata del XX secolo 15
1.4 Dall'Atlantikwall al Muro Mediterraneo 23
1.5 Il caso italiano: dalla frontiera alpina alle frontiere marittime 32
1.6 Il caso sardo: dalla piazzaforte marittima alle difese della Seconda guerra mondiale 37

Capitolo 2 — La banca dati delle architetture difensive e il sistema informativo territoriale 45
2.1 La banca dati georeferenziata come infrastruttura conoscitiva della ricerca 45
2.2 Fonti, ricognizione e costruzione del dato georeferenziato 55
2.3 Dal sistema difensivo al modello territoriale 61
2.4 Il modello informativo e la struttura gerarchico-relazionale 66
2.5 Il record inventariale 75
2.6 GIS, analisi spaziale e rappresentazione del territorio 80
2.7 Σ: documentazione associata e interoperabilità 85

Capitolo 3 — Protocollo di documentazione e rappresentazione del paesaggio militare 91
3.1 Finalità, campo e funzioni del protocollo 91
Parte I — Rilievo integrato e output metrici e analitici
3.2 Acquisizione e rilievo integrato: dal dato alla restituzione grafica 98
3.3 Scale, convenzioni e criteri di restituzione 109
3.4 Elaborati metrici 2D/3D alla scala del manufatto 114
3.5 Elaborati 2D/3D alla scala del caposaldo e del paesaggio 123
Parte II — Rilievo percettivo e conoscenza situata
3.6 Il disegno analogico del bunker e del suo paesaggio 128
3.7 Materia, colore, luce e tempo: grammatica del visibile 143
3.8 La rappresentazione del camouflage 174
Parte III — Rappresentazione ibrida, Atlante e narrazione grafica
3.9 Disegno ibrido e rappresentazione multistrato 181
3.10 Dall'elaborato all'Atlante: costruzione del sistema grafico 186

Capitolo 4 — La forma del sistema difensivo sardo: il caso guida del Golfo di Cagliari 193
4.1 Configurazione territoriale del dispositivo difensivo in Sardegna 193
4.2 Sintesi censuaria del sistema difensivo sardo 199
4.3 Cagliari: nodo strategico e settore centrale del Golfo di Cagliari 205
4.4 Quartu Sant'Elena: ala orientale del Golfo di Cagliari 214
4.5 Capoterra: ala occidentale del Golfo di Cagliari 222
4.6 Pula: settore specialistico del Golfo di Cagliari 227
4.7 Terra, acqua e cielo: il Golfo di Cagliari come caso guida 230

Capitolo 5 — Atlante del Golfo di Cagliari: attraversare e leggere il paesaggio militare 235
5.1 Dal protocollo all'Atlante del Golfo di Cagliari 235
5.2 Settore QSE: Atlante delle opere di Quartu Sant'Elena 237

5.3 Settore CAG: Atlante delle opere di Cagliari 327
5.4 Settore CAP: Atlante delle opere di Capoterra 375
5.5 Settore PUL: margine specialistico del Golfo di Cagliari 388

Capitolo 6 — Genealogia dei bunker del sistema sardo: tipologie e confronti mediterranei 393

Parte I — Tipologie e genealogia del bunker in Sardegna

6.1 Costruzione della tassonomia architettonica 393
6.2 Famiglie dei bunker da combattimento 407
6.3 Dalla genealogia tipologica alla logica del caposaldo 449
6.4 Camouflage: forma resistente e forma apparente 466

Parte II — La Sardegna nel Muro Mediterraneo: comparazione con la costa valenciana

6.5 Campo di confronto Mediterraneo 471
6.6 Cellula armata: orientamento e grammatica compositiva 475
6.7 Impianti difensivi: dalla linea alla profondità di contenimento 492
6.8 Affinità mediterranea e specificità del sistema sardo 500

Capitolo 7 — La valorizzazione del paesaggio militare in Sardegna 503

7.1 Il patrimonio militare sardo: continuità intermittente e riconoscimento collettivo 503
7.2 Valori patrimoniali e condizioni di valorizzazione 509
7.3 Strategie e casi di riferimento 515
7.4 Dalla conoscenza alla reintegrazione 526

Capitolo 8 — Conclusioni e prospettive 537

8.1 Dalla presenza muta al paesaggio militare come campo conoscitivo 537
8.2 Risultati della ricerca 539
8.3 Campo di validità e questioni aperte 540
8.4 Il bunker come architettura limite: disegno, calcestruzzo armato e modernità 541
8.5 Risignificare senza pacificare 544
8.6 Oltre la tesi: trasferimento delle conoscenze e nuove direzioni di ricerca 545

APPARATI FINALI

A. Fonti e bibliografia 549

A.1 Archivi e fondi documentari 549
A.2 Fonti normative, tecniche e documentarie 549
A.3 Bibliografia generale 551
A.4 Emeroteca e fonti periodiche 559
A.5 Sitografia e risorse digitali 559
A.6 Fonti cartografiche, aerofotografiche e geospaziali 561

B. Appendici 562

B.1 Glossario, tipologie, sigle, abbreviazioni e simboli 562
B.2 Struttura sintetica del database e codici inventariali 569
B.3 Atlante territoriale regionale dei sistemi difensivi della Sardegna 573
B.4 Indice degli apparati iconografici e crediti 590

«Bisogna allontanarsi dall'isola per vedere l'isola.»

José Saramago
Il racconto dell'isola sconosciuta, 1998

Prefazione

Prima di diventare oggetto di ricerca, il bunker è stato una presenza. Non un tema, non una categoria, non ancora un manufatto da censire o misurare: semplicemente una forma muta nel paesaggio. Da bambino, sulla spiaggia del Poetto, lo notavo vicino al mare, basso, isolato, diverso da tutto ciò che lo circondava. Non assomigliava a una casa, né a una torre, né a una rovina antica. Stava lì, quasi fuori posto, mentre intorno si camminava, si giocava, si attraversava la spiaggia senza fermarsi davvero a guardarlo. Era abbastanza evidente da attirare lo sguardo e abbastanza silenzioso da essere subito dimenticato.

Non sapevo ancora chiamarlo bunker (fig. 1). Forse qualcuno lo chiamava fortino, forse torretta, forse semplicemente una costruzione militare. Il nome restava incerto, e proprio quell'incertezza apriva una prima distanza conoscitiva. Ciò che non si nomina con precisione rimane ai margini dello sguardo e della coscienza: può essere visto, ma non pienamente riconosciuto; può appartenere al paesaggio, ma restare escluso dal suo racconto. Quel piccolo manufatto sulla spiaggia non chiedeva ancora una spiegazione scientifica, ma produceva una serie di domande elementari: che cos'è? Perché si trova qui? Perché sta sul mare? Perché è isolato? Perché nessuno sembra davvero accorgersi della sua presenza?

La sua stranezza non dipendeva soltanto dalla forma. Dipendeva dalla posizione, dal silenzio, dalla discontinuità che introduceva nel paesaggio. Il bunker appariva come un oggetto trovato, ma non era mai casuale: era stato collocato con esattezza, orientato verso una minaccia, inserito in una logica che allora non conoscevo. Sembrava isolato, e invece apparteneva a una rete. Sembrava un resto abbandonato, e invece conservava l'impronta di un progetto. Sembrava quasi naturale nella sua permanenza accanto al mare, ma rimaneva radicalmente artificiale, costruito per osservare, proteggere e, in alcuni casi, colpire.

Il cuore del problema risiede proprio in questa ambiguità: nella compresenza di condizioni apparentemente inconciliabili che il bunker mantiene inseparabili. Il bunker è visibile e ignorato, presente e assente, paesaggistico e insieme atopico. È architettura, ma non si offre come edificio nel senso ordinario del termine; è forma pura, geometria precisa e corpo brutale; è rifugio e arma, protezione e offesa. La feritoia lo rende occhio e cecità nello stesso momento: apertura minima verso il mondo e chiusura quasi totale del corpo costruito. Il muro protegge, ma separa; nasconde, ma orienta; sottrae il corpo alla vista e, insieme, costruisce una posizione da cui guardare. Il bunker non si lascia ridurre a una sola immagine perché vive precisamente in questa tensione.

Anche la sua temporalità è contraddittoria. Nasce da un'urgenza, da una guerra attesa, da una funzione determinata e circoscritta; eppure, viene costruito con una materia destinata a durare. Il calcestruzzo armato lo rende persistente, ostinato, difficile da cancellare. È un dispositivo temporaneo nella funzione, ma quasi permanente nella materia. Quando l'uso scompare, il bunker resta: perde il proprio scopo immediato, ma continua a occupare il suolo, a interrompere lo sguardo, a riaffiorare nella memoria del paesaggio. La guerra che lo ha prodotto finisce, ma la sua pietra artificiale continua a dichiarare una presenza.
Il bunker appartiene alla modernità tecnica del XX secolo e, al tempo stesso, ne rivela una crisi. È moderno per il materiale, per la razionalità costruttiva, per la serialità, per la capacità di comprimere in pochi metri quadrati protezione, osservazione e funzione militare. Ma è anche già antico nel momento stesso in cui viene costruito, perché la guerra aerea, la velocità del conflitto e la tridimensionalità del campo bellico mettono in crisi la difesa statica, la linea fortificata, il corpo immobile che resiste aspettando l'urto. In questo paradosso, il bunker appare come una delle forme più radicali dell'avanguardia militare e, insieme, come una rovina già latente nel momento stesso della sua costruzione.

Per chi è nato in un tempo di pace, questi manufatti non appartengono a una memoria vissuta. Non sono il ricordo diretto di un'esperienza personale, né la traccia di un evento attraversato dal proprio corpo. Eppure, rendono la guerra materialmente vicina. Non sono memoriali progettati per commemorare; sono resti tecnici, opere nate per una funzione bellica, incapaci di parlare, lapidi o dispositivi esplicativi. Proprio per questo costringono a una forma diversa di attenzione. Non celebrano, non ordinano il ricordo, non pacificano

il passato. Restano nel paesaggio come tracce materiali di ciò che è stato predisposto e di ciò che non dovrebbe ripetersi.

Questa tesi nasce anche da quella prima incertezza dello sguardo. Nasce dal tentativo di dare nome, forma, misura e relazione a presenze che per lungo tempo sono rimaste ai margini della conoscenza ordinaria. Non per celebrare il bunker, né per trasformarlo in un oggetto estetico separato dalla sua origine bellica, ma per riconoscerlo come architettura difensiva, come traccia materiale, come parte di un sistema territoriale e come componente problematica del paesaggio militare. Documentare, rappresentare e interpretare questi manufatti significa sottrarli alla semplice indifferenza, senza neutralizzarne la violenza originaria. Significa riconoscere che anche una presenza muta può diventare soglia di conoscenza.



Fig. 1 — Bunker sulla spiaggia del Poetto, Cagliari. Disegno e fotografia dell'autore.

Motivazioni

All'inizio del percorso dottorale il mio interesse non era rivolto esclusivamente ai bunker. Il punto di partenza era la rappresentazione del paesaggio e la ricerca di architetture capaci non solo di rivelarne strutture profonde, stratificazioni e tensioni territoriali, ma anche di sollecitarne l'esplorazione e di aprire nuove prospettive percettive e interpretative. Il tema avrebbe potuto orientarsi verso altre presenze costruite legate al paesaggio — torri, baluardi, percorsi extraurbani e ferroviari, infrastrutture, postazioni di osservazione — ma nessuna di esse riusciva ancora a raccogliere con sufficiente precisione le domande che cominciavano a delinearsi.

Il bunker non era, in quella fase, l'oggetto prescelto. Era piuttosto una presenza già depositata nell'immaginario, visibile ma non ancora pienamente interrogata. Alcuni manufatti facevano parte da tempo del mio paesaggio mentale, ma restavano come presenze sospese, quasi addormentate: oggetti prossimi e insieme opachi, fisicamente riconoscibili ma culturalmente non ancora compresi. Proprio questa condizione, tra evidenza materiale e sottrazione di senso, ha reso progressivamente il bunker un oggetto di ricerca più necessario di quanto avessi inizialmente immaginato.

Il passaggio decisivo è avvenuto nel confronto con i supervisori e, in particolare, con Andrés Martínez Medina. In una fase in cui il campo di indagine era ancora aperto e attraversato da ipotesi diverse, il suo orientamento verso il tema dei bunker ha prodotto una chiarificazione immediata. Non si trattava semplicemente di restringere il campo, ma di riconoscere in quell'oggetto il punto di convergenza tra paesaggio, architettura militare, modernità, rappresentazione e patrimonio. Da quel momento, ciò che fino ad allora era rimasto laterale è diventato il centro della ricerca.

La scelta si è consolidata anche per ragioni scientifiche. In Sardegna esistevano studi, ricognizioni e linee di ricerca già avviate, ma il patrimonio difensivo della Seconda Guerra Mondiale restava ancora privo di una struttura complessiva capace di integrarne censimento, lettura territoriale, rappresentazione e valorizzazione. Mancava una mappatura estesa e coordinata; mancava una lettura sistemica del rapporto tra opere, paesaggio e dispositivi strategici; mancava, soprattutto, una forma di restituzione capace di rendere questi manufatti riconoscibili non come episodi dispersi, ma come parti di un sistema territoriale. Questa lacuna ha reso il tema non soltanto interessante, ma necessario.

Il bunker si è imposto, inoltre, come oggetto pienamente architettonico. Non appartiene soltanto alla storia militare, né può essere ridotto alla sua funzione bellica. È uno spazio progettato, un dispositivo minimo e funzionale, un manufatto in calcestruzzo armato che unisce serialità e variazione, standardizzazione e adattamento al sito. La sua apparente semplicità nasconde questioni centrali per l'architettura moderna: la misura minima dello spazio, il rapporto tra forma e funzione, l'economia costruttiva, la materia, la protezione, il controllo visuale, l'integrazione nel suolo. Studiare il bunker significa quindi interrogare una forma estrema di architettura, essenziale e insieme complessa, capace di condensare in pochi metri quadrati logiche costruttive, operative e paesaggistiche.

La rappresentazione grafica ha costituito una motivazione altrettanto decisiva. Il disegno non è entrato nella ricerca come semplice strumento di restituzione, ma come forma di conoscenza. Disegnare un bunker, rilevarne le proporzioni, ricostruirne le sezioni, seguirne il rapporto con il terreno, con le aperture, con la materia e con il paesaggio significa comprenderne la logica interna e, allo stesso tempo, misurare ciò che sfugge a una lettura immediata. La possibilità di mantenere il disegno al centro del percorso dottorale è stata per me essenziale: non come componente accessoria o espressiva, ma come linguaggio critico capace di connettere rigore analitico, osservazione situata e comunicazione.

A questa dimensione si è affiancata la necessità di ordinare il territorio attraverso strumenti digitali. Il GIS e la banca dati sono nati insieme come esigenza tecnica e come risposta conoscitiva alla complessità di una geografia militare diffusa. Il sistema difensivo non poteva essere compreso soltanto attraverso sopralluoghi

puntuali o descrizioni isolate: richiedeva una struttura capace di connettere manufatti, gerarchie territoriali, fonti, dati spaziali e relazioni paesaggistiche. La cartografia, il database e la rappresentazione sono diventati così parti di uno stesso processo, orientato a trasformare presenze frammentarie in un sistema leggibile.
La Sardegna ha assunto in questo percorso un ruolo centrale. Non solo perché è il territorio nel quale era possibile muoversi, accedere agli archivi, verificare i luoghi e costruire una conoscenza diretta, ma perché il suo patrimonio difensivo recente appare fisicamente presente e culturalmente fragile. Altre permanenze storiche del paesaggio sardo, come le torri costiere o i nuraghi, hanno acquisito nel tempo forme più stabili di riconoscimento; i bunker, invece, tendono spesso a scomparire nell'anonimato, pur continuando a occupare il suolo e a determinare relazioni spaziali. Portarli alla conoscenza significava quindi affrontare un patrimonio prossimo, ma ancora parzialmente invisibile.

La cotutela con l'Università di Alicante ha ampliato questa prospettiva, aprendo la ricerca a una dimensione mediterranea. Il confronto con la Spagna (fig. 2) ha mostrato come architetture difensive simili per principio possano assumere forme, materie, paesaggi e significati differenti. Il contesto spagnolo, segnato dalla memoria della guerra civile, e quello sardo, legato alla predisposizione difensiva contro uno sbarco atteso ma non avvenuto, pur in un'isola direttamente coinvolta dalla guerra aerea, restituiscono modi differenti di percepire e interpretare questo patrimonio. In questo quadro, gli orientamenti dei supervisori hanno ulteriormente contribuito a definire la natura multidisciplinare della ricerca: Andrea Pirinu per l'attenzione al paesaggio ed al rapporto con le coste sarde; Andrés Martínez Medina per la dimensione tipologica, architettonica e di confronto mediterraneo; Emanuela Chiavoni per il disegno, la percezione e la rappresentazione analogica che oggigiorno viene spesso relegata ad un ruolo secondario.

La motivazione più persistente, tuttavia, risiede forse nella resistenza stessa dell'oggetto. Anche dopo il censimento, il rilievo, il disegno, la classificazione tipologica e l'analisi territoriale, il bunker conserva una quota di opacità. Può essere misurato, georeferenziato, catalogato, rappresentato e inserito in un sistema articolato, ma non si lascia mai interamente esaurire dalle forme di conoscenza attraverso cui viene indagato. Ogni rilievo ne chiarisce un aspetto, ogni sezione ne rivela una logica, ogni confronto ne espone una variante; eppure il manufatto mantiene un'aura quasi impenetrabile, percepibile da chi vi entra e ne sperimenta la soglia, il buio, lo spessore e il rapporto con l'esterno.

La ricerca nasce anche da questa tensione. Non dal desiderio di neutralizzare l'enigma del bunker, ma dalla necessità di renderlo interrogabile senza cancellarne la complessità. Studiare questi manufatti ha significato costruire conoscenza intorno a una presenza muta, trasformando un oggetto marginale e apparentemente chiuso in un campo di relazioni architettoniche, paesaggistiche e culturali ancora aperte. In questa persistenza dell'opacità, più che nella sua completa risoluzione, si trova forse lo stimolo più profondo a portare avanti un percorso di ricerca attorno a questi affascinanti manufatti.



Fig. 2 — Bunker del caposaldo di Nules, provincia di Castellón, Spagna. Fotografia dell'autore.

Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia gratitudine a tutte le persone che, in modi diversi, hanno accompagnato questo percorso di ricerca, contribuendo alla sua costruzione scientifica, al suo sviluppo sul campo e alla sua tenuta umana. Una tesi di dottorato è un lavoro individuale solo in apparenza: dietro ogni capitolo, ogni sopralluogo, ogni revisione e ogni scelta metodologica si trovano confronti, incoraggiamenti, accessi concessi, materiali condivisi e presenze che hanno reso possibile attraversare un percorso lungo e non lineare.

Ringrazio il professor Andrea Pirinu, supervisore principale presso l'Università degli Studi di Cagliari, per la fiducia accordatami fin dall'inizio e per la libertà intellettuale con cui mi ha permesso di costruire progressivamente la mia strada. Il suo sostegno è stato decisivo nei momenti in cui il percorso non era ancora del tutto chiaro, ma richiedeva di essere seguito con convinzione. Gli sono grato per avermi orientato verso una lettura dell'architettura militare come parte del paesaggio, per aver sostenuto il radicamento sardo della ricerca e per avermi accompagnato senza mai sostituirsi alla mia iniziativa. Il suo insegnamento è passato spesso attraverso il confronto, l'ascolto e l'affiancamento: non attraverso una direzione imposta, ma attraverso un dialogo che mi ha consentito di maturare autonomia, responsabilità e consapevolezza scientifica. In questi anni mi ha trattato non come semplice dottorando, ma come interlocutore con cui discutere ipotesi, scelte, immagini, testi e direzioni di lavoro. Gli sono grato anche per le esperienze condivise sul campo, nei sopralluoghi e nei viaggi legati a convegni e attività scientifiche, che hanno dato al percorso di ricerca una dimensione concreta, fatta non solo di testi e revisioni, ma anche di luoghi attraversati, discussioni e occasioni di confronto diretto. Di questo rapporto, umano e intellettuale insieme, gli sono profondamente grato.

Ringrazio la professoressa Emanuela Chiavoni, dell'Università di Roma "La Sapienza", per aver riconosciuto e sostenuto il ruolo della rappresentazione all'interno di questa ricerca. In lei ho trovato una sensibilità particolarmente vicina al mio modo di intendere il disegno: non come semplice strumento di comunicazione, ma come forma di conoscenza, di interpretazione e di esperienza del reale. Il suo amore per il disegno a mano, per la percezione, per la luce, per il colore e per la dimensione analogica dello sguardo ha reso possibile un incontro particolarmente importante nel mio percorso. Le nostre strade si sono incrociate proprio intorno a questa fiducia condivisa nel Disegno come pratica viva, ancora capace di produrre conoscenza dentro una ricerca architettonica contemporanea. La sua attenzione ha dato forza e ulteriore legittimità scientifica al Disegno, una componente per me essenziale, permettendomi di collocarlo entro un percorso rigoroso e non soltanto espressivo.

La mia gratitudine più difficile da circoscrivere va al professor Andrés Martínez Medina, supervisore principale presso l'Università di Alicante e co-supervisore presso l'Università degli Studi di Cagliari. Il suo ruolo è stato decisivo nell'orientare la ricerca verso il tema dei bunker e nell'aprire il lavoro a una dimensione tipologica, tassonomica, comparativa e mediterranea. Per me è stato un maestro, nel senso più concreto del termine: mi ha insegnato non solo a guardare questi manufatti, ma a costruire una ricerca, a ordinare una bibliografia, a scrivere un articolo scientifico, a controllare ogni dettaglio e a comprendere la disciplina necessaria al lavoro accademico. Gli sono grato per il rigore, per l'attenzione, per l'esempio di dedizione e per un'accoglienza generosa che ha superato spesso l'ambito strettamente universitario. In questi anni è stato supervisore, guida, esempio e amico.

Un pensiero particolare va al professor Vincenzo Bagnolo, recentemente scomparso, che non ha seguito formalmente questa tesi come supervisore, ma ha avuto un ruolo importante nella mia formazione e nel mio rapporto con il Disegno. Lo incontrai al primo anno di Architettura, in un momento in cui il disegno, già presente nella mia vita fin dall'infanzia, iniziava a diventare pratica quotidiana, disciplina dello sguardo e strumento di conoscenza. Con lui svolsi anche la tesi triennale, in una fase decisiva del mio percorso formativo. A lui devo una parte di questo avvicinamento più consapevole al disegno architettonico, oltre ai generosi consigli ricevuti durante il percorso della tesi. La sua assenza è oggi avvertita con forza nel

Dipartimento, e desidero ricordarlo qui come docente capace di trasmettere passione, energia e punti di vista forti, lasciando un segno profondo nella formazione di molti studenti, tra i quali mi riconosco.
Un ringraziamento particolare va al dott. Daniele Grioni, per la disponibilità, per i materiali condivisi e per il confronto costante su aspetti storici, tecnici e documentari legati alle fortificazioni sarde. La sua lunga esperienza di studio sul tema è stata un riferimento prezioso, soprattutto nei momenti in cui era necessario verificare questioni relative all'armamento, alla funzione delle opere o ad aspetti meno direttamente riconducibili alla lettura architettonica, ma indispensabili per il controllo complessivo della ricerca. Ringrazio inoltre il dott. Giuseppe Carro, per gli scambi di informazioni e per il contributo fondamentale che il suo lavoro ha dato alla conoscenza dei fortini di Sardegna. Insieme a loro, desidero ricordare AssFort Sardegna e l'Associazione Amici dei Fortini, realtà che continuano a mantenere viva l'attenzione verso un patrimonio ancora fragile e troppo spesso trascurato.

Ringrazio il colonnello Nicola Nargi per il supporto concreto e per l'aiuto nell'accesso al 14° Reparto Infrastrutture di Cagliari, presso la caserma Monfenera, dove ho potuto consultare materiali archivistici di grande utilità per la ricerca. La sua disponibilità ha facilitato un passaggio importante del lavoro documentario e ha permesso di avvicinare fonti che hanno contribuito alla costruzione del quadro conoscitivo della tesi.

Ringrazio l'ing. Sergio Mocci per l'aiuto generoso nelle fasi iniziali di impostazione del GIS, che sarebbe poi diventato uno degli strumenti centrali della ricerca. Il suo supporto ha contribuito a orientare i primi passaggi di costruzione della base spaziale del lavoro, aiutandomi a trasformare localizzazioni, cartografie e dati territoriali in una struttura più controllata e interrogabile. Gli sono grato anche per aver facilitato l'accesso alla consultazione di materiali cartografici e aerofotografici presso gli uffici regionali competenti, in particolare alle ortofoto storiche che hanno avuto un ruolo importante nella lettura diacronica dei luoghi. La sua disponibilità ha reso più solida una fase metodologica iniziale che si è rivelata decisiva per l'intera tesi.
Ringrazio inoltre l'arch. Nicola Paba, con cui ho condiviso ricognizioni, uscite sul campo e attività di ripresa con drone legate ai paesaggi militari oggetto della ricerca. Il suo contributo non si è limitato al supporto operativo nelle fasi di documentazione, ma ha riguardato anche un confronto più ampio sul modo di rappresentare paesaggi complessi, stratificati e non immediatamente leggibili. Da questo dialogo, nato spesso in forma libera e amicale durante escursioni, sopralluoghi e discussioni sul campo, sono emersi spunti che hanno contribuito alla maturazione di alcuni principi alla base del protocollo di rappresentazione sviluppato nella tesi.

Uno speciale ringraziamento va a Gabriella Serri, che ha condiviso con me molte uscite sul campo, sopralluoghi, rilievi ed esplorazioni in luoghi non sempre semplici da raggiungere o da attraversare. La sua presenza ha reso meno solitario e più gioioso un lavoro spesso fisico, disperso nel territorio e segnato da giornate lunghe, incerte, assolate e piovose e talvolta faticose. Insieme abbiamo attraversato margini costieri, aree intercluse, sentieri poco battuti, vegetazione, ruderi, bunker nascosti e luoghi che, senza una disponibilità autentica, sarebbero stati difficili da raggiungere e da comprendere. Le sono grato per la generosità, la curiosità, l'entusiasmo, la pazienza e lo spirito con cui ha accompagnato una parte fondamentale, e a tratti avventurosa, di questa ricerca.

Ringrazio tutta la mia famiglia per il sostegno, la pazienza e la fiducia con cui ha accompagnato i tre anni del dottorato. Sono grato a mio padre, che in diverse occasioni mi ha accompagnato nei sopralluoghi, condividendo concretamente una parte del lavoro sul campo. Sono grato a mia madre, che mi ha sostenuto nei momenti più difficili, quando il percorso richiedeva tenuta, lucidità e fiducia. Alla mia famiglia devo molto più di quanto possa essere restituito in poche righe.

Desidero ringraziare anche il prof. Adriano Dessi, la dott.ssa Giulia Cherchi, il prof. Tommaso Empler, il dott. Simone Cera e il dott. Raffaele Argiolas, per l'attenzione, la disponibilità e i contributi offerti in diversi momenti del percorso. Il loro aiuto, insieme a quello di altre persone incontrate durante la ricerca, ha contribuito ad accompagnare passaggi scientifici, operativi e umani che hanno avuto importanza nella costruzione complessiva di questo lungo lavoro.

Desidero ringraziare anche il personale degli archivi, delle biblioteche e degli uffici che, in modi diversi, ha facilitato l'accesso a materiali, documenti e informazioni utili alla ricerca. Allo stesso modo, va il mio grazie a tutte le persone che, pur non essendo nominate singolarmente, hanno contribuito con indicazioni, conversazioni, suggerimenti, accessi o semplici gesti di disponibilità. Questa tesi porta con sé il contributo di tutte queste presenze (fig. 3): alcune hanno orientato il metodo, altre hanno aperto archivi, condiviso conoscenze, accompagnato sopralluoghi o sostenuto in diversi modi questa ricerca. A ciascuna di esse va la mia gratitudine più sincera.



Fig. 3 — Collage fotografico di alcuni momenti significativi condivisi durante i sopralluoghi sul campo. Fotografie di Andrea Pirinu, Gabriella Serri e dell'autore.

Introduzione

A. Campo e problema della ricerca

Le architetture difensive costruite in Sardegna durante la Seconda Guerra Mondiale costituiscono un patrimonio recente, diffuso e ancora solo parzialmente riconosciuto. Bunker, casematte, batterie, osservatori, ricoveri e strutture complementari permangono lungo le coste, sui rilievi, nei margini urbani e infrastrutturali, nelle aree lagunari e in territori apparentemente ordinari. Alla loro consistenza materiale non corrisponde, tuttavia, un'analoga riconoscibilità culturale. Estranee alle forme più consuete della monumentalità e prive, nella maggior parte dei casi, di dispositivi espliciti di memoria, queste opere restano spesso ai margini della conoscenza, della tutela e dell'immaginario collettivo.

La ricerca assume tali manufatti nella loro duplice condizione di architetture e dispositivi territoriali. Il bunker è un organismo costruito, definito da materia, spessore, spazio interno, accesso, feritoia, orientamento e rapporto con il suolo; è al tempo stesso una componente di un impianto più ampio, determinato da funzioni, gerarchie, campi di tiro, visuali, collegamenti e obiettivi strategici. La lettura del singolo manufatto consente di comprenderne la forma e il funzionamento, ma non è sufficiente a restituire la logica che ne ha determinato la posizione. Il passaggio dall'opera isolata al sistema costituisce pertanto il primo nodo interpretativo della tesi.

Il paesaggio militare non coincide infatti con la somma delle strutture conservate, ma con l'insieme delle relazioni che connettono opere, raggruppamenti, capisaldi, batterie, sbarramenti, reti costiere, infrastrutture e morfologie territoriali. La sua comprensione richiede una lettura multiscalare, capace di collegare l'organizzazione interna del manufatto alla configurazione difensiva locale e quest'ultima alla struttura regionale. Entro tale prospettiva acquistano significato anche le opere trasformate, inglobate, parzialmente distrutte o scomparse, la cui presenza documentaria può concorrere alla ricostruzione di assetti non più integralmente leggibili sul terreno.

La Sardegna costituisce il quadro regionale entro cui questa ipotesi viene verificata. La posizione dell'isola nel Mediterraneo, l'estensione delle sue coste e la presenza di porti, aeroporti, approdi, infrastrutture e nodi logistici determinarono la costruzione di un sistema difensivo articolato, differenziato in rapporto alle minacce previste e alle condizioni locali. All'interno di questo quadro, il Golfo di Cagliari è assunto come caso guida e ambito di approfondimento: un territorio nel quale difesa urbana e portuale, reti costiere, capisaldi arretrati, batterie, sbarramenti, margini lagunari e infrastrutture producono una particolare densità di relazioni. L'articolazione tra scala regionale e caso guida consente di coniugare l'estensione del censimento con un livello più approfondito di verifica documentaria, territoriale, architettonica e simbolica.

Il caso sardo viene inoltre collocato nell'orizzonte del Muro Mediterraneo, inteso come campo plurale di sistemi difensivi costieri prodotti nel corso del Novecento in contesti storici, politici, tecnici e paesaggistici differenti. Il confronto con i casi spagnoli studiati nell'ambito della costa mediterranea permette di riconoscere ricorrenze operative, scarti tipologici e differenti forme di relazione tra manufatto, linea difensiva e territorio. La dimensione comparativa non attenua la specificità della Sardegna, ma la rende più leggibile, verificando il caso regionale entro una geografia più ampia della fortificazione costiera mediterranea.

Il problema scientifico nasce dalla distanza tra la consistenza materiale di questo patrimonio e la limitata leggibilità del sistema al quale apparteneva. Gli studi storici, le ricerche archivistiche, le ricognizioni e le iniziative già sviluppate hanno prodotto conoscenze fondamentali, ma spesso distribuite tra repertori, cartografie, documenti, localizzazioni e approfondimenti circoscritti. La dispersione delle opere, la frammentarietà delle fonti, la diversa accessibilità dei siti e le trasformazioni intervenute nel dopoguerra richiedono una struttura capace di mettere in relazione evidenze eterogenee e differenti livelli di conoscenza. La domanda da cui muove la tesi è dunque come ricostruire, ordinare e rappresentare le architetture difensive della Seconda Guerra Mondiale in Sardegna come sistema territoriale e architettonico,

mantenendo riconoscibili il dato documentato, la permanenza materiale, l'inferenza e l'interpretazione, e come questa conoscenza possa orientarne il riconoscimento e la valorizzazione critica.

L'ipotesi della ricerca è che l'intelligibilità di questo patrimonio non dipenda soltanto dalla completezza della documentazione relativa ai singoli manufatti, ma dalla possibilità di connettere fonti, presenze materiali, dati spaziali, configurazioni architettoniche e relazioni territoriali entro un sistema multiscalare, verificabile e incrementabile. In tale processo, la rappresentazione non costituisce una restituzione successiva alla conoscenza, ma uno strumento per produrla e controllarla. Il rilievo, il Disegno, la cartografia, il GIS e la rappresentazione ibrida permettono di confrontare scale e statuti differenti del dato, rendendo leggibili relazioni che l'osservazione isolata del manufatto o la sola descrizione documentaria non sarebbero in grado di restituire.

Il contributo originale della tesi risiede nell'integrazione di questi livelli entro un unico impianto conoscitivo: censimento regionale, modello informativo georeferenziato, lettura territoriale, documentazione e rappresentazione multiscalare, Atlante del Golfo di Cagliari, classificazione tipologica e confronto mediterraneo. L'originalità non coincide quindi con un singolo strumento, ma con la loro concatenazione controllata e con la possibilità di trasferire la conoscenza prodotta verso forme selettive di accessibilità culturale. La valorizzazione viene assunta come esito di questa filiera: non come sovrapposizione esterna o neutralizzazione dell'origine bellica, ma come capacità di rendere il patrimonio documentato, interpretabile e trasmissibile, conservandone la complessità storica, materiale e memoriale.

B. Obiettivo generale

La ricerca ha come obiettivo generale la costruzione di un quadro conoscitivo integrato delle architetture difensive realizzate in Sardegna durante la Seconda Guerra Mondiale, capace di ricomporne consistenza materiale, organizzazione territoriale e articolazione architettonico-tipologica, orientandone il riconoscimento e la valorizzazione critica (fig. 4). La scala regionale consente di ricostruire distribuzione, gerarchie e configurazioni del sistema insulare; il Golfo di Cagliari costituisce il caso guida nel quale tale quadro viene approfondito attraverso una documentazione più densa e una rappresentazione coordinata delle relazioni tra manufatti, dispositivi difensivi e paesaggio.

Ricostruzione del sistema difensivo regionale

Il primo obiettivo specifico consiste nel ricostruire la consistenza e la configurazione del sistema difensivo sardo, localizzando le opere e ordinandole secondo una struttura multiscalare che colleghi macroaree, settori, raggruppamenti difensivi e singoli manufatti. Il censimento assume pertanto una funzione interpretativa: riconoscere distribuzioni, densità, discontinuità e relazioni strategiche, restituendo le singole presenze come componenti di specifiche configurazioni difensive. Nel Golfo di Cagliari, tale lettura viene approfondita per comprendere il rapporto tra opere, capisaldi, batterie, sbarramenti, reti costiere, infrastrutture e morfologie territoriali.

Formalizzazione della banca dati georeferenziata

Il secondo obiettivo riguarda la formalizzazione di una banca dati georeferenziata, concepita come infrastruttura conoscitiva e non come semplice repertorio. Il modello deve associare a ciascun manufatto localizzazione, fonti, funzione, tipologia, stato di conservazione, attendibilità e appartenenza sistemica, mantenendo esplicite le relazioni tra le differenti scale territoriali. La struttura è predisposta per essere interrogabile, aggiornabile e incrementabile, così da integrare nuove localizzazioni, precisare attribuzioni e sostenere successive applicazioni scientifiche, amministrative e culturali senza perdere coerenza terminologica e gerarchica.

Definizione e applicazione del protocollo di documentazione e rappresentazione

Il terzo obiettivo consiste nella definizione di un protocollo multiscalare di documentazione e rappresentazione, capace di coordinare fonti storiche, dati territoriali, rilievo, GIS, Disegno analogico e rappresentazione ibrida. Il protocollo deve rendere confrontabili manufatti e sistemi documentati con livelli

differenti di approfondimento, mantenendo riconoscibili dato rilevato, informazione documentaria, inferenza e interpretazione. La sua applicazione confluisce nell'Atlante del Golfo di Cagliari, inteso come dispositivo unitario di restituzione critica: una struttura capace di mettere in relazione schede, cartografie, rilievi e rappresentazioni per rendere il paesaggio militare consultabile, comparabile e trasmissibile.

Classificazione tipologica e confronto mediterraneo
Il quarto obiettivo è costruire una classificazione tipologica delle architetture difensive sarde, individuando famiglie, invarianti, varianti e principi compositivi attraverso il rapporto tra forma, funzione, armamento, protezione, orientamento e posizione nel sistema. La classificazione deve distinguere gli elementi riconducibili alla standardizzazione da quelli determinati da condizioni operative, adattamenti locali e trasformazioni costruttive. Il confronto con i casi spagnoli studiati nell'ambito della cotutela costituisce una verifica critica di tale lettura e permette di collocare la specificità sarda entro il quadro plurale del Muro Mediterraneo.

Criteri di accessibilità culturale e valorizzazione critica
Il quinto obiettivo consiste nel tradurre la conoscenza prodotta in criteri capaci di orientare il riconoscimento, l'accessibilità culturale e la valorizzazione del paesaggio militare. Tali criteri devono consentire di distinguere priorità e possibilità d'intervento in rapporto alla consistenza materiale delle opere, alla leggibilità dei sistemi di appartenenza, al valore tipologico, alle relazioni paesaggistiche e al grado di affidabilità della documentazione. La ricerca mira così a predisporre una base conoscitiva trasferibile verso forme selettive di conservazione, comunicazione, fruizione e risignificazione, mantenendo riconoscibile la complessità storica e memoriale delle architetture indagate.

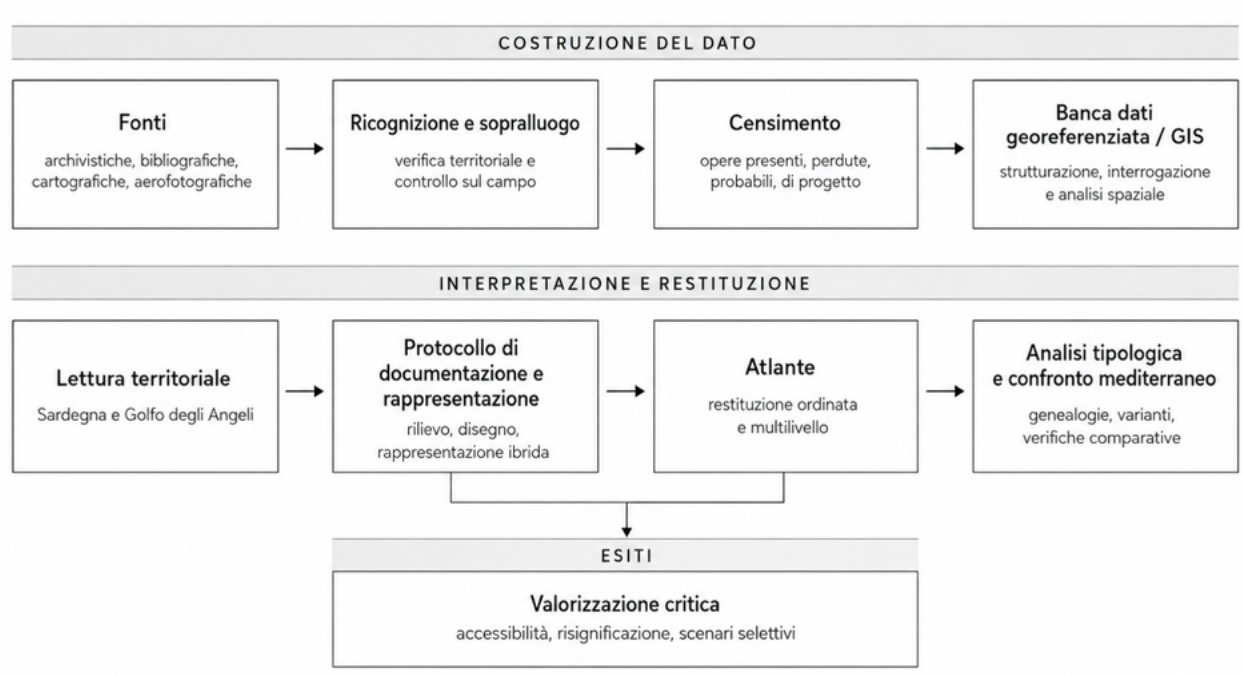


Fig. 4 — Diagramma di flusso della metodologia: dalla costruzione del dato alla conoscenza e alla valorizzazione. Elaborazione grafica dell'autore.

C. Metodi, fonti e tecniche di indagine

La ricerca adotta una metodologia integrata, multiscalare e iterativa, costruita per mettere in relazione documento, territorio e manufatto. Le operazioni di ricerca archivistica, censimento, georeferenziazione, sopralluogo, rilievo, rappresentazione e analisi tipologica non costituiscono fasi rigidamente consecutive: procedono attraverso verifiche e aggiornamenti reciproci. Un documento può orientare la ricognizione sul campo; il riconoscimento di un'opera può richiedere una nuova interrogazione delle fonti; il rilievo può

correggere un'attribuzione tipologica o chiarire la funzione di un elemento fino a quel momento incerto. Il metodo assume pertanto la conoscenza come un processo incrementale, nel quale ogni acquisizione viene ricondotta alla propria fonte, verificata e inserita in una struttura comune.

L'indagine si articola su tre livelli di approfondimento. Alla scala regionale, il censimento ricostruisce la consistenza e la distribuzione delle architetture difensive della Sardegna, riconoscendo macroaree, settori, raggruppamenti e singoli manufatti. Alla scala territoriale, il Golfo di Cagliari costituisce il caso guida per l'analisi delle configurazioni difensive, delle relazioni tra costa ed entroterra e dei rapporti con la morfologia, le infrastrutture e gli obiettivi strategici. Alla scala architettonica, una selezione di postazioni è sottoposta a rilievo e restituzione grafica, così da indagarne impianto, costruzione, funzionamento e condizioni percettive. La differenza di risoluzione fra i tre livelli risponde alla struttura della ricerca: l'estensione del censimento regionale permette di leggere il sistema, mentre l'approfondimento territoriale e architettonico ne verifica concretamente le logiche.

Il primo livello conoscitivo è costituito dall'esame incrociato delle fonti bibliografiche, archivistiche, cartografiche, aerofotografiche e iconografiche. Un ruolo centrale è assunto dalla documentazione conservata presso l'Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito, integrata con materiali provenienti dall'Ufficio Storico della Marina Militare, dall'Istituto Storico e di Cultura dell'Arma del Genio, da archivi fotografici, fondi privati e ulteriori raccolte italiane e straniere. Particolare rilievo rivestono le cartografie militari e dell'Istituto Geografico Militare degli anni 1941–1942, il censimento postbellico del Genio Militare del 1948, le fotografie aeree storiche, le ortofoto e le immagini satellitari contemporanee. Queste fonti restituiscono informazioni di natura differente — localizzazioni, consistenze, armamenti, denominazioni, trasformazioni e perdite — che acquistano attendibilità attraverso il confronto reciproco e la verifica territoriale.

La ricognizione preliminare su base digitale ha consentito di individuare localizzazioni probabili e relazioni territoriali da sottoporre a verifica, osservando discontinuità morfologiche, tracce nelle immagini aeree e corrispondenze con la cartografia storica. Il sopralluogo ha trasformato tali indicazioni in evidenze controllabili, documentando presenza, accessibilità, stato di conservazione, modificazioni, rapporto con il terreno e condizioni del contesto. La ricognizione diretta ha interessato l'intero caso guida del Golfo di Cagliari; all'interno del corpus sardo, circa duecento postazioni sono state rilevate e disegnate con differenti gradi di approfondimento. A queste si affianca un campione di circa cinquanta manufatti spagnoli, utilizzato per la verifica comparativa. L'ampiezza del campione permette di connettere osservazione territoriale e conoscenza architettonica senza presupporre che ogni opera debba essere studiata con la stessa tecnica o alla stessa scala.

I dati raccolti confluiscono in una banca dati georeferenziata, concepita come parte attiva dell'indagine e non come semplice deposito finale delle informazioni. Il modello collega ciascun manufatto alla macroarea, al settore difensivo e all'eventuale raggruppamento di appartenenza, mantenendo distinti localizzazione, identificazione, funzione, tipologia, fonti disponibili, stato di conservazione e grado di verifica. La struttura registra anche le successive condizioni della conoscenza — dato documentario, localizzazione probabile, presenza verificata, opera rilevata — rendendo riconoscibile il percorso attraverso cui è stata costruita ogni attribuzione. Nuove acquisizioni possono così integrare o correggere i record esistenti senza alterare la coerenza complessiva del sistema.

L'ambiente GIS consente di mettere in relazione dati eterogenei entro una base spaziale comune. La sovrapposizione fra cartografie storiche, immagini aeree, modelli territoriali e localizzazioni rilevate rende leggibili distribuzioni, densità, distanze, orientamenti e relazioni di visibilità difficilmente riconoscibili attraverso l'esame isolato dei manufatti. Le elaborazioni spaziali non costituiscono dimostrazioni automatiche: assumono valore quando vengono interpretate alla luce della documentazione storica, delle caratteristiche tecniche delle opere e dell'osservazione diretta del territorio. Il GIS opera quindi come strumento di connessione e verifica, capace di ricondurre il singolo bunker alla configurazione difensiva della quale faceva parte.

Il rilievo architettonico combina tecniche differenti in rapporto alla scala, all'accessibilità, allo stato di conservazione e agli obiettivi della restituzione. Misurazione diretta e documentazione fotografica costituiscono la base comune; scansione laser terrestre, acquisizione LiDAR mobile e fotogrammetria da drone vengono impiegate quando la complessità geometrica, l'estensione del raggruppamento o il rapporto con il paesaggio richiedono una documentazione tridimensionale più articolata. L'integrazione delle nuvole di punti con le misure manuali e con la verifica sul posto permette di controllare dimensioni, spessori, quote, inclinazioni, aperture e relazioni fra gli ambienti. La tecnica non è assunta come valore autonomo, ma selezionata in funzione della domanda conoscitiva e della qualità del dato ottenibile.

Il Disegno interviene lungo l'intero processo. Le restituzioni metriche — piante, sezioni, prospetti, assonometrie e modelli tridimensionali — ricostruiscono l'organizzazione del manufatto, il rapporto fra arma e spazio, la geometria delle feritoie, gli accessi protetti e la relazione fra volume e terreno. Il disegno analogico registra invece aspetti che la sola acquisizione strumentale non restituisce compiutamente: la successione delle soglie, la percezione dello spessore, l'incidenza della luce, la consistenza della materia, la presenza della vegetazione e il rapporto fra corpo, spazio e campo visuale. L'integrazione fra rilievo digitale, osservazione diretta e disegno situato produce una rappresentazione ibrida, nella quale precisione metrica e interpretazione percettiva concorrono alla conoscenza dell'opera.

La rappresentazione assume anche una funzione ricostruttiva. Molti manufatti sono parzialmente interrati, trasformati, inaccessibili o privati di componenti essenziali; altri sono conosciuti soltanto attraverso fonti storiche. In questi casi, la restituzione grafica mette in relazione evidenza materiale, documentazione archivistica, confronto tipologico e interpretazione critica. Ciò che è direttamente rilevato rimane distinto da ciò che deriva da un documento, da ciò che viene ricostruito per confronto e da ciò che è simulato sulla base di parametri dichiarati. La continuità visiva dell'elaborato non deve produrre una falsa equivalenza fra dati dotati di statuti differenti.

L'analisi tipologica nasce dal confronto sistematico del corpus e considera congiuntamente impianto planimetrico, numero e disposizione delle armi, organizzazione degli accessi, configurazione delle feritoie, tecniche costruttive, posizione e relazione con il sistema difensivo. La tipologia non è intesa come catalogo chiuso di forme, ma come strumento per riconoscere ricorrenze, varianti e trasformazioni. Le famiglie individuate permettono di leggere il passaggio dal modello costruttivo alla sua applicazione concreta, mostrando come esigenze operative comuni abbiano prodotto soluzioni differenti in relazione alla morfologia, alle risorse disponibili e alla specifica configurazione difensiva.

La verifica comparativa estende questa lettura ad alcuni sistemi della costa mediterranea spagnola, selezionati per la possibilità di confrontare scale, funzioni e condizioni territoriali commensurabili. I casi di Santa Pola, Clot de Galvany, El Portitxol e Nules vengono messi in relazione con i sistemi sardi attraverso criteri espliciti: direzionalità della difesa, posizione, funzione, costruzione, rapporto con il terreno e articolazione delle opere. Il confronto non ricerca identità formali, ma consente di distinguere ciò che dipende da problemi militari condivisi da ciò che deriva dai diversi contesti storici, territoriali e costruttivi. La comparazione assume così una funzione di controllo: verifica la capacità delle categorie elaborate sul caso sardo di descrivere configurazioni differenti senza ricondurle a un unico modello.

L'Atlante del Golfo di Cagliari costituisce il dispositivo di sintesi di questa filiera. Banca dati, cartografia, rilievo, classificazione e rappresentazione vi convergono senza perdere la specificità dei rispettivi dati. L'Atlante rende confrontabili manufatti e sistemi, documenta le condizioni della conoscenza e costruisce una base verificabile per successivi approfondimenti scientifici e patrimoniali. La metodologia trasforma così un insieme disperso e disomogeneo di fonti e presenze materiali in un sistema aperto, controllabile e trasmissibile, nel quale conoscenza e valorizzazione rimangono fondate sulla dichiarazione critica di ciò che è noto, ricostruito o ancora da verificare.

D. Struttura della tesi

La tesi è articolata in otto capitoli, disposti secondo una progressione che conduce dalla definizione storica e teorica dell'oggetto alla sua conoscenza territoriale e architettonica, fino alle condizioni del riconoscimento patrimoniale. I capitoli non corrispondono a compartimenti autonomi, ma a passaggi consecutivi della dimostrazione: il bunker viene dapprima inquadrato come esito della trasformazione moderna della difesa; successivamente ricondotto ai sistemi territoriali di appartenenza, documentato e rappresentato attraverso strumenti coordinati; quindi analizzato nelle sue configurazioni tipologiche e posto a confronto con altri contesti mediterranei. Su questa base vengono infine formulate le prospettive di valorizzazione e le conclusioni della ricerca.

Il **capitolo 1** costruisce il quadro storico e teorico entro cui interpretare l'architettura difensiva della Seconda Guerra Mondiale. A partire dalle letture fondative dedicate all'Atlantikwall, al bunker e al paesaggio fortificato (fig. 5), il capitolo ripercorre le trasformazioni che conducono dalla fortificazione permanente alla linea difensiva moderna, caratterizzata da dispersione, profondità, standardizzazione e impiego sistematico del calcestruzzo armato. Il bunker viene così riconosciuto come cellula architettonica di un organismo territoriale più ampio. L'analisi si estende quindi all'Atlantikwall, al Muro Mediterraneo e alle specificità della fortificazione italiana, fino a collocare la Sardegna e il Golfo di Cagliari nel quadro strategico del Mediterraneo durante il conflitto. Il capitolo definisce pertanto le coordinate necessarie per passare dalla storia della fortificazione allo studio sistematico delle sue presenze materiali.

Il **capitolo 2** traduce questa impostazione in una struttura informativa capace di ricomporre il patrimonio difensivo alle diverse scale. La banca dati georeferenziata e il Sistema Informativo Territoriale organizzano fonti, localizzazioni, attributi e relazioni secondo una gerarchia che collega macroaree, settori, raggruppamenti e singoli manufatti. La distinzione fra diversi livelli di granularità e attendibilità permette di includere opere presenti, trasformate, distrutte, documentate o ancora da verificare, mantenendo tracciabile il processo di costruzione del dato. Il database non restituisce quindi una semplice somma di record, ma il modello conoscitivo attraverso cui le presenze disperse vengono riconnesse ai dispositivi territoriali di appartenenza. Questa infrastruttura costituisce la base comune delle successive operazioni di rappresentazione, analisi spaziale e censimento.

Il **capitolo 3** definisce il protocollo di documentazione e rappresentazione del paesaggio militare. Il passaggio dal dato alla conoscenza grafica viene articolato attraverso criteri condivisi di rilievo, scala, restituzione e controllo, applicabili dal manufatto al raggruppamento e al paesaggio. Rilievo metrico, modelli tridimensionali, elaborazioni GIS, disegno analogico e rappresentazioni ibride concorrono a descrivere aspetti complementari dell'opera: consistenza geometrica, funzionamento, rapporto con il terreno, condizioni percettive e permanenza nel paesaggio contemporaneo. Il protocollo stabilisce inoltre la corrispondenza fra livelli di approfondimento e famiglie di elaborati, distinguendo ciò che è direttamente rilevato da ciò che deriva dalle fonti, dall'interpretazione o dalla simulazione. Il Disegno assume così una funzione conoscitiva e critica, preparando il passaggio dall'organizzazione delle informazioni alla lettura concreta dei sistemi difensivi.

Il **capitolo 4** applica il modello informativo e gli strumenti di analisi alla scala territoriale. Il censimento regionale permette di riconoscere consistenze, concentrazioni e profili differenti del sistema difensivo sardo, mentre l'approfondimento sul Golfo di Cagliari chiarisce le ragioni della sua particolare densità fortificatoria. Porto, aeroporti, idroscalo, infrastrutture logistiche, spiagge, lagune e rilievi vengono letti come componenti di una medesima geografia strategica. L'esame dei settori di Cagliari, Quartu Sant'Elena e Capoterra, integrato dal margine specialistico di Pula, ricostruisce la cooperazione fra reti costiere, archi di contenimento, sbarramenti, batterie e presidi complementari. Il capitolo verifica quindi sul territorio la struttura gerarchica definita nel database e restituisce il Golfo di Cagliari come sistema difensivo articolato, assunto quale caso guida della ricerca.

Il **capitolo 5** trasferisce questa lettura nell'Atlante del Golfo di Cagliari. L'Atlante costituisce il dispositivo nel quale dati inventariali, cartografie, rilievi, sezioni territoriali, modelli, disegni percettivi e interpretazioni

vengono coordinati entro un racconto unitario. La sequenza dei settori e dei capisaldi consente di passare dalla configurazione generale al singolo manufatto, mantenendo leggibili le relazioni fra scale differenti. Le famiglie grafiche definite dal protocollo non sono qui ripresentate come categorie metodologiche, ma applicate selettivamente secondo la complessità e la rilevanza dei casi. L'Atlante rende così osservabile la struttura del sistema e, nello stesso tempo, la varietà delle sue architetture, trasformando il censimento in una forma di conoscenza comparabile e accessibile.

Il **capitolo 6** concentra l'analisi sulla configurazione architettonica e tipologica delle postazioni. La prima parte ricostruisce le famiglie sarde attraverso il confronto fra impianti, cellule armate, accessi, feritoie, massa resistente, tecniche costruttive e strategie di mascheramento. La lettura delle ricorrenze e delle varianti permette di riconoscere il passaggio dagli organismi poliarma alla cellula monoarma e di chiarire le logiche compositive attraverso cui esigenze operative comuni producono differenti assetti planimetrici. La seconda parte sottopone tali risultati a una verifica mediterranea attraverso il confronto con sistemi della costa spagnola. L'accostamento fra casi sardi e valenciani distingue le soluzioni riconducibili a problemi difensivi condivisi dalle specificità determinate da contesti storici, costruttivi e territoriali differenti. Il capitolo perviene così a una genealogia critica delle configurazioni sarde e ne misura la posizione entro il più ampio campo del Muro Mediterraneo.

Il **capitolo 7** affronta il passaggio dalla conoscenza al riconoscimento patrimoniale. Le architetture difensive vengono considerate come componenti di un patrimonio recente, seriale, frammentario e dissonante, la cui valorizzazione non può essere ricondotta a un'unica modalità di intervento. Il capitolo esamina esperienze di conservazione, accessibilità, riuso e interpretazione, verificandone possibilità e soglie critiche rispetto al contesto sardo. Su questa base vengono definiti criteri di selezione, livelli di trasformabilità e una matrice valutativa capace di mettere in relazione valore documentario, rilevanza tipologica, appartenenza sistemica, condizione paesaggistica, accessibilità e fattibilità gestionale. Gli scenari applicativi non configurano un progetto uniforme per l'intero patrimonio, ma mostrano come strategie differenti possano essere commisurate alle caratteristiche dei singoli manufatti e dei sistemi territoriali.

Il **capitolo 8** ricompone i risultati della ricerca e ne esplicita implicazioni, limiti e direzioni future. Il censimento regionale, la lettura del Golfo di Cagliari, il protocollo grafico, l'Atlante, l'analisi tipologica e il confronto mediterraneo vengono ricondotti a un unico esito conoscitivo. Il bunker è infine interrogato come architettura limite della modernità: prodotto della razionalità tecnica e del calcestruzzo armato, spazio costruito per subordinare il corpo alla funzione militare e, oggi, presenza disattivata che continua a porre domande al paesaggio e alla memoria. La riflessione sulla risignificazione chiarisce come il riconoscimento patrimoniale non richieda di neutralizzare l'origine bellica dei manufatti, ma di renderla leggibile e trasmissibile. Le prospettive conclusive riguardano l'implementazione del database, l'estensione territoriale e archivistica dell'indagine, lo sviluppo degli strumenti di accessibilità culturale e l'apertura verso ulteriori studi sulle culture architettoniche del calcestruzzo (fig. 6).



Fig. 5 — Paesaggio costiero osservato di Quartu Sant'Elena osservato dalla postazione telemétrica della batteria antinave Carlo Faldi di Is Mortorius. Fotografia dell'autore.



Fig. 6 — Forme e texture del calcestruzzo armato nell'architettura difensiva del Golfo di Cagliari. Fotografie dell'autore.

Resumen Extenso en español

A. Campo y problema de la investigación

Las arquitecturas defensivas construidas en Cerdeña durante la Segunda Guerra Mundial constituyen un patrimonio reciente, extendido y aún solo parcialmente reconocido. Búnkeres, casamatas, baterías, observatorios, refugios y estructuras complementarias permanecen a lo largo de las costas, sobre los relieves, en los márgenes urbanos e infraestructurales, en las áreas lagunares y en territorios aparentemente ordinarios. Sin embargo, a su consistencia material no corresponde una reconocibilidad cultural análoga. Ajenas a las formas más habituales de la monumentalidad y desprovistas, en la mayoría de los casos, de dispositivos explícitos de memoria, estas obras permanecen a menudo en los márgenes del conocimiento, de la tutela y del imaginario colectivo.

La investigación considera estos elementos en su doble condición de arquitecturas y dispositivos territoriales. El búnker es un organismo construido, definido por la materia, el espesor, el espacio interior, el acceso, la aspillera, la orientación y la relación con el suelo; al mismo tiempo, constituye un componente de una estructura más amplia, determinada por funciones, jerarquías, campos de tiro, líneas de visión, conexiones y objetivos estratégicos. La lectura del elemento individual permite comprender su forma y su funcionamiento, pero no basta para restituir la lógica que determinó su posición. El paso de la obra aislada al sistema constituye, por tanto, el primer nudo interpretativo de la tesis. El paisaje militar no coincide, en efecto, con la suma de las estructuras conservadas, sino con el conjunto de relaciones que conectan obras, agrupaciones, centros de resistencia, baterías, barreras defensivas, redes costeras, infraestructuras y morfologías territoriales. Su comprensión requiere una lectura multiescalar, capaz de vincular la organización interna del elemento construido con la configuración defensiva local, y esta última con la estructura regional. Desde esta perspectiva, adquieren también significado las obras transformadas, integradas en nuevas construcciones, parcialmente destruidas o desaparecidas, cuya presencia documental puede contribuir a la reconstrucción de configuraciones que ya no resultan íntegramente legibles sobre el terreno.

Cerdeña constituye el marco regional en el que se verifica esta hipótesis. La posición de la isla en el Mediterráneo, la extensión de sus costas y la presencia de puertos, aeropuertos, lugares de desembarco, infraestructuras y nodos logísticos determinaron la construcción de un sistema defensivo articulado, diferenciado en función de las amenazas previstas y de las condiciones locales. Dentro de este marco, el Golfo de Cagliari se asume como caso guía y ámbito de profundización: un territorio en el que la defensa urbana y portuaria, las redes costeras, los centros de resistencia situados en profundidad, las baterías, las barreras defensivas, los márgenes lagunares y las infraestructuras producen una especial densidad de relaciones. La articulación entre la escala regional y el caso guía permite conjugar la extensión del censo con un nivel más profundo de verificación documental, territorial, arquitectónica y simbólica.

El caso sardo se sitúa, además, en el horizonte del Muro Mediterráneo, entendido como un ámbito plural de sistemas defensivos costeros construidos a lo largo del siglo XX en contextos históricos, políticos, técnicos y paisajísticos diferentes. La comparación con los casos españoles estudiados en el ámbito de la costa mediterránea permite reconocer recurrencias operativas, divergencias tipológicas y diferentes formas de relación entre el elemento construido, la línea defensiva y el territorio. La dimensión comparativa no atenúa la especificidad de Cerdeña, sino que la hace más legible, al contrastar el caso regional dentro de una geografía más amplia de la fortificación costera mediterránea.

El problema científico surge de la distancia existente entre la consistencia material de este patrimonio y la limitada legibilidad del sistema al que pertenecía. Los estudios históricos, las investigaciones archivísticas, los reconocimientos y las iniciativas ya desarrolladas han producido conocimientos fundamentales, aunque a menudo distribuidos entre repertorios, cartografías, documentos, localizaciones y estudios circunscritos. La dispersión de las obras, la fragmentación de las fuentes, la diferente accesibilidad de los emplazamientos y las transformaciones producidas durante la posguerra requieren una estructura capaz de relacionar evidencias heterogéneas y distintos niveles de conocimiento. La pregunta de la que parte la tesis es, por

tanto, cómo reconstruir, ordenar y representar las arquitecturas defensivas de la Segunda Guerra Mundial en Cerdeña como un sistema territorial y arquitectónico, manteniendo reconocibles el dato documentado, la permanencia material, la inferencia y la interpretación, y cómo este conocimiento puede orientar su reconocimiento y su puesta en valor crítica.

La hipótesis de la investigación sostiene que la inteligibilidad de este patrimonio no depende únicamente de la exhaustividad de la documentación relativa a los elementos individuales, sino de la posibilidad de conectar fuentes, presencias materiales, datos espaciales, configuraciones arquitectónicas y relaciones territoriales dentro de un sistema multiescalar, verificable e incrementable. En este proceso, la representación no constituye una restitución posterior al conocimiento, sino un instrumento para producirlo y controlarlo. El levantamiento, el Dibujo, la cartografía, el SIG y la representación híbrida permiten comparar escalas y estatutos diferentes del dato, haciendo legibles relaciones que la observación aislada del elemento construido o la mera descripción documental no serían capaces de restituir. La aportación original de la tesis reside en la integración de estos niveles dentro de una única estructura de conocimiento: censo regional, modelo de información georreferenciado, lectura territorial, documentación y representación multiescalar, Atlas del Golfo de Cagliari, clasificación tipológica y comparación mediterránea. La originalidad no coincide, por tanto, con un único instrumento, sino con su concatenación controlada y con la posibilidad de transferir el conocimiento producido hacia formas selectivas de accesibilidad cultural. La puesta en valor se asume como resultado de esta cadena: no como una superposición externa o una neutralización del origen bélico, sino como la capacidad de hacer que el patrimonio resulte documentado, interpretable y transmisible, conservando su complejidad histórica, material y memorial.

B. Objetivo general

La investigación tiene como objetivo general la construcción de un marco integrado de conocimiento de las arquitecturas defensivas realizadas en Cerdeña durante la Segunda Guerra Mundial, capaz de recomponer su consistencia material, su organización territorial y su articulación arquitectónico-tipológica, orientando su reconocimiento y su puesta en valor crítica (fig. 4). La escala regional permite reconstruir la distribución, las jerarquías y las configuraciones del sistema insular; el Golfo de Cagliari constituye el caso guía en el que este marco se profundiza mediante una documentación más densa y una representación coordinada de las relaciones entre elementos construidos, dispositivos defensivos y paisaje.

Reconstrucción del sistema defensivo regional

El primer objetivo específico consiste en reconstruir la consistencia y la configuración del sistema defensivo sardo, localizando las obras y ordenándolas de acuerdo con una estructura multiescalar que conecte macroáreas, sectores, agrupaciones defensivas y elementos construidos individuales. El censo asume, por tanto, una función interpretativa: reconocer distribuciones, densidades, discontinuidades y relaciones estratégicas, restituyendo las presencias individuales como componentes de configuraciones defensivas específicas. En el Golfo de Cagliari, esta lectura se profundiza para comprender la relación entre obras, centros de resistencia, baterías, barreras defensivas, redes costeras, infraestructuras y morfologías territoriales.

Formalización de la base de datos georreferenciada

El segundo objetivo se refiere a la formalización de una base de datos georreferenciada, concebida como infraestructura de conocimiento y no como un simple repertorio. El modelo debe asociar a cada elemento construido su localización, fuentes, función, tipología, estado de conservación, fiabilidad y pertenencia al sistema, manteniendo explícitas las relaciones entre las diferentes escalas territoriales. La estructura está concebida para poder ser consultada, actualizada e incrementada, de modo que permita integrar nuevas localizaciones, precisar atribuciones y respaldar posteriores aplicaciones científicas, administrativas y culturales sin perder coherencia terminológica ni jerárquica.

Definición y aplicación del protocolo de documentación y representación

El tercer objetivo consiste en la definición de un protocolo multiescalar de documentación y representación, capaz de coordinar fuentes históricas, datos territoriales, levantamiento, SIG, Dibujo analógico y

representación híbrida. El protocolo debe permitir la comparación de elementos construidos y sistemas documentados con distintos niveles de profundización, manteniendo reconocibles el dato levantado, la información documental, la inferencia y la interpretación. Su aplicación converge en el Atlas del Golfo de Cagliari, entendido como un dispositivo unitario de restitución crítica: una estructura capaz de relacionar fichas, cartografías, levantamientos y representaciones para hacer que el paisaje militar resulte consultable, comparable y transmisible.

Clasificación tipológica y comparación mediterránea
El cuarto objetivo consiste en construir una clasificación tipológica de las arquitecturas defensivas sardas, identificando familias, invariantes, variantes y principios compositivos a través de la relación entre forma, función, armamento, protección, orientación y posición dentro del sistema. La clasificación debe distinguir los elementos atribuibles a la estandarización de aquellos determinados por condiciones operativas, adaptaciones locales y transformaciones constructivas. La comparación con los casos españoles estudiados en el marco de la cotutela constituye una verificación crítica de esta lectura y permite situar la especificidad sarda dentro del marco plural del Muro Mediterráneo.

Criterios de accesibilidad cultural y puesta en valor crítica
El quinto objetivo consiste en traducir el conocimiento producido en criterios capaces de orientar el reconocimiento, la accesibilidad cultural y la puesta en valor del paisaje militar. Estos criterios deben permitir distinguir prioridades y posibilidades de intervención en relación con la consistencia material de las obras, la legibilidad de los sistemas de pertenencia, el valor tipológico, las relaciones paisajísticas y el grado de fiabilidad de la documentación. La investigación pretende así establecer una base de conocimiento transferible hacia formas selectivas de conservación, comunicación, disfrute y resignificación, manteniendo reconocible la complejidad histórica y memorial de las arquitecturas estudiadas.

C. Métodos, fuentes y técnicas de investigación
La investigación adopta una metodología integrada, multiescalar e iterativa, concebida para relacionar documento, territorio y elemento construido. Las operaciones de investigación archivística, censo, georreferenciación, reconocimiento sobre el terreno, levantamiento, representación y análisis tipológico no constituyen fases rígidamente consecutivas, sino que avanzan mediante verificaciones y actualizaciones recíprocas. Un documento puede orientar el reconocimiento sobre el terreno; la identificación de una obra puede requerir una nueva consulta de las fuentes; el levantamiento puede corregir una atribución tipológica o aclarar la función de un elemento hasta ese momento incierto. El método asume, por tanto, el conocimiento como un proceso incremental, en el que cada adquisición se vincula con su propia fuente, se verifica y se incorpora a una estructura común.

La investigación se articula en tres niveles de profundización. A escala regional, el censo reconstruye la consistencia y la distribución de las arquitecturas defensivas de Cerdeña, reconociendo macroáreas, sectores, agrupaciones y elementos construidos individuales. A escala territorial, el Golfo de Cagliari constituye el caso guía para el análisis de las configuraciones defensivas, de las relaciones entre la costa y el interior y de los vínculos con la morfología, las infraestructuras y los objetivos estratégicos. A escala arquitectónica, una selección de posiciones defensivas se somete a levantamiento y restitución gráfica con el fin de estudiar su configuración, construcción, funcionamiento y condiciones perceptivas. La diferencia de resolución entre los tres niveles responde a la estructura de la investigación: la extensión del censo regional permite leer el sistema, mientras que la profundización territorial y arquitectónica verifica concretamente sus lógicas.

El primer nivel de conocimiento está constituido por el examen cruzado de las fuentes bibliográficas, archivísticas, cartográficas, aerofotográficas e iconográficas. Desempeña un papel central la documentación conservada en el Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito, integrada con materiales procedentes del Ufficio Storico della Marina Militare, del Istituto Storico e di Cultura dell'Arma del Genio, de archivos fotográficos, fondos privados y otras colecciones italianas y extranjeras. Revisten especial importancia las cartografías militares y del Istituto Geografico Militare de los años 1941–1942, el censo de

posguerra realizado por el Genio Militare en 1948, las fotografías aéreas históricas, las ortofotografías y las imágenes satelitales contemporáneas. Estas fuentes proporcionan informaciones de distinta naturaleza —localizaciones, cantidades, armamentos, denominaciones, transformaciones y pérdidas— que adquieren fiabilidad mediante su comparación recíproca y su verificación territorial.

La prospección preliminar sobre base digital permitió identificar localizaciones probables y relaciones territoriales que debían someterse a verificación, mediante la observación de discontinuidades morfológicas, indicios presentes en las imágenes aéreas y correspondencias con la cartografía histórica. El trabajo de campo transformó estas indicaciones en evidencias verificables, documentando la presencia, la accesibilidad, el estado de conservación, las modificaciones, la relación con el terreno y las condiciones del contexto. El reconocimiento directo abarcó la totalidad del caso guía del Golfo de Cagliari; dentro del corpus sardo, alrededor de doscientas posiciones fueron levantadas y dibujadas con diferentes grados de profundización. A ellas se suma una muestra de aproximadamente cincuenta elementos construidos españoles, utilizada para la verificación comparativa. La amplitud de la muestra permite vincular la observación territorial con el conocimiento arquitectónico sin presuponer que cada obra deba ser estudiada mediante la misma técnica o a la misma escala. Los datos recopilados confluyen en una base de datos georreferenciada, concebida como parte activa de la investigación y no como un simple depósito final de información. El modelo vincula cada elemento construido con la macroárea, el sector defensivo y, cuando corresponde, la agrupación a la que pertenece, manteniendo diferenciados la localización, la identificación, la función, la tipología, las fuentes disponibles, el estado de conservación y el grado de verificación. La estructura registra asimismo los estados sucesivos del conocimiento —dato documental, localización probable, presencia verificada, obra levantada—, haciendo reconocible el proceso mediante el cual se ha construido cada atribución. De este modo, las nuevas adquisiciones pueden integrar o corregir los registros existentes sin alterar la coherencia general del sistema.

El entorno SIG permite relacionar datos heterogéneos dentro de una base espacial común. La superposición de cartografías históricas, imágenes aéreas, modelos territoriales y localizaciones levantadas hace legibles distribuciones, densidades, distancias, orientaciones y relaciones de visibilidad difícilmente reconocibles mediante el examen aislado de los elementos construidos. Los análisis espaciales no constituyen demostraciones automáticas: adquieren valor cuando son interpretados a la luz de la documentación histórica, de las características técnicas de las obras y de la observación directa del territorio. El SIG opera, por tanto, como un instrumento de conexión y verificación, capaz de vincular el búnker individual con la configuración defensiva de la que formaba parte. El levantamiento arquitectónico combina diferentes técnicas en función de la escala, la accesibilidad, el estado de conservación y los objetivos de la restitución. La medición directa y la documentación fotográfica constituyen la base común; el escaneado láser terrestre, la adquisición LiDAR móvil y la fotogrametría con dron se emplean cuando la complejidad geométrica, la extensión de la agrupación o la relación con el paisaje requieren una documentación tridimensional más articulada. La integración de las nubes de puntos con las mediciones manuales y con la comprobación in situ permite controlar dimensiones, espesores, cotas, inclinaciones, aberturas y relaciones entre los espacios. La técnica no se asume como un valor autónomo, sino que se selecciona en función del objetivo de conocimiento y de la calidad de los datos que pueden obtenerse.

El Dibujo interviene a lo largo de todo el proceso. Las restituciones métricas —plantas, secciones, alzados, axonometrías y modelos tridimensionales— reconstruyen la organización del elemento construido, la relación entre arma y espacio, la geometría de las aspilleras, los accesos protegidos y la relación entre volumen y terreno. El dibujo analógico registra, por su parte, aspectos que la adquisición instrumental por sí sola no restituye plenamente: la sucesión de los umbrales, la percepción del espesor, la incidencia de la luz, la consistencia de la materia, la presencia de la vegetación y la relación entre cuerpo, espacio y campo visual. La integración entre levantamiento digital, observación directa y dibujo situado produce una representación híbrida, en la que la precisión métrica y la interpretación perceptiva contribuyen conjuntamente al conocimiento de la obra. La representación asume también una función reconstructiva. Muchos elementos construidos se encuentran parcialmente enterrados, transformados, inaccesibles o privados de componentes esenciales; otros se conocen únicamente a través de fuentes históricas. En estos casos, la restitución gráfica

pone en relación la evidencia material, la documentación archivística, la comparación tipológica y la interpretación crítica. Lo que ha sido directamente levantado permanece diferenciado de lo que procede de un documento, de lo que se reconstruye mediante comparación y de lo que se simula a partir de parámetros declarados. La continuidad visual de la elaboración gráfica no debe producir una falsa equivalencia entre datos dotados de estatutos diferentes.

El análisis tipológico surge de la comparación sistemática del corpus y considera conjuntamente la configuración planimétrica, el número y la disposición de las armas, la organización de los accesos, la configuración de las aspilleras, las técnicas constructivas, la posición y la relación con el sistema defensivo. La tipología no se entiende como un catálogo cerrado de formas, sino como un instrumento para reconocer recurrencias, variantes y transformaciones. Las familias identificadas permiten interpretar el paso del modelo constructivo a su aplicación concreta, mostrando cómo unas exigencias operativas comunes produjeron soluciones diferentes en relación con la morfología, los recursos disponibles y la configuración defensiva específica.

La verificación comparativa extiende esta lectura a algunos sistemas de la costa mediterránea española, seleccionados por la posibilidad de comparar escalas, funciones y condiciones territoriales conmensurables. Los casos de Santa Pola, Clot de Galvany, El Portitxol y Nules se ponen en relación con los sistemas sardos mediante criterios explícitos: direccionalidad de la defensa, posición, función, construcción, relación con el terreno y articulación de las obras. La comparación no busca identidades formales, sino que permite distinguir lo que depende de problemas militares compartidos de aquello que deriva de los diferentes contextos históricos, territoriales y constructivos. La comparación asume así una función de control: verifica la capacidad de las categorías elaboradas a partir del caso sardo para describir configuraciones diferentes sin reducirlas a un único modelo.

El Atlas del Golfo de Cagliari constituye el dispositivo de síntesis de esta cadena metodológica. La base de datos, la cartografía, el levantamiento, la clasificación y la representación convergen en él sin perder la especificidad de sus respectivos datos. El Atlas permite comparar elementos construidos y sistemas, documenta los estados del conocimiento y construye una base verificable para posteriores estudios científicos y patrimoniales. La metodología transforma así un conjunto disperso y heterogéneo de fuentes y presencias materiales en un sistema abierto, controlable y transmisible, en el que el conocimiento y la puesta en valor permanecen fundamentados en la declaración crítica de lo que se conoce, de lo que se ha reconstruido y de lo que todavía debe verificarse.

D. Estructura de la tesis

La tesis se articula en ocho capítulos, dispuestos según una progresión que conduce desde la definición histórica y teórica del objeto hasta su conocimiento territorial y arquitectónico y, finalmente, hasta las condiciones de su reconocimiento patrimonial. Los capítulos no constituyen compartimentos autónomos, sino etapas consecutivas de la demostración: el búnker se encuadra inicialmente como resultado de la transformación moderna de la defensa; a continuación, se vincula con los sistemas territoriales a los que pertenece, se documenta y representa mediante instrumentos coordinados; posteriormente, se analiza en sus configuraciones tipológicas y se compara con otros contextos mediterráneos. Sobre esta base se formulan, finalmente, las perspectivas de puesta en valor y las conclusiones de la investigación.

El **capítulo 1** construye el marco histórico y teórico desde el cual interpretar la arquitectura defensiva de la Segunda Guerra Mundial. A partir de las lecturas fundacionales dedicadas al Atlantikwall, al búnker y al paisaje fortificado, el capítulo recorre las transformaciones que conducen desde la fortificación permanente hasta la línea defensiva moderna, caracterizada por la dispersión, la profundidad, la estandarización y el empleo sistemático del hormigón armado. El búnker es reconocido así como la célula arquitectónica de un organismo territorial más amplio. El análisis se extiende posteriormente al Atlantikwall, al Muro Mediterráneo y a las particularidades de la fortificación italiana, hasta situar Cerdeña y el Golfo de Cagliari en el marco estratégico del Mediterráneo durante el conflicto. El capítulo define, por tanto, las coordenadas necesarias para pasar de la historia de la fortificación al estudio sistemático de sus presencias materiales.

El **capítulo 2** traduce este planteamiento en una estructura informativa capaz de recomponer el patrimonio defensivo a distintas escalas. La base de datos georreferenciada y el Sistema de Información Territorial organizan fuentes, localizaciones, atributos y relaciones según una jerarquía que vincula macroáreas, sectores, agrupaciones y elementos construidos individuales. La distinción entre diferentes niveles de granularidad y fiabilidad permite incluir obras existentes, transformadas, destruidas, documentadas o todavía pendientes de verificación, manteniendo trazable el proceso de construcción del dato. La base de datos no presenta, por tanto, una simple suma de registros, sino el modelo de conocimiento mediante el cual las presencias dispersas vuelven a conectarse con los dispositivos territoriales a los que pertenecen. Esta infraestructura constituye la base común de las posteriores operaciones de representación, análisis espacial y censo.

El **capítulo 3** define el protocolo de documentación y representación del paisaje militar. El paso del dato al conocimiento gráfico se articula mediante criterios compartidos de levantamiento, escala, restitución y control, aplicables desde el elemento construido hasta la agrupación y el paisaje. El levantamiento métrico, los modelos tridimensionales, los análisis SIG, el dibujo analógico y las representaciones híbridas contribuyen a describir aspectos complementarios de la obra: consistencia geométrica, funcionamiento, relación con el terreno, condiciones perceptivas y permanencia en el paisaje contemporáneo. El protocolo establece asimismo la correspondencia entre niveles de profundización y familias de elaboraciones gráficas, diferenciando lo que se ha levantado directamente de aquello que procede de las fuentes, de la interpretación o de la simulación. El Dibujo asume así una función cognoscitiva y crítica, preparando el paso desde la organización de la información hasta la lectura concreta de los sistemas defensivos.

El **capítulo 4** aplica el modelo informativo y los instrumentos de análisis a la escala territorial. El censo regional permite cuantificar la presencia de las obras, identificar concentraciones y distinguir perfiles diferenciados dentro del sistema defensivo sardo, mientras que el estudio detallado del Golfo de Cagliari permite explicar su elevada densidad de fortificaciones. El puerto, los aeropuertos, la base de hidroaviones, las infraestructuras logísticas, las playas, las lagunas y los relieves se interpretan como componentes de una misma geografía estratégica. El examen de los sectores de Cagliari, Quartu Sant'Elena y Capoterra, integrado con el sector especializado de Pula, reconstruye la cooperación entre redes costeras, arcos de contención, barreras defensivas, baterías y dispositivos complementarios. El capítulo comprueba así, a escala territorial, la estructura jerárquica definida en la base de datos y presenta el Golfo de Cagliari como un sistema defensivo articulado y como caso guía de la investigación.

El **capítulo 5** traslada esta lectura al Atlas del Golfo de Cagliari. El Atlas constituye el dispositivo en el que los datos de inventario, las cartografías, los levantamientos, las secciones territoriales, los modelos, los dibujos perceptivos y las interpretaciones se coordinan dentro de un relato unitario. La secuencia de los sectores y de los centros de resistencia permite pasar de la configuración general al elemento construido individual, manteniendo legibles las relaciones entre escalas diferentes. Las familias gráficas definidas por el protocolo no vuelven a presentarse aquí como categorías metodológicas, sino que se aplican selectivamente según la complejidad y la relevancia de los casos. El Atlas hace así observable la estructura del sistema y, al mismo tiempo, la variedad de sus arquitecturas, transformando el censo en una forma de conocimiento comparable y accesible.

El **capítulo 6** concentra el análisis en la configuración arquitectónica y tipológica de las posiciones defensivas. La primera parte reconstruye las familias sardas mediante la comparación de configuraciones, células armadas, accesos, aspilleras, masa resistente, técnicas constructivas y estrategias de enmascaramiento. La lectura de las recurrencias y de las variantes permite reconocer el paso de los organismos poliarma a la célula monoarma y esclarecer las lógicas compositivas mediante las cuales unas exigencias operativas comunes producen diferentes configuraciones planimétricas. La segunda parte somete estos resultados a una verificación mediterránea mediante la comparación con sistemas de la costa española. La confrontación entre casos sardos y valencianos distingue las soluciones atribuibles a problemas defensivos compartidos de las particularidades determinadas por contextos históricos, constructivos y territoriales diferentes. El capítulo

alcanza así una genealogía crítica de las configuraciones sardas y determina su posición dentro del campo más amplio del Muro Mediterráneo.

El **capítulo 7** aborda el paso del conocimiento al reconocimiento patrimonial. Las arquitecturas defensivas se consideran componentes de un patrimonio reciente, serial, fragmentario y disonante, cuya puesta en valor no puede reducirse a una única modalidad de intervención. El capítulo examina experiencias de conservación, accesibilidad, reutilización e interpretación, evaluando sus posibilidades y límites de aplicación en relación con el contexto sardo. Sobre esta base se definen criterios de selección, grados admisibles de transformación y una matriz de evaluación capaz de relacionar el valor documental, la relevancia tipológica, la pertenencia al sistema, la condición paisajística, la accesibilidad y la viabilidad de su gestión. Los escenarios de aplicación no configuran un proyecto uniforme para todo el patrimonio, sino que muestran cómo distintas estrategias pueden adaptarse a las características específicas de cada obra y de los sistemas territoriales.

El **capítulo 8** recompone los resultados de la investigación y explicita sus implicaciones, límites y futuras líneas de desarrollo. El censo regional, la lectura del Golfo de Cagliari, el protocolo gráfico, el Atlas, el análisis tipológico y la comparación mediterránea se integran en un único resultado cognoscitivo. El búnker se interroga finalmente como arquitectura límite de la modernidad: producto de la racionalidad técnica y del hormigón armado, espacio construido para subordinar el cuerpo a la función militar y, en la actualidad, presencia desactivada que continúa planteando interrogantes al paisaje y a la memoria. La reflexión sobre la resignificación esclarece cómo el reconocimiento patrimonial no exige neutralizar el origen bélico de los elementos construidos, sino hacerlo legible y transmisible. Las perspectivas conclusivas se refieren a la implementación de la base de datos, la ampliación territorial y archivística de la investigación, el desarrollo de los instrumentos de accesibilidad cultural y la apertura hacia nuevos estudios sobre las culturas arquitectónicas del hormigón (fig. 7).



Fig. 7 — Búnker de hormigón de doble seno en la playa de Babel, Alicante. Fotografía del autor.

CAPITOLO 1
Quadro teorico, statuto del bunker e Muro Mediterraneo

1.1 — Stato dell'arte e quadro teorico: l'Atlantikwall e le letture fondative

L'emersione delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale come oggetto di ricerca costituisce un processo relativamente recente. Per lungo tempo bunker, casematte, postazioni costiere e opere complementari sono rimasti ai margini delle narrazioni culturali e delle pratiche ordinarie di tutela, gravati da una duplice alterità: l'associazione con un passato traumatico e una materialità seriale, tecnica, apparentemente estranea ai repertori tradizionali del patrimonio. Disattivati e privati della funzione originaria, spesso esposti all'abbandono, all'erosione e a trasformazioni o risemantizzazioni spontanee, questi manufatti si sono imposti nel paesaggio come presenze opache, sospese tra rovina contemporanea, residuo tecnico e testimonianza irrisolta del conflitto.

Negli ultimi decenni, la crescente attenzione verso le eredità materiali e paesaggistiche delle guerre del XX secolo ne ha modificato la leggibilità. Le opere difensive sono state progressivamente riconosciute come componenti di paesaggi militari complessi, dotate di valore documentario, architettonico, territoriale e memoriale. Tale riconoscimento partecipa a una più ampia trasformazione della storiografia architettonica del Novecento. Jean-Louis Cohen ha mostrato come la Seconda guerra mondiale rappresenti un momento cruciale della cultura moderna, nel quale costruzione, tecnica, propaganda, infrastrutture e produzione militare concorrono alla ridefinizione dello spazio costruito (Cohen, 2011). La fortificazione appartiene pienamente a questa stagione: il suo significato emerge dall'intreccio fra funzione, posizione, forma, visuale, morfologia e organizzazione territoriale.

L'Atlantikwall costituisce il primo e più rilevante campo di questa emersione disciplinare (fig. 1). La sua centralità deriva dall'estensione e dalla spiccata consistenza materiale del sistema, ma soprattutto dalla possibilità di leggere le architetture difensive come un patrimonio recente, seriale e diffuso. Agli studi prevalentemente tecnico-militari (Gamelin, 1974; Mallory & Ottar, 1973) si sono progressivamente affiancate interpretazioni formali, tipologiche, paesaggistiche e memoriali. Il singolo bunker è stato così ricondotto alla produzione in serie, agli adattamenti locali e alle relazioni che organizzano il sistema costiero. Il caso atlantico segna pertanto una soglia critica: ciò che appariva come un insieme di relitti della guerra diventa un campo di ricerca architettonica e territoriale e, insieme, un problema di riconoscimento patrimoniale.



Fig. 1 — Bunker sulla spiaggia di Løkken, Danimarca. Fotografia di Andrés Martínez-Medina.

Su questa base, la lettura del bunker si articola in quattro piani interdipendenti. Paul Virilio ne riconosce l'evidenza formale e spaziale, fondata sui rapporti fra massa, suolo, visione e funzione militare; Rudi Rolf ne ordina la produzione attraverso tipi, serie, standard e varianti; Monica Bassanelli e Giovanni Postiglione trasferiscono l'analisi dal manufatto al sistema e al paesaggio militare; la riflessione sulla rovina contemporanea e sul patrimonio dissonante ne chiarisce infine le condizioni di permanenza e riconoscimento culturale. Dalla forma alla serie, dalla serie al territorio, dalla permanenza materiale alla sua interpretazione patrimoniale, questi passaggi definiscono il quadro teorico assunto dalla ricerca.

1.1.1 — Virilio e l'estetica del bunker

Il contributo di Paul Virilio segna un passaggio decisivo nello studio delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale, poiché introduce il bunker in un campo di leggibilità architettonica, territoriale ed estetica (Rollmann, 2011). In *Bunker archéologie*, il manufatto difensivo diventa una figura attraverso cui indagare l'intreccio fra tecnologia, industria, territorio, società civile e spazio militare nel mondo contemporaneo. La portata fondativa di questa operazione risiede nella postura archeologica con cui Virilio si avvicina ai resti dell'Atlantikwall, inseguendo lungo le coste quelle «formes grises» (Virilio, 1975, p. 11) fino ad allora sostanzialmente estranee allo sguardo disciplinare. La novità riguarda lo stesso regime di osservazione: ciò che appariva come un residuo tecnico della guerra diventa un'architettura da osservare, descrivere e interrogare criticamente (fig. 2).

Da questo gesto deriva il riconoscimento di una precisa evidenza formale. Massa, stereometria, aderenza al suolo, incassamento, riduzione delle aperture e rapporto selettivo con il campo visivo compongono una logica spaziale radicale, estranea ai codici compositivi convenzionali e tuttavia intensamente connotata sul piano architettonico. Il bunker appare come una costruzione essenziale e compressa, nella quale la forma traduce la funzione militare senza esaurirsi nella sua spiegazione tecnica. La condensazione fra necessità operative e configurazione materiale rende possibile, in Virilio, un'estetica del bunker: una percezione critica della sua forza plastica, dell'opacità e della tensione fra apparizione e occultamento.

L'evidenza moderna del manufatto attiva, inoltre, una memoria formale più arcaica e sepolcrale. Virilio vi riconosce risonanze con le mastabe egizie, le tombe etrusche e altre strutture funerarie delle civiltà antiche, come se l'opera di artiglieria potesse essere percepita secondo la logica di un cerimoniale funerario. Il raffronto possiede un valore analogico e interpretativo: una cavità interna racchiusa da spessori murari eccezionali e immersa in un regime di luce rarefatto richiama la dimensione del sepolcro. Gravità, chiusura e sottrazione della luce fanno oscillare il manufatto fra fortificazione, tomba e reliquia della modernità bellica. Il bunker appare così simultaneamente come dispositivo tecnico e forma archetipica, sospeso fra temporalità industriale e memoria arcaica (Virilio, 1975).

Il rapporto con il paesaggio costituisce un ulteriore nucleo decisivo della lettura viriliana. Nella sezione *Le paysage de guerre* della mostra del 1975–1976, il bunker è colto nella sua inserzione nel sito e nell'appartenenza a un territorio riplasmato dal conflitto. Riprende il profilo delle dune, ne prolunga le curve, sembra emergere dal terreno e, nello stesso tempo, vi si oppone come corpo solidificato, compatto e immobile. La posizione non è neutra: fronteggia il mare, l'orizzonte e la stretta apertura dalla quale è attesa una minaccia indeterminata; organizza lo spazio attraverso il confronto con il vuoto e l'attesa. Il paesaggio di guerra non costituisce lo sfondo della fortificazione, ma il campo entro cui suolo, orientamento e funzione diventano reciprocamente intelligibili. Il bunker ne controlla visuali, direzioni e soglie operative, instaurando un regime percettivo asimmetrico: osservare e colpire rimanendo protetto e occultato.

La stessa radicalità investe lo spazio interno e il rapporto con il corpo. Nella sezione *Anthropomorphie et zoomorphie*, Virilio insiste sul carattere quasi corporeo del *cuirassement* (Maguolo, 2021): le feritoie si offrono come occhi, i volumi sembrano rannicchiati ed evocano posture animali o antropomorfe.

L'analogia mette in evidenza la specificità di uno spazio costruito intorno a un gesto offensivo-difensivo. La sua misura è operativa anziché domestica. Il bunker è una corazza plastica, un involucro rinforzato destinato a contenere l'arma, proteggere l'osservazione, dirigere il tiro e vincolare il corpo a una funzione specialistica. La spazialità ridotta assume un carattere quasi patologico: il vano aderisce al corpo e lo costringe alla postura prescritta dall'arma. Il corpo non dispone dello spazio; è lo spazio a disporlo entro il meccanismo operativo. Il manufatto si configura pertanto come dispositivo ottico e balistico prima ancora che come riparo: una macchina percettiva che organizza congiuntamente visione, protezione e offesa.

Alla prossimità opprimente fra abitacolo e corpo corrisponde, all'esterno, la compattezza monolitica della costruzione. Il paragone con il cippo, la stele e il monolite richiama un corpo posizionato, orientato e calibrato sull'impatto. L'articolazione tradizionale fra fondazione, elevazione e coronamento lascia il posto a un'unità continua, simile a una pietra artificiale innestata nel terreno. Calcestruzzo armato, collocazione, accessori ottici e dispositivi di protezione concorrono alla configurazione di un organismo resistente. La durata del monolite deriva dalla risposta costruttiva alla violenza dello spazio di guerra; l'eventuale condizione monumentale appartiene invece alla sua successiva permanenza nel paesaggio.

La sezione *Séries et transformations* apre infine il passaggio dalla singolarità plastica del manufatto alla comparazione architettonica. La ricorrenza di soluzioni costruttive e funzionali e le risonanze con l'architettura civile contemporanea non costituiscono ancora una classificazione tipologica, ma ne predispongono il campo (Postiglione, 2011). Virilio rende il bunker leggibile attraverso evidenza formale, memoria archetipica, paesaggio, abitacolo e monolitismo; Rudi Rolf trasferirà questa acquisizione dalla forma alla serie, ordinandone tipi, standard e varianti.

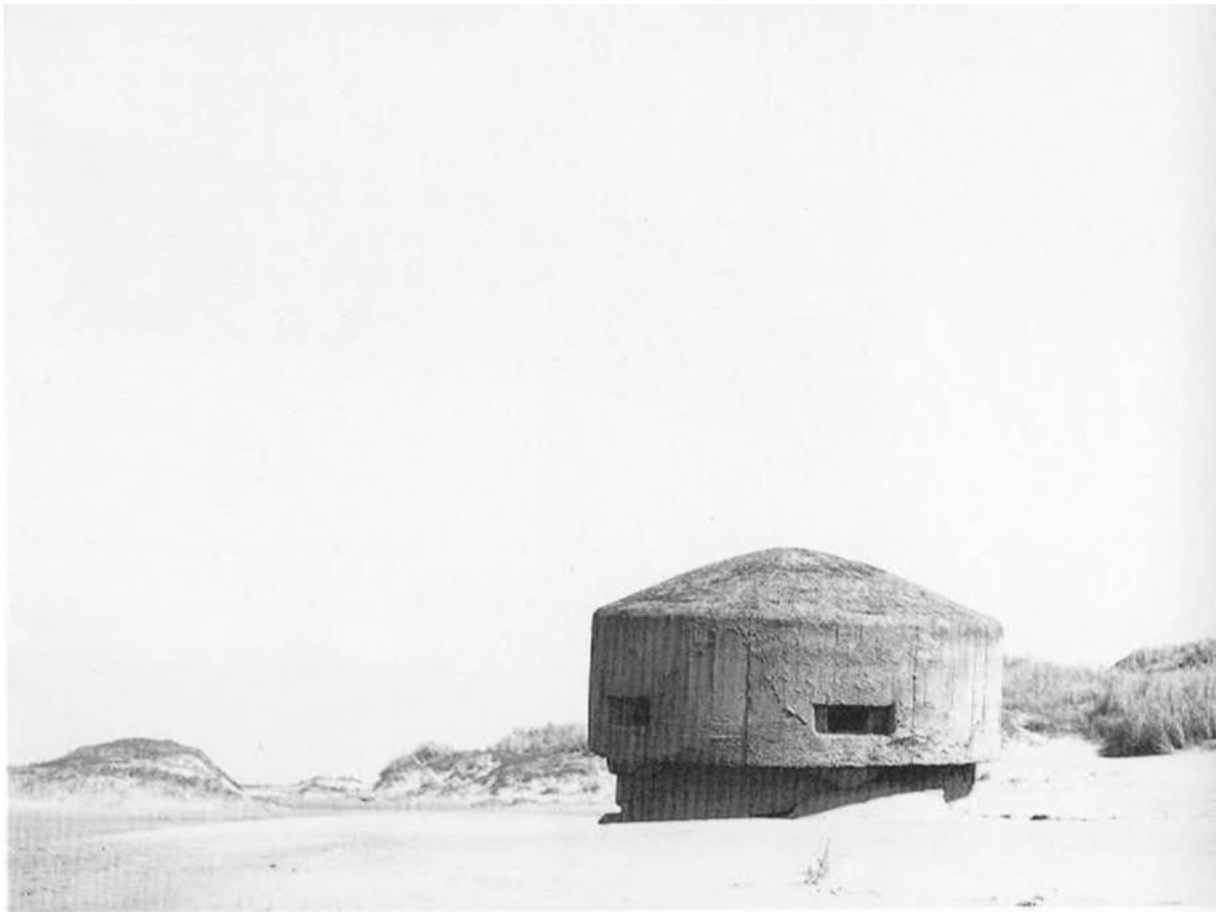


Fig. 2 — Bunker tedesco sul Mare del Nord, indicato da Virilio come abri individuel. Fonte: Virilio (1975, p. 96).

1.1.2 — Rolf e il repertorio tipologico del bunker

Il passaggio dalla forma alla serie trova nel lavoro di Rudi Rolf una sistematizzazione decisiva. Attraverso i repertori dedicati alla fortificazione tedesca e all'Atlantikwall, il bunker viene ricondotto a famiglie, modelli e varianti, superando la condizione di episodio isolato o di resto indistinto del conflitto. Le opere permanenti (*Ständig*) e semipermanenti (*Vf*) vengono ordinate entro un quadro comparabile, nel quale le differenze di funzione, armamento e configurazione assumono il valore di articolazioni riconoscibili di una produzione regolata. Rolf trasferisce così l'acquisizione critica operata da Virilio sul piano della classificazione: dalla singolarità plastica del manufatto alla logica della serie e del repertorio tipologico (Rolf, 1985, 1988, 1998) (fig. 3).

Il principio del *Regelbau*, inteso come tipo regolamentare, costituisce la chiave di questa lettura. Ogni modello è definito dalla correlazione fra destinazione operativa, impianto interno, spessori protettivi, armamento previsto, feritoie, elementi corazzati, dotazioni tecniche e disposizione dei serventi. La standardizzazione consolida soluzioni verificate e riconduce opere differenti a parametri replicabili, rendendo più controllabili la progettazione, la produzione e la realizzazione. Il controllo progettuale si trasferisce dalla composizione autonoma alla combinazione regolata di requisiti funzionali, costruttivi e militari. La tipologia assume pertanto un valore conoscitivo: rende leggibile il bunker come architettura specializzata e riconosce nella ripetizione una precisa modalità di organizzazione tecnica e produttiva (Martínez-Medina & Sanjust, 2015).

La classificazione chiarisce come la forma derivi dall'interdipendenza fra le componenti del dispositivo. Impianto, aperture, protezione e organizzazione degli ambienti traducono spazialmente le esigenze di osservazione, tiro, accesso e permanenza del personale. La configurazione del bunker emerge quindi dalla sintesi fra prestazione e costruzione, entro le differenti culture tecnico-militari che ne orientano il progetto e l'impiego. Il contributo di Rolf consente così di studiare la fortificazione costiera come un insieme ordinato di soluzioni e restituisce alle opere una storia tecnica, militare e architettonica, collegata all'evoluzione delle strategie difensive.

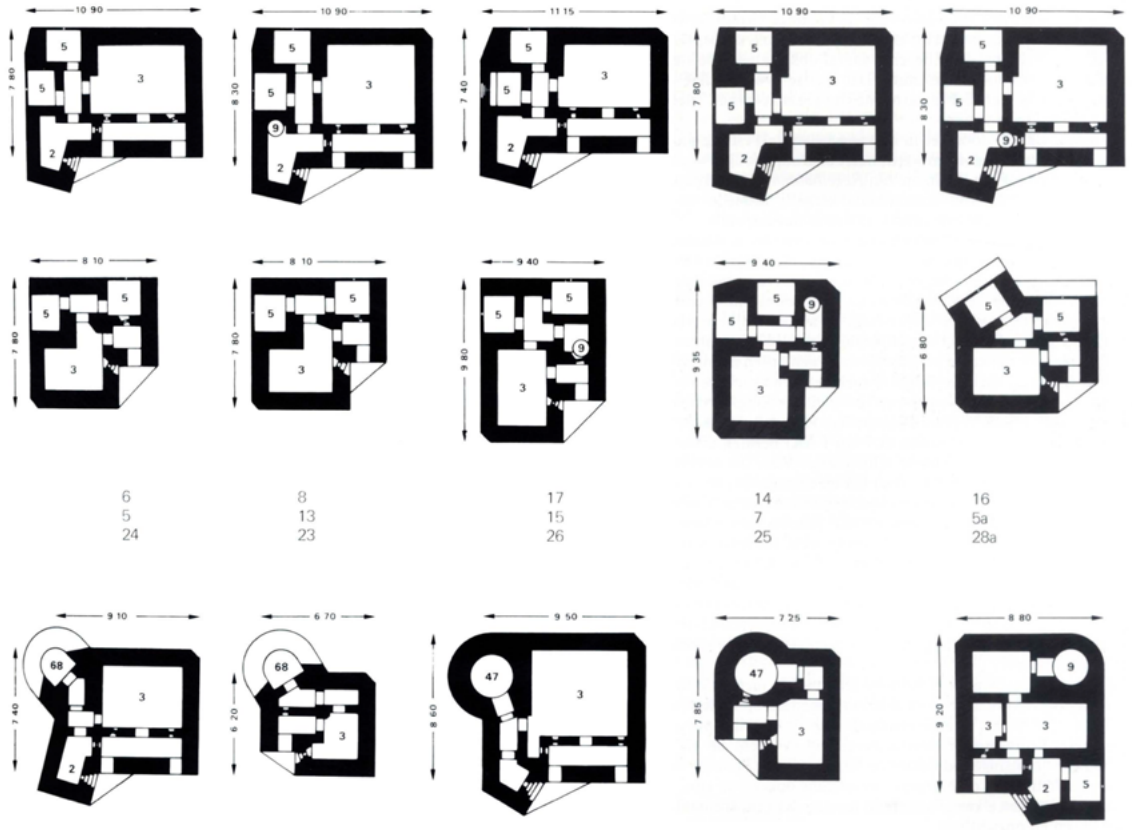


Fig. 3 — Varianti planimetriche di bunker del tipo B1-alt, articolate secondo differenti combinazioni funzionali e dotazioni specialistiche. Fonte: Rolf (1985, p. 39).

La variazione costituisce parte integrante della serie. Direzione della minaccia, armamento, corpo militare, grado di protezione e condizioni locali determinano una pluralità di configurazioni riconducibili a principi comuni. Lo standard stabilisce la struttura condivisa; la variante registra l'adattamento funzionale, tecnico o situazionale. Anche la successione dei modelli rivela una dimensione evolutiva: aggiornamenti, sostituzioni e perfezionamenti mostrano come i tipi vengano progressivamente ridefiniti in rapporto alle esigenze belliche e alle possibilità costruttive. Pur senza delineare una genealogia teorica del bunker, i repertori di Rolf rendono leggibile questa trasformazione nel tempo.

Per la presente ricerca, il valore di tale contributo è duplice. Da un lato, legittima la tipologia come strumento di conoscenza, sottraendola alla riduzione a inventario descrittivo; dall'altro, offre categorie con cui confrontare funzioni, configurazioni e varianti entro un patrimonio seriale. Il repertorio tedesco costituisce un riferimento metodologico e comparativo, mentre la classificazione delle opere italiane e sarde deve tenere conto delle specifiche dottrine militari, delle amministrazioni responsabili e delle condizioni costruttive. L'analisi dei casi studiati si fonda pertanto sulla verifica congiunta delle fonti, dell'impianto planimetrico, dell'armamento previsto, dell'organizzazione interna e del rapporto con il sito. La tipologia rende leggibile la cellula difensiva; il significato complessivo del dispositivo emerge quando la serie viene riportata alla scala territoriale, paesaggistica e culturale.

1.1.3 — Bassanelli–Postiglione e il paesaggio culturale

Lo spostamento dalla serie tipologica alla scala territoriale trova nelle letture di Monica Bassanelli e Giovanni Postiglione una formulazione decisiva. Il valore dell'Atlantikwall risiede anche nella trama di relazioni spaziali, storiche e memoriali che le opere instaurano lungo il territorio (Bassanelli & Postiglione, 2011). Manufatti, percorsi, soglie, nodi e intervalli compongono una configurazione nella quale la discontinuità materiale non interrompe necessariamente l'appartenenza a un medesimo sistema (fig. 4). Il patrimonio assume così una natura relazionale: il significato del singolo elemento dipende dalla posizione, dalle connessioni con le altre opere e dal ruolo svolto entro una struttura territoriale più ampia.

Alla scala del paesaggio, il Vallo Atlantico appare come una sequenza di presenze, assenze e trasformazioni. Il territorio conserva l'impronta delle posizioni, dei collegamenti e dei settori controllati, insieme alle modificazioni intervenute dopo la dismissione. Alla dimensione materiale — bunker, batterie, trincee, gallerie e infrastrutture — si sovrappongono usi, abbandoni, riappropriazioni e memorie che partecipano alla costruzione culturale dei luoghi. Il paesaggio di guerra non costituisce quindi il semplice contenitore delle opere, ma il mezzo attraverso cui la fortificazione acquista leggibilità come stratificazione di manufatti, relazioni ed esperienze.

Quando la funzione originaria e l'ordine del dispositivo difensivo non sono più immediatamente riconoscibili, il paesaggio militare assume una condizione propriamente archeologica. La nozione di *paesaggio archeologico dei conflitti* definisce un insieme diffuso di resti e tracce attraverso cui il territorio conserva, in forma frammentaria, la memoria della guerra (Bassanelli, 2011). Il carattere archeologico deriva dalla necessità di ricostruire una configurazione perduta correlando evidenze materiali, fonti e assetto dei luoghi. L'Atlantikwall rappresenta una delle espressioni europee più estese di tale condizione: lungo un margine territoriale continuo convivono permanenze, lacune, trasformazioni e memorie non pacificate.

In questo quadro, l'idea di *museo lineare diffuso* (Drugman, 2003) traduce la natura territoriale del patrimonio in una modalità di riconoscimento fondata sull'attraversamento. Il museo non concentra le opere entro un edificio né le riduce a una collezione ordinata di oggetti: coincide con una sequenza di architetture, percorsi, soglie e permanenze capace di mantenerle nei rispettivi contesti. La memoria del conflitto resta distribuita fra luoghi distanti e acquista coerenza attraverso la loro connessione interpretativa. Il territorio diventa così il supporto del racconto e permette di ricomporre il paesaggio

difensivo senza separarne le componenti dalle condizioni geografiche e storiche che ne determinarono la posizione.

La lettura territoriale rende infine evidente la differenza fra architetture belliche e architettura memoriale intenzionale. Bunker, batterie e rifugi furono costruiti per osservare, proteggere e combattere; il loro valore memoriale emerge dopo la perdita della funzione originaria e deriva dalla permanenza concreta del dispositivo militare nel paesaggio. Essi coincidono con la materia stessa del conflitto e con la sua iscrizione territoriale, diversamente dal monumento edificato a posteriori per commemorarne gli eventi. La resistenza del calcestruzzo e la persistenza delle tracce rendono possibile la trasformazione del sistema difensivo in paesaggio culturale, senza convertirlo in un'eredità neutra o pacificata. Il passaggio dal manufatto al paesaggio conduce pertanto al problema dello statuto contemporaneo di queste opere: rovine prodotte dalla modernità bellica e patrimoni il cui riconoscimento rimane inevitabilmente dissonante.



Fig. 4 — La collina del Caposaldo XIV "Licata", presso il lago Simbirizzi, Quartu Sant'Elena. I bunker, integrati nella morfologia del rilievo, rendono leggibile il passaggio dal manufatto isolato al paesaggio militare. Elaborazione grafica dell'autore.

1.1.4 — Il bunker come rovina contemporanea e patrimonio dissonante

Il passaggio dal sistema difensivo al paesaggio culturale conduce al problema dello statuto assunto dalle opere dopo la perdita della funzione originaria. Il bunker è una figura della modernità armata e, insieme, una *rovina precoce*: una costruzione che, una volta disattivata, entra rapidamente in una condizione di abbandono, trasformazione e persistenza materiale (fig. 5). Opere concepite per resistere all'urto, alla pressione e al fuoco cessano improvvisamente di appartenere al presente operativo che le ha generate e sopravvivono come resti di un passato cronologicamente vicino ma funzionalmente concluso. Architetture pienamente moderne per concezione, materiali e processi costruttivi si presentano così come reperti archeologici del XX secolo, separati dall'uso ma ancora stabilmente inscritti nel territorio.

Entro questa dislocazione temporale, il bunker può essere definito una *rovina contemporanea* (Martínez-Medina, 2025). La rovina classica è nobilitata dalla distanza storica e incorporata in una tradizione monumentale consolidata; quella contemporanea rimane prossima agli eventi che l'hanno prodotta e conserva un riconoscimento instabile (Riegl, 1903/2008). Privati delle attrezzature, corrosi dalla salsedine, interrati, erosi o progressivamente riassorbiti dalla vegetazione e dal suolo, i bunker continuano a occupare il paesaggio come masse prive di uso ma non di presenza. La loro consistenza rende visibile lo scarto fra obsolescenza funzionale e durata materiale: la funzione scompare, mentre la costruzione permane e proietta sul presente l'ombra del proprio passato (Kessler, 1999/2000).

Questa condizione rivela una contraddizione interna alla modernizzazione tecnica. Il bunker testimonia la razionalizzazione costruttiva e l'incremento della capacità resistente, ma mostra anche la rapidità con cui la modernità produce resti durevoli mentre ne rende superata la funzione. La sua permanenza rende materialmente percepibile il conflitto senza restituirne una narrazione condivisa. Da qui deriva la necessità di una distanza critica: riconoscere il valore documentario e architettonico dell'opera non significa celebrare la cultura militare che l'ha generata né attribuire automaticamente alla sua memoria un valore positivo. Il bunker diventa il supporto di una memoria non intenzionale e inquieta, attraversata da selezioni, rimozioni, conflitti interpretativi e possibilità di oblio (Rieff, 2016/2017).

La nozione di rovina contemporanea descrive la condizione materiale e temporale del manufatto dismesso; quella di *patrimonio dissonante* ne interpreta la ricezione culturale. Le fortificazioni della Seconda guerra mondiale derivano da un passato bellico traumatico o controverso e incontrano resistenze nei processi ordinari di riconoscimento e tutela (Cocroft & Schofield, 2007; Dolff-Bonekämper, 2008). La letteratura ha affrontato questa problematicità mediante categorie convergenti ma non equivalenti: *difficult heritage*, *dissonant heritage* e patrimonio scomodo (Macdonald, 2009; Tunbridge & Ashworth, 1996). La prima pone l'accento sul peso doloroso e conflittuale della memoria; la seconda sulla frizione fra soggetti, narrazioni e valori attribuiti al bene; la terza sulla resistenza sociale e culturale che tali presenze incontrano nella costruzione di un patrimonio condiviso.

Queste condizioni assumono intensità e accezioni differenti in relazione agli eventi, alle comunità e ai contesti politici e memoriali. Alla memoria traumatica esplicita possono affiancarsi imbarazzo, rimozione, indifferenza o una memoria intermittente, capace di alternare oblio, riemersione e conflitto interpretativo. Il paesaggio militare della Seconda guerra mondiale deve pertanto essere inteso come un campo di tensione. La variabilità delle ricezioni impedisce di applicare indistintamente la categoria di patrimonio dissonante e richiede di verificare, per ciascun contesto, quali memorie, valori e soggetti siano effettivamente coinvolti.

Nel caso sardo, la dissonanza assume soprattutto la forma di una memoria intermittente e opaca, segnata più dalla marginalità, dall'indifferenza e dalla rimozione che da un conflitto memoriale esplicito. Tale condizione è rafforzata dalla localizzazione delle opere in spazi interclusi o residuali, ai margini dell'urbanizzato o entro paesaggi sospesi fra abbandono, rinaturalizzazione e riuso informale. In questi interstizi, obsolescenza funzionale, permanenza materiale e memoria rimossa tendono a

sovrapporsi, rendendo frammentaria e opaca la leggibilità del paesaggio militare. La rovina non dissolve il sistema difensivo, ma ne interrompe la continuità materiale e culturale.

Per la presente ricerca, rovina contemporanea e patrimonio dissonante costituiscono quindi categorie operative. Consentono di riconoscere nelle permanenze isolate i frammenti di linee e sistemi che il tempo ha reso discontinui, ma non ha cancellato. La loro conoscenza richiede di correlare evidenze materiali, fonti e organizzazione territoriale, distinguendo il dato dall'interpretazione e ristabilendo la relazione fra manufatto e sistema. Su questa base può essere affrontato il percorso morfologico, tecnico e territoriale attraverso cui la fortificazione moderna giunge alla concezione del bunker.



Fig. 5 — Rovina classica e rovina contemporanea: dal tempio di Poseidone a Capo Sounion al bunker "Falsa Chiesa" del Caposaldo XVI di Quartu Sant'Elena. In basso lo spazio interno del bunker costiero collocato nel promontorio di Calamosca a Cagliari. Fonte: fotografie di Andrés Martínez-Medina e Giancarlo Sanna.

1.2 — Dalla continuità muraria alla dispersione territoriale

La definizione architettonica del bunker si inscrive in una storia discontinua, fatta di permanenze, scarti e convergenze, nella quale le trasformazioni morfologiche e tecniche modificano progressivamente il rapporto fra architettura, protezione, armamento e controllo dello spazio. Due contributi classici ne definiscono le principali scale di lettura. La ricostruzione di Antonio Cassi Ramelli, estesa dalle forme originarie del riparo alla fortificazione corazzata e interrata, segue nel lungo periodo il continuo riassetto dei rapporti fra capacità offensiva, materia, protezione e configurazione dello spazio militare (Cassi Ramelli, 1964). Amelio Fara individua invece nella «città da guerra» dell'Europa moderna una soglia decisiva, nella quale geometria, artiglieria, architettura e organizzazione urbana concorrono alla costruzione di un organismo difensivo unitario (Fara, 1992). Assunte insieme, le due letture consentono di riconoscere i processi che confluiranno nella fortificazione novecentesca: l'abbassamento del profilo, l'incremento della massa resistente, la progressiva incorporazione nel terreno e la dispersione delle opere entro dispositivi territoriali coordinati. Ne risulta una storia asincrona, sviluppata attraverso sperimentazioni maturate in contesti e sistemi differenti.

Ogni trasformazione prende forma entro condizioni specifiche: la natura della minaccia, la conoscenza del territorio, la morfologia dei luoghi, i materiali e le risorse disponibili. Geologia e morfologia costituiscono insieme vincoli e possibilità. In una prima fase offrono riparo, dominio altimetrico e posizioni difficilmente accessibili; in seguito, vengono integrate in dispositivi capaci di fare del suolo uno strumento di resistenza, osservazione e interdizione. Le architetture difensive rendono così particolarmente evidente il nesso fra percezione della minaccia e organizzazione dello spazio (Verdiani & Di Grazia, 2023): la loro evoluzione investe la forma costruita e, con essa, le relazioni fra terreno, visibilità, offesa e protezione.

1.2.1 — Dalla verticalità alla geometria del fuoco

Nelle fortificazioni medievali, prima dell'impiego sistematico delle armi da fuoco, la capacità difensiva era affidata in larga misura alla verticalità. L'altezza delle mura ostacolava l'accesso, assicurava il dominio visuale sullo spazio circostante e consentiva la difesa piombante dalla sommità. La cinta alta e continua agiva dunque come ostacolo materiale, presidio visivo e supporto dell'azione offensiva, secondo una concezione nella quale superiorità altimetrica, protezione e controllo risultavano strettamente connessi (Kaufmann & Kaufmann, 2001; Tornabene, 2024). La forma della fortificazione coincideva prevalentemente con la delimitazione di un interno, separato dal territorio esterno mediante un margine costruito chiaramente riconoscibile.

L'introduzione e il progressivo perfezionamento dell'artiglieria fra XV e XVI secolo alterarono radicalmente questo equilibrio. L'altezza, da risorsa difensiva, divenne fattore di esposizione: le murature elevate offrivano bersagli vulnerabili, mentre la resistenza richiedeva profili più bassi, spessori maggiori e una più elevata capacità di assorbire l'urto. La cosiddetta rivoluzione militare investì così, insieme alle tecniche di combattimento e all'organizzazione degli eserciti, la forma dell'architettura e il rapporto fra opera costruita, armamento e territorio (Parker, 1996). Il muro non scomparve: venne abbassato, ispessito e associato a masse di terra, perdendo progressivamente la propria prevalente configurazione verticale.

La fortificazione alla moderna prese forma entro questo mutamento. Nella «città da guerra», l'adeguamento alla potenza dell'artiglieria coinvolse congiuntamente le opere difensive, la struttura urbana e lo spazio circostante, ricomponendoli in un sistema governato da rapporti geometrici e balistici (Fara, 1992). Nel caso delle piazzeforti sarde, l'analisi dei progetti dei fratelli Paleari Fratino mostra come i modelli geometrici della trattatistica fossero adattati alle preesistenze e alla topografia di Cagliari e Alghero, traducendo il principio del tiro incrociato in soluzioni differenti e strettamente correlate ai siti (Pirinu, 2013). Terrapieni, profili inclinati, fossati, bastioni e opere avanzate accrescevano la resistenza passiva e organizzavano una difesa attiva fondata sul tiro incrociato. Ogni

parte del fronte veniva dimensionata e orientata in rapporto alle traiettorie, agli angoli di tiro e alle zone da controllare, affinché potesse proteggere lateralmente quelle adiacenti. Attraverso il fiancheggiamento, la continuità muraria diveniva una struttura di relazioni: l'efficacia del sistema dipendeva dalla cooperazione geometrica fra cortine, bastioni e posizioni complementari (Duffy, 1985; Hughes, 1991). Il confronto fra la cinta medievale e la fortificazione alla moderna di Alghero rende leggibile questa trasformazione (fig. 6).

All'interno del recinto, alcune funzioni si concentravano già in dispositivi puntuali. La cannoniera riuniva arma, apertura protetta, orientamento e settore di tiro entro un nucleo operativo incorporato nella massa muraria; le garitte localizzavano invece il presidio, l'osservazione ravvicinata e la protezione della sentinella nei punti selezionati della cinta. La loro rilevanza è funzionale, più che genealogica: mostrano la progressiva specializzazione di tiro e osservazione, pur rimanendo subordinate alla continuità materiale della fortificazione.

La trattatistica e la pratica dell'ingegneria militare consolidarono la subordinazione della forma al fuoco. Geometria, calcolo e proporzione divennero strumenti per regolare visibilità, distanze, coperture e traiettorie. Fra la stagione di Vauban e la cultura tecnica dell'Illuminismo, la fortificazione assunse il carattere di una scienza applicata al controllo dello spazio, capace di coordinare architettura, infrastrutture, artiglierie e organizzazione militare (Langins, 2004). L'aumento della scala degli eserciti e della complessità logistica ampliò ulteriormente questo dispositivo: uomini, armamenti, approvvigionamenti e possibilità di manovra dovevano concorrere al funzionamento di un medesimo organismo (Lynn, 1997).

La soglia moderna risiede pertanto in una duplice trasformazione. La fortificazione si abbassa, si ispessisce e incorpora il terreno nella propria massa resistente; al tempo stesso, la sua efficacia si trasferisce dalla robustezza del singolo tratto alla geometria del fuoco e alla cooperazione fra le parti. Il recinto rimane materialmente continuo, ma è già attraversato da visuali, traiettorie e coperture che ne proiettano l'azione oltre il margine costruito.

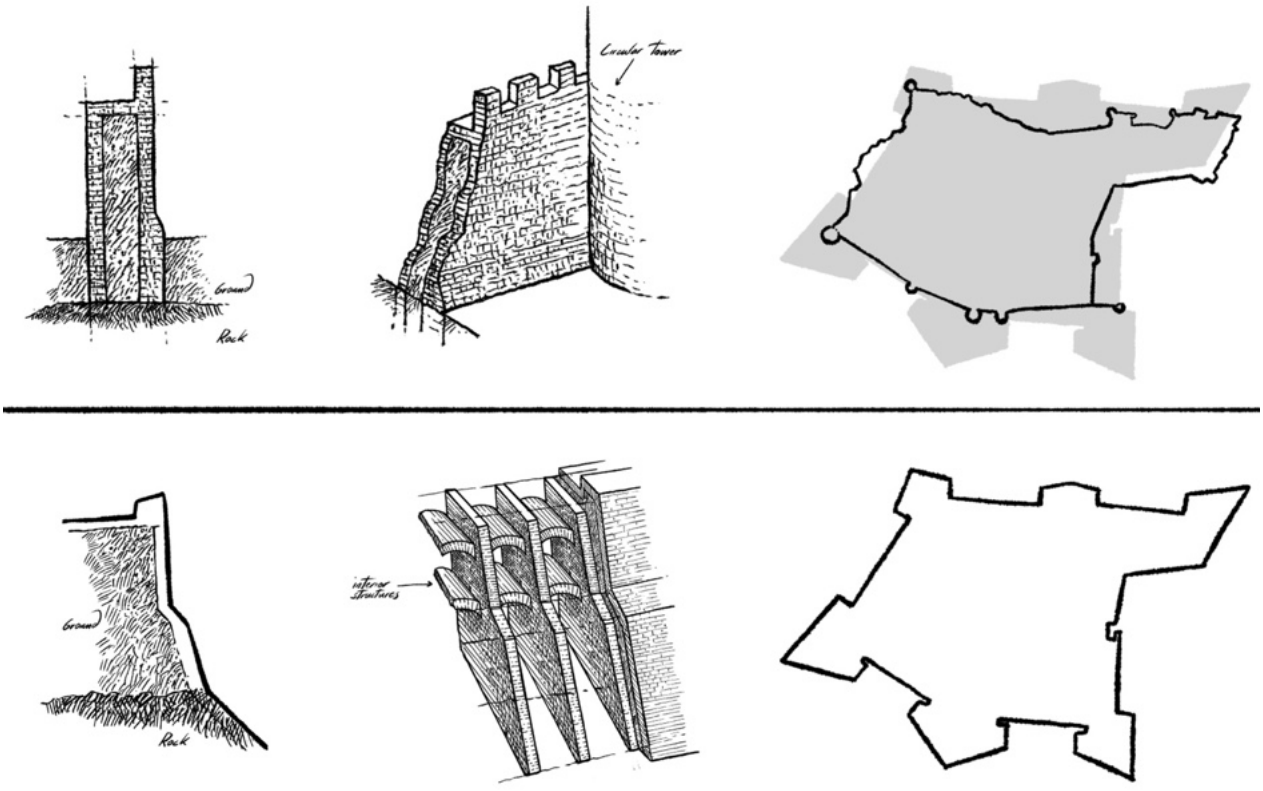


Fig. 6 — Fortificazioni di Alghero: confronto tra la cinta medievale, verticale e turrita, e la fortificazione alla moderna, caratterizzata da baluardi, terrapieni, ispessimento murario e abbassamento del profilo. Fonte: disegni dell'autore.

1.2.2 — Reti costiere di avvistamento e allarme

Nelle reti costiere di avvistamento e allarme, il controllo supera il recinto fortificato e si estende lungo il margine territoriale. Le torri litoranee operano come elementi di una struttura fondata sull'osservazione, sulla comunicazione e sul presidio degli accessi. La loro funzione primaria consiste nel sorvegliare il mare e la costa, riconoscere tempestivamente l'avvicinamento di imbarcazioni ostili e trasmettere l'allarme mediante segnali di fumo, fuoco o altri dispositivi convenuti, attivando una risposta difensiva più ampia. L'efficacia della singola architettura dipende pertanto dalla relazione fra posizione, campo visuale e trasmissione del segnale più che dalla sua autonoma capacità di resistere a un attacco (Blackler, 2022).

La logica della rete è anzitutto spaziale. Promontori, rilievi costieri, imboccature, foci, approdi e spiagge esposte vengono selezionati in funzione del dominio visuale e, quando la morfologia lo consente, dell'intervisibilità reciproca. La costa assume così la forma di una sequenza di soglie vulnerabili, punti dominanti e tratti sensibili sottoposti a vigilanza. Linee di vista e tempi di trasmissione costruiscono fra le torri una continuità operativa che deriva dalla cooperazione fra nodi distanti al controllo del confine. Le analisi GIS applicate al sistema sardo hanno reso particolarmente leggibile questa organizzazione, mostrando il rapporto fra localizzazione delle torri, copertura del litorale, distanze reciproche e controllo visuale dei settori costieri (Deidda et al., 2015).

In Sardegna, come negli altri territori mediterranei interessati dalla presenza spagnola, tale principio assunse una configurazione particolarmente riconoscibile. La consolidata tradizione di studi sulle torri litoranee documenta un sistema amministrativamente organizzato e territorialmente distribuito, nel quale sorveglianza e segnalazione collegavano punti fisicamente separati (Fois, 1981; Mele, 2000; Montaldo, 1992; Pillosu, 1957; Rassu, 2005). Il dispositivo difensivo controllava approdi, baie, rotte e spiagge e trasmetteva l'allarme ai presidi e alle forze incaricate della risposta. La ripetizione lungo il litorale non determinava tuttavia uniformità: forme, dimensioni, materiali e tecniche murarie variavano in relazione ai siti, mentre permaneva il principio insediativo che associava posizione dominante, visibilità e capacità di presidio (Giannattasio et al., 2017). Con la crescente incidenza dell'artiglieria, alcune torri furono inoltre adattate per accogliere armamenti, affiancando alla funzione di osservazione e comunicazione una capacità diretta di contrasto, senza perdere il proprio ruolo nel sistema litoraneo. In questo modo, le torri costiere si avvicinarono ulteriormente al principio del bunker; in Sardegna, le opere dei due sistemi talvolta insistono sugli stessi siti, selezionati per la loro efficacia nel controllo del territorio (fig. 7).

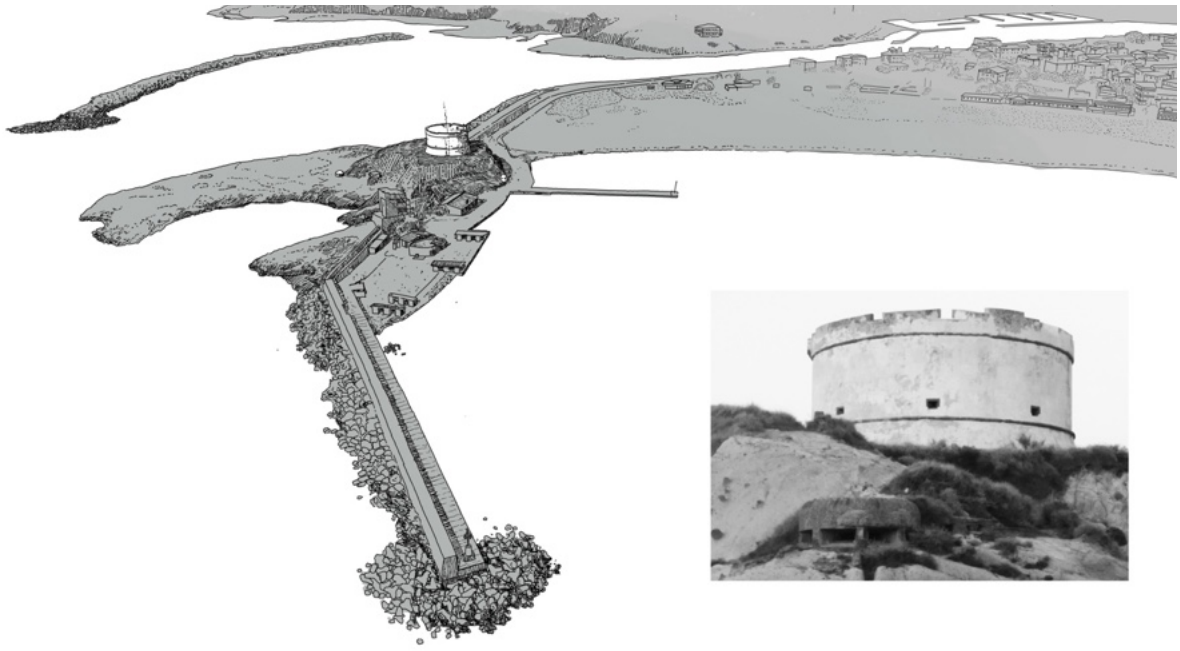


Fig. 7 — Torre dell'Isola Rossa a Bosa e bunker della Seconda guerra mondiale. Elaborazione dell'autore, foto di Andrea Pirinu.

Il confronto con la costa spagnola conferma la diffusione mediterranea di questa logica. I sistemi sardi e iberici condividono la selezione strategica dei siti, la funzione di avvistamento e la costruzione di relazioni visuali fra manufatto e territorio (Rodríguez-Navarro et al., 2015). Anche le torri della Huerta di Alicante acquistano piena intelligibilità attraverso la ricostruzione delle visuali, delle distanze e delle connessioni territoriali che ne motivano la localizzazione (Mójica Marhuenda, 2002–2007). La loro comparazione mette in evidenza un medesimo principio operativo, capace di adattarsi alle specificità morfologiche e costruttive dei diversi contesti mediterranei.

Il rapporto con il bunker si colloca sul piano territoriale, non su quello tipologico. Nel XX secolo, le postazioni costiere presidiano il margine, sorvegliano approdi e spiagge, contrastano infiltrazioni, incursioni limitate o sbarchi minori e concorrono a segnalare e rallentare l'attacco, attivando i dispositivi arretrati. Cambia invece il sistema delle comunicazioni: nella rete storica delle torri, l'intervisibilità costituisce la condizione strutturale per trasmettere l'allarme; telefoni, linee cablate e radio riducono la dipendenza delle difese novecentesche dalla relazione visuale diretta. Permane il principio territoriale che trasforma la costa in un margine selettivamente osservato e presidiato, capace di innescare una risposta difensiva più ampia. Con l'aumento della portata delle armi e della complessità degli apparati militari, i nodi distribuiti vengono integrati con opere distaccate, collegamenti e livelli successivi di resistenza.

1.2.3 — Difesa in profondità e forti distaccati

La difesa in profondità introduce un mutamento ulteriore rispetto alle reti costiere: alla distribuzione dell'osservazione e dell'allarme affianca una successione di posizioni armate, predisposte per intervenire in fasi differenti dell'attacco. Tra XVII e XIX secolo, il perfezionamento dell'artiglieria, delle tecniche d'assedio e, più tardi, degli esplosivi riduce progressivamente l'efficacia di una resistenza affidata a un'unica linea muraria. La difesa viene anticipata oltre il recinto, distribuendo nel territorio opere e soglie capaci di intercettare l'urto, rallentare l'avanzata e proteggere il nucleo principale della fortificazione (Duffy, 1985, 2023).

L'assedio cosiddetto scientifico rende particolarmente evidente questa trasformazione. Mine e contromine, trincee di approccio, batterie assedianti, gallerie e progressioni protette costruiscono attorno alla piazzaforte un campo operativo nel quale attacco e difesa modificano continuamente posizioni, distanze e traiettorie. Alla pressione dell'assediante, la fortificazione risponde organizzando fossati, opere avanzate, ridotti, batterie e percorsi protetti secondo livelli successivi. La separazione elementare fra interno ed esterno lascia così posto a una successione di soglie, la cui tenuta dipende dai tempi d'ingaggio e dalla possibilità di opporre resistenze coordinate.

La piazzaforte estende di conseguenza la propria organizzazione oltre il perimetro materiale. Dalla stagione di Vauban alle riorganizzazioni ottocentesche, opere esterne e posizioni complementari vengono integrate secondo criteri geometrici, tecnici e territoriali sempre più espliciti (Langins, 2004). Il disegno difensivo governa le relazioni fra opere, direttrici di avvicinamento, distanze, settori di tiro e percorsi di collegamento, trasformando la fortificazione in uno strumento di controllo territoriale dello spazio (Kapur, 2020). La profondità acquista così un significato operativo: non misura soltanto l'estensione del dispositivo, ma ordina una gerarchia di posizioni chiamate a intervenire nei diversi momenti dell'attacco.

L'aumento della gittata, della precisione e della potenza dell'artiglieria accentua questo processo e conduce alla progressiva esternalizzazione delle opere (fig. 8). Forti distaccati, batterie avanzate e ridotti vengono collocati su alture, accessi, corridoi e punti sensibili per intercettare la minaccia prima che possa agire direttamente contro la piazzaforte. Il forte distaccato acquista efficacia entro una cintura coordinata, sostenuta da collegamenti, riserve e possibilità di intervento reciproco. Il recinto perde pertanto la propria centralità esclusiva e la capacità difensiva si distribuisce fra opere principali e secondarie, differenziate per posizione e funzione.

In questa configurazione, anche l'intervallo diventa spazio militare. Le aree comprese fra le opere devono essere osservate, battute, attraversate e protette mediante trincee, batterie, ostacoli, ridotti, percorsi coperti e posizioni intermedie. Gallerie e passaggi protetti garantiscono inoltre il movimento degli uomini, le comunicazioni e il rifornimento senza esposizione diretta al fuoco. La continuità della fortificazione si trasferisce così dalla materia ininterrotta del muro alla capacità di controllare gli spazi intermedi e sostenere reciprocamente le posizioni. L'efficacia del dispositivo difensivo risiede nei nodi fortificati e nella trama che coordina uomini, artiglierie, approvvigionamenti e linee di movimento (Lynn, 1997).

Tra il XIX e l'inizio del XX secolo, la crescente separazione degli elementi completa l'espansione territoriale della fortezza. La continuità visuale e comunicativa sperimentata dalle reti costiere viene affiancata dalla cooperazione fra posizioni armate e dal controllo attivo degli intervalli: il territorio è predisposto per assorbire, rallentare e frammentare l'avanzata. Il sistema rimane ancora organizzato attorno a piazzeforti e opere permanenti di grande consistenza.

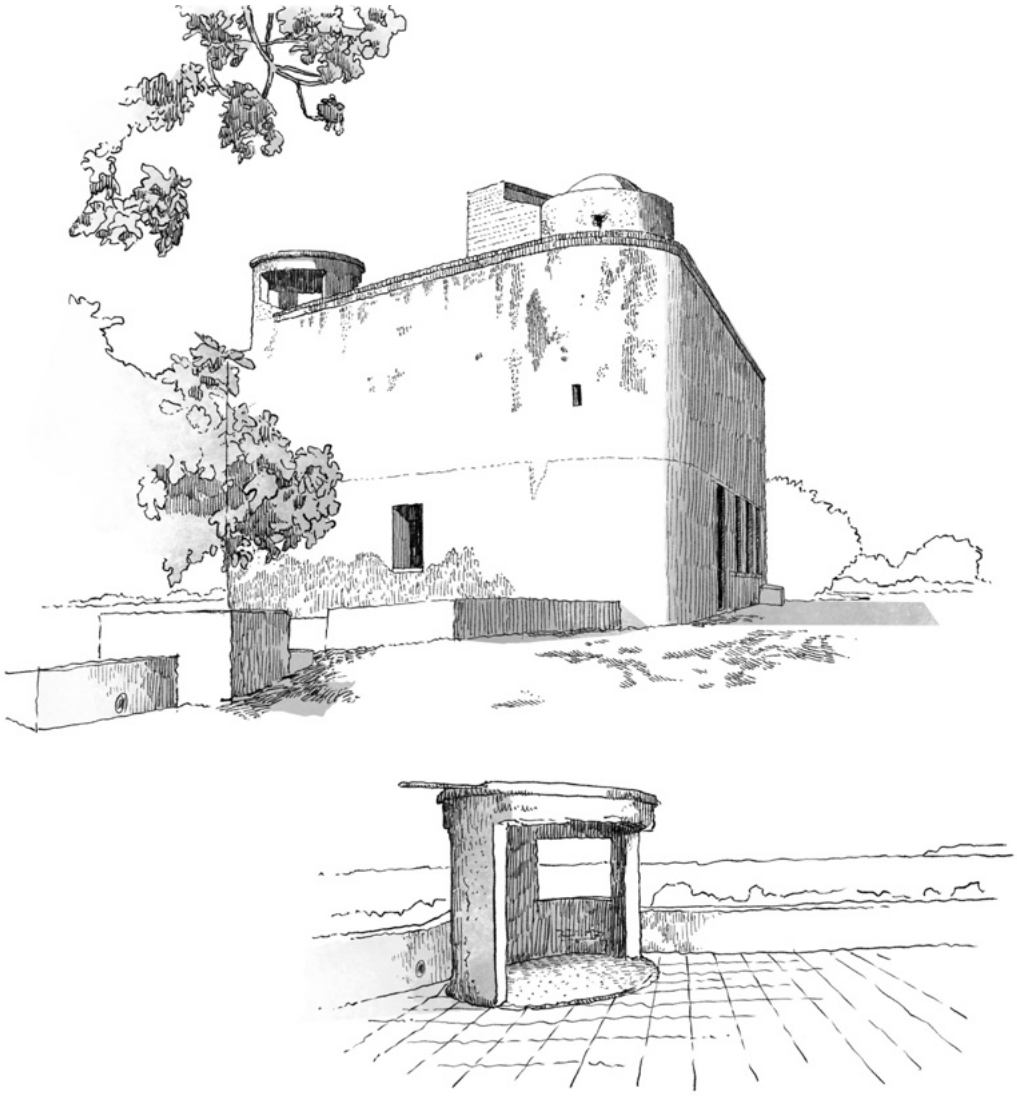


Fig. 8 — Forte Sabaudo del Margine Rosso a Quartu Sant'Elena. La struttura fu poi riconvertita in posto di osservazione durante la Seconda guerra mondiale con l'inserimento di garitte di controllo sulla sua copertura. Disegni dell'autore.

1.2.4 — La linea difensiva e la Prima guerra mondiale

La Prima guerra mondiale radicalizza i processi maturati nei secoli precedenti e introduce una trasformazione ulteriore rispetto alla difesa in profondità organizzata attorno alle piazzeforti. Con la guerra di posizione, è il campo di battaglia stesso a diventare struttura difensiva. La stabilizzazione dei fronti, la potenza del fuoco automatico, l'impiego massivo dell'artiglieria e la difficoltà di mantenere la manovra aperta producono uno spazio continuo, scavato, armato, osservato e stratificato, nel quale la resistenza dipende in misura crescente dall'organizzazione materiale del terreno (Philpott, 2021; Strachan, 2003).

Trincea, reticolato e mitragliatrice costituiscono gli elementi fondamentali di questa trasformazione. La protezione si distribuisce in una trama di scavi, camminamenti, ricoveri, postazioni d'artiglieria, punti di osservazione e piccoli fortini campali estesi lungo il fronte. La trincea è l'unità elementare di un sistema che organizza combattimento, sopravvivenza, osservazione, movimento e rotazione delle truppe attraverso l'adattamento della topografia e la costruzione di collegamenti protetti (Bull, 2002). La linea acquista così spessore e si articola in livelli interdipendenti, entro i quali ogni elemento opera in relazione agli altri.

Nel corso del conflitto, la profondità assume un significato diverso da quello sperimentato attorno alla fortezza. Le posizioni successive, i nuclei di resistenza e le riserve permettono al dispositivo di conservare capacità di reazione anche dopo la perdita o la penetrazione della linea avanzata. La profondità diventa quindi una strategia di resilienza: distribuisce osservazione, copertura, movimento e fuoco affinché la rottura locale non determini il collasso dell'intero fronte. La fortificazione lineare si trasforma in una fortificazione di superficie, organizzata per fasce, nodi e relazioni.

Su questa base prende forma la fortificazione diffusa. Alla riduzione della scala delle singole opere corrisponde una crescente specializzazione delle funzioni e una più stretta integrazione fra posizione, protezione, visione e tiro. Scavo, interramento e adattamento alla morfologia configurano la fortificazione campale come un processo tecnico in continua evoluzione, capace di modificare il rapporto fra soldato, suolo e spazio difensivo (Dykstra, 2014). Al tempo stesso, l'impiego del calcestruzzo nei ricoveri, negli osservatori e nei piccoli fortini attenua la separazione fra opere campali e permanenti. Le strutture stabili vengono incorporate nel terreno fortificato e la loro efficacia dipende dai collegamenti, dalle opere complementari e dalla capacità complessiva del sistema di assorbire bombardamenti e sfondamenti. La resistenza si fonda così sulla dispersione della vulnerabilità e sulla possibilità di ricostituire in profondità le condizioni della difesa.

La trincea è anche un ambiente di permanenza forzata e di organizzazione quotidiana dello spazio. Percorsi, postazioni, ricoveri, aree di servizio e zone di combattimento regolano movimenti, tempi, funzioni e condizioni di sopravvivenza, trasformando il fronte in un paesaggio abitato dalla guerra. Questa dimensione appartiene pienamente alla sua organizzazione militare: il terreno fortificato diventa un ambiente complesso, continuamente modificato attraverso adattamenti, riparazioni e negoziazioni fra necessità operative e pratiche d'uso (Ashworth, 1980).

La Prima guerra mondiale consolida, dunque, una concezione della difesa come struttura territoriale stratificata, interrata e capace di conservarsi attraverso la relazione fra le sue parti. Le trasformazioni illustrate nella fig. 9 — dalla città murata al controllo dei punti strategici, fino alla dispersione delle opere lungo il territorio — definiscono un campo di esperienze che la fortificazione permanente del Novecento ricomporrà in una nuova sintesi. Nel periodo interbellico, dottrine, regolamenti, materiali e processi costruttivi tradurranno tali esperienze in sistemi concepiti, dimensionati e coordinati secondo criteri unitari.

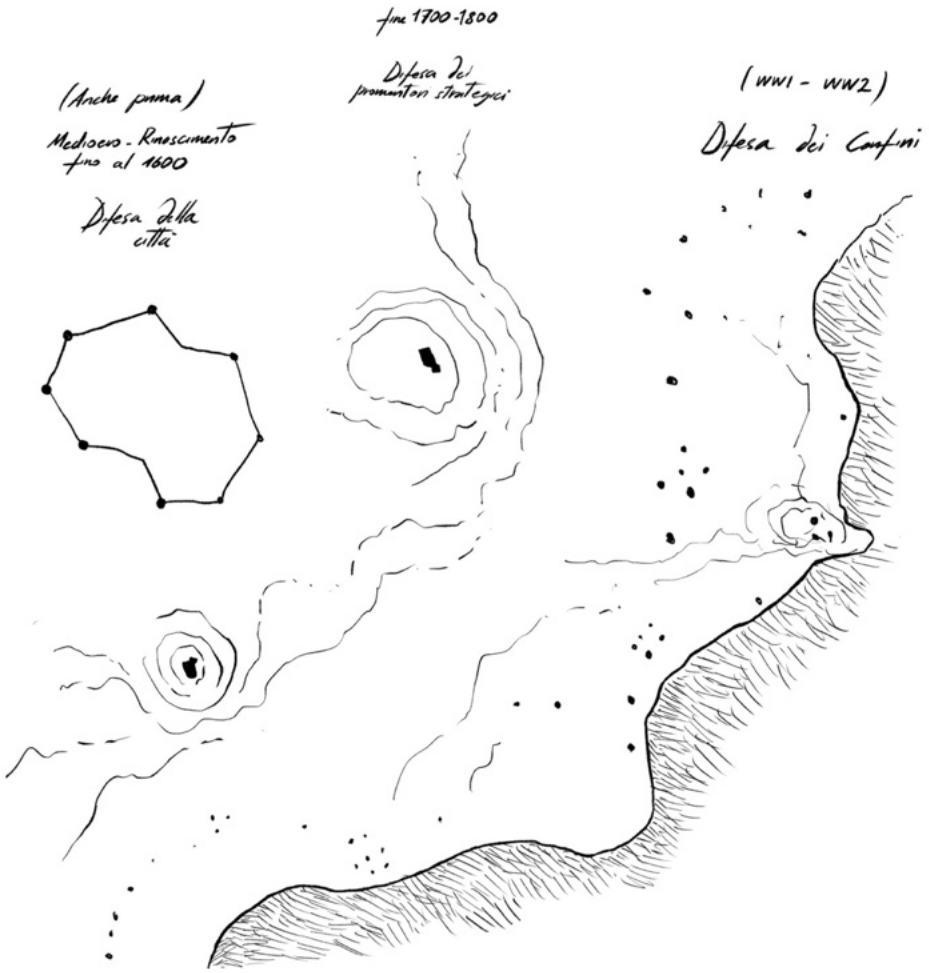


Fig. 9 — Trasformazioni della logica difensiva: dalla difesa della città murata alla selezione dei promontori strategici, fino alla fortificazione diffusa dei confini costieri mediante bunker nella Seconda guerra mondiale. Elaborazione grafica dell'autore.

1.3 — Il bunker e la formalizzazione della linea fortificata del XX secolo

Nel periodo interbellico, le acquisizioni maturate sul campo di battaglia vengono ricomposte entro una cultura progettuale capace di renderle stabili, trasmissibili e ripetibili. Formalizzare la fortificazione significa stabilire relazioni verificabili fra requisito tattico, grado di protezione, soluzione progettuale, materia, processo esecutivo e posizione nel territorio. È questo passaggio dalla sperimentazione alla formalizzazione a rendere possibile il l'architettura difensiva del XX secolo. Il bunker costituisce il punto nel quale tale processo si materializza in una cellula protetta e specializzata, la cui architettura è inseparabile dalla funzione assegnata e dal ruolo svolto nella linea. L'analisi procede pertanto dalle regole che governano la difesa alla loro codificazione tipologica e costruttiva, quindi dalla configurazione architettonica della cellula alla sua ricomposizione entro un organismo territoriale. Questa progressione consente di leggere il bunker simultaneamente come oggetto tecnico, architettura e componente operativa della linea fortificata moderna.

1.3.1 — La dottrina militare tra le due guerre

Nel periodo interbellico, la riflessione sulla fortificazione permanente seleziona e riorganizza le esperienze maturate nella guerra di posizione. Artiglieria, armi automatiche, nuovi esplosivi e capacità di osservazione terrestre e aerea avevano reso evidente la vulnerabilità delle opere concentrate, facilmente individuabili e affidate soprattutto alla consistenza della massa costruita. Le elaborazioni nazionali restano differenti, ma convergono intorno a un problema comune: conservare la capacità

operativa della difesa sotto il fuoco, coordinando profondità, dispersione, protezione, osservazione, mimetizzazione, ostacolo e comunicazioni (Strachan, 2003; Philpott, 2021).

Profondità e dispersione costituiscono risposte complementari. La prima permette al dispositivo di reagire anche dopo la penetrazione della posizione avanzata; la seconda limita gli effetti della neutralizzazione di una singola opera, distribuendo uomini, armi e funzioni. La dottrina tattica maturata durante il conflitto, soprattutto nell'esperienza tedesca, aveva già sostituito alla linea rigidamente presidiata una difesa più elastica, articolata in livelli successivi e capace di reagire localmente alla pressione avversaria (Lupfer, 1981). Nel periodo interbellico questi criteri vengono trasferiti alla progettazione della fortificazione permanente.

La dispersione modifica anche il significato della continuità. Posizioni fisicamente separate ricompongono una linea operativa attraverso fiancheggiamento, convergenza dei fuochi, controllo degli intervalli, ostacoli e circolazione di uomini e informazioni. La linea moderna coincide pertanto con il campo di azione coordinato costruito dalle opere sul terreno, più che con il loro allineamento geometrico o la loro prossimità materiale.

La protezione viene a sua volta concepita come capacità di conservare l'efficienza sotto bombardamento. Interramento, mascheramento, uso della terra e del calcestruzzo, protezione degli accessi e separazione fra organi attivi e spazi di ricovero riducono visibilità ed esposizione, consentendo a osservazione, tiro, comunicazioni e movimento di proseguire anche quando una parte del dispositivo è colpita. Abbassamento del profilo, ipogeità e frammentazione (fig. 10) derivano da questa esigenza operativa. La dottrina incide così direttamente sulla morfologia: posizione, orientamento e grado di esposizione vengono stabiliti in rapporto alla topografia e all'organizzazione complessiva della difesa. Il progetto della singola opera è quindi subordinato alla disposizione delle forze e alle relazioni di sostegno reciproco.

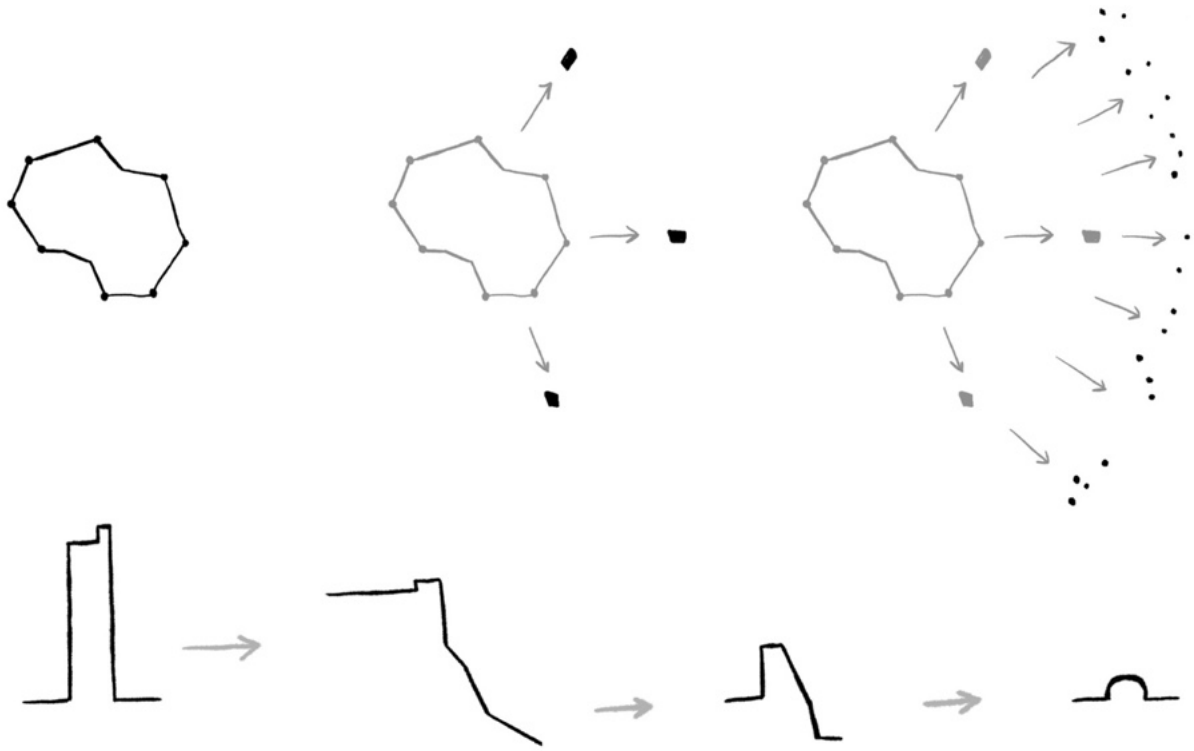


Fig. 10 — Sintesi delle trasformazioni morfologico-territoriali che conducono alla linea fortificata moderna: frammentazione della continuità muraria, esternalizzazione e dispersione delle opere, abbassamento del profilo e integrazione nel terreno. Nel bunker, la massa protetta si concentra attorno alla cellula armata, mentre la continuità del sistema è affidata a campi di tiro, intervalli e relazioni fra posizioni. Elaborazione grafica dell'autore.

Questi principi assumono configurazioni diverse nei principali contesti europei. In Francia, l'esperienza del 1914–1918 viene tradotta in sistemi permanenti pianificati a scala territoriale, nei quali protezione, infrastrutture e coordinamento sono stabilizzati entro un apparato fortemente regolato; condizioni istituzionali e strategiche incidono direttamente sul rapporto fra organizzazione militare, opere e territorio (Kier, 1995). Nella cultura tattica tedesca acquistano maggiore rilievo l'elasticità della disposizione, la dispersione e il coordinamento fra fuoco e movimento. Le due impostazioni esprimono diverse declinazioni dello stesso problema: distribuire e collegare posizioni distinte mantenendo la tenuta operativa dell'insieme.

Le linee realizzate prima e durante la Seconda guerra mondiale traducono queste elaborazioni in configurazioni tecniche e territoriali concrete. Nei sistemi tedeschi convergono difesa in profondità, organizzazione per settori, protezione in calcestruzzo armato e coordinamento delle opere (Kaufmann et al., 2003). Principi analoghi, declinati secondo condizioni politiche e costruttive differenti, sono riconoscibili anche nella Spagna fra gli anni Venti e la guerra civile. Le fortificazioni del Clot de Galvany (Martínez-Medina et al., 2019; Martínez-Medina et al., 2026), per esempio, appartengono a questa cultura tecnica interbellica per la compartimentazione, la mimetizzazione e l'uso coordinato di fuoco e ostacolo anche se non implementano pienamente l'articolazione in profondità. Il periodo interbellico converte dunque l'esperienza del campo di battaglia in criteri durevoli di progetto.

1.3.2 — Manuali, repertori e standardizzazione tipologica

Le dottrine interbelliche definiscono i principi generali della difesa moderna; regolamenti, manuali e repertori tecnici li traducono in soluzioni progettuali ripetibili, operando a livelli distinti. I regolamenti stabiliscono requisiti e criteri d'impiego; i manuali ne disciplinano l'applicazione progettuale e costruttiva; i repertori ordinano modelli, tipi e varianti utilizzabili entro differenti configurazioni difensive. La dottrina assume così una forma prescrittiva e si deposita in piante, sezioni, schemi distributivi, regole dimensionali, livelli di protezione e indicazioni esecutive.

La standardizzazione risponde alla necessità di realizzare opere numerose, specializzate e coordinate entro dispositivi territorialmente estesi. Spessori, dimensioni minime, organizzazione interna, armamento, feritoie, accessi e rapporti fra gli spazi vengono codificati in una matrice che integra requisiti tattici, funzionali, protettivi e costruttivi. Le postazioni sarde di tipo E e F rappresentate nella figura 11 mostrano con particolare chiarezza questa traduzione del requisito militare in impianto, sezione, materiale e grado di resistenza.

Lo standard non coincide tuttavia con l'uniformità. Arma, funzione tattica, corpo militare, posizione nella linea, morfologia del sito e condizioni del cantiere introducono differenze che la codificazione deve governare attraverso invarianti, modelli e adattamenti. La standardizzazione assume pertanto un carattere adattivo: stabilizza requisiti e soluzioni collaudate, ammettendone la modificazione in rapporto al terreno, all'orientamento, ai materiali disponibili e alle necessità operative. Il tipo costituisce così una soluzione codificata capace di correlare funzione, impianto, protezione, dotazioni e inserimento nella linea. Funzioni differenti possono essere assegnate a cellule specializzate oppure integrate in organismi più complessi, componendo un campo controllato di combinazioni progettuali.

Questa dinamica raggiunge particolare evidenza nei sistemi tedeschi della Seconda guerra mondiale. Il sistema dei *Regelbauten* ordina bunker, casematte, ricoveri, osservatori e opere specialistiche attraverso modelli definiti in rapporto alla funzione, al grado di protezione, all'impianto interno, all'armamento e alle componenti tecniche. Il repertorio diventa così uno strumento di progettazione e organizzazione della linea, attraverso il quale unità differenti possono essere distribuite e combinate entro un medesimo dispositivo (Kaufmann et al., 2003). La logica della codificazione appartiene, con declinazioni proprie, anche ad altre culture militari europee che, tra XIX e XX secolo, ordinano le opere secondo categorie funzionali e criteri ripetibili (Kaufmann & Kaufmann, 2014).

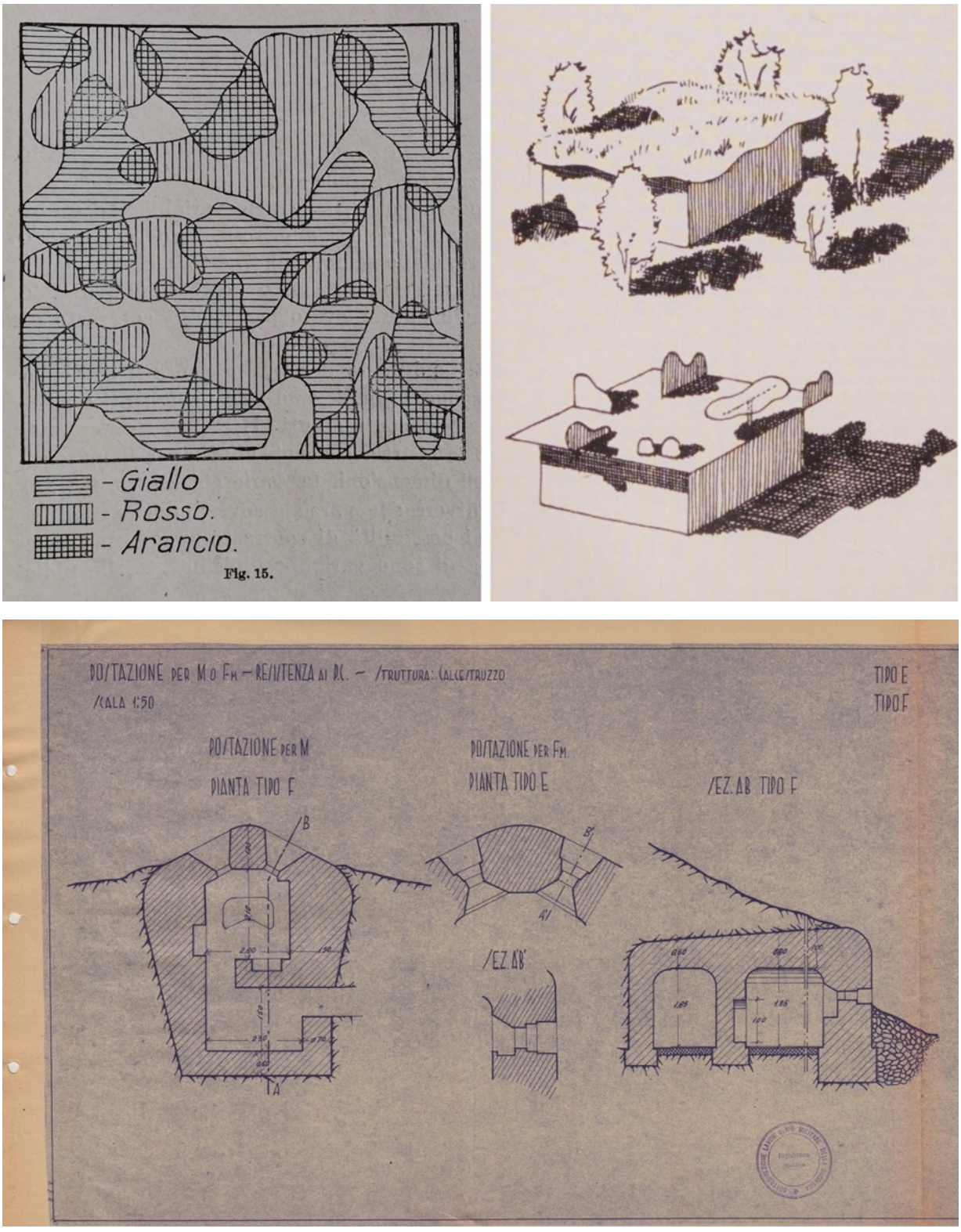


Fig. 11 — Manualistica e documenti tecnico-militari sul mascheramento. In alto: schemi di colorazione e simulazione del mascheramento. In basso: postazioni tipo E e F per mitragliatrice o fucile mitragliatore, con resistenza ai piccoli calibri e struttura in calcestruzzo; piante e sezioni di progetto in scala 1:50. Fonti: Ministero della Difesa, Stato Maggiore dell'Esercito, Ufficio Addestramento e Regolamenti, Sezione Regolamenti, *Regolamento sul servizio territoriale e di presidio*, Pubblicazione n. 4792, bozza di stampa, Roma, 1949; Archivio del XIV Reparto Infrastrutture, Cagliari.

La standardizzazione costituisce la premessa della leggibilità tipologica, ma rimane distinta dalla classificazione elaborata a posteriori dalla ricerca. Le denominazioni presenti nei manuali, nei disegni d'archivio e negli inventari documentano la funzione prevista e la cultura tecnica che ha prodotto l'opera. L'attribuzione tipologica richiede di verificarle attraverso l'impianto planimetrico, il numero e l'organizzazione dei vani di tiro, l'armamento, gli spessori, gli accessi, la configurazione interna e il rapporto con il sito. Lo standard storico è dunque una fonte primaria per interpretare il manufatto, la cui corrispondenza con l'evidenza costruita deve essere accertata caso per caso.

Nella presente ricerca, repertorio storico e analisi morfologica e funzionale concorrono a due operazioni complementari. La prima ricostruisce matrici progettuali, tipi e varianti; la seconda ne traduce i caratteri in parametri comparabili per la catalogazione e la struttura informativa, preservando gli scarti locali. Diventa così possibile mettere in relazione singolo manufatto, serie e sistema e mantenere verificabile il rapporto fra funzione prevista, forma costruita e posizione nella linea.

1.3.3 — Calcestruzzo armato, messa in cantiere e serializzazione costruttiva

La codificazione progettuale diventa fortificazione costruita soltanto attraverso la disponibilità di materiali resistenti, procedure esecutive ripetibili, approvvigionamenti, manodopera e forme di coordinamento capaci di realizzare opere numerose e distribuirle nel territorio. La linea fortificata moderna prende consistenza nell'integrazione fra progetto, materia e produzione: il cantiere traduce lo standard in una costruzione concreta, adattandolo alle condizioni del sito e alle risorse disponibili.
Fra le tecnologie che rendono possibile questo passaggio, il calcestruzzo armato assume un ruolo centrale, pur all'interno di un panorama tecnico che comprende anche calcestruzzi non armati e soluzioni ibride. La sua affermazione è connessa alla crescente capacità distruttiva dell'artiglieria e dei proiettili esplosivi. Nel quadro di lunga durata, il rifugio blindato segna il progressivo trasferimento della protezione nella massa resistente, nel terreno e in involucri compatti capaci di concentrare funzioni operative e difesa passiva (Cassi Ramelli, 1964). La crisi delle fortificazioni in muratura e la vulnerabilità dei punti di fuoco esposti richiedono profili ribassati, protezioni orizzontali consistenti e una maggiore integrazione nel suolo. Acciaio e calcestruzzo rendono praticabili coperture spesse, casematte interrate o seminterrate, gallerie protette, aperture ridotte e masse dotate di maggiore continuità strutturale per una maggiore resistenza al bombardamento. La morfologia della linea moderna risulta così inseparabile dalla tecnica costruttiva che ne realizza l'abbassamento, l'interramento e la protezione (Duffy, 1975; Langins, 2004).

La costruzione per masse continue incide direttamente sulla configurazione architettonica del bunker. La protezione viene concentrata attorno alla camera di tiro, alla feritoia, all'accesso e agli eventuali spazi di ricovero; spessori e coperture sono calibrati in rapporto ai diversi gradi di esposizione. Il manufatto assume un carattere compatto e massivo, nel quale il pieno strutturale comprime e determina lo spazio utile interno. Continuità materica, riduzione delle aperture e aderenza al suolo derivano quindi dalla prestazione protettiva richiesta all'opera, anziché da una ricerca plastica autonoma.

La ripetibilità di queste configurazioni dipende dall'organizzazione del processo esecutivo. Dimensionamento delle armature, predisposizione delle casseforme, sequenza dei getti, composizione degli impasti, spostamento pianificato dei materiali e controllo delle lavorazioni devono essere coordinati mediante procedure sufficientemente stabili. Prima del getto, la forma del manufatto è già inscritta nella gabbia di armatura e nell'assetto del cantiere: la fig. 12 rende visibile questa anticipazione costruttiva dell'opera.

Standardizzazione tipologica e serializzazione costruttiva designano due livelli distinti. La prima codifica funzioni, impianti, spessori e componenti; la seconda ne rende possibile la riproduzione attraverso risorse, procedure e sequenze operative controllabili. La serializzazione della fortificazione avviene prevalentemente *in situ* e rimane condizionata da morfologia, accessibilità, materiali, urgenza, capacità

delle maestranze e posizione tattica. Uno stesso tipo può quindi essere adattato localmente senza perdere riconoscibilità, mentre opere appartenenti alla medesima famiglia possono presentare differenze esecutive, materiche e dimensionali. La serie costruttiva assume il carattere di una ripetizione regolata, distinta tanto dalla prefabbricazione integrale quanto dall'uniformità assoluta.

In questa prospettiva, il bunker assume la consistenza di un oggetto tecnico nel quale funzione, materia, prestazione e modalità di produzione si determinano reciprocamente. La nozione di concretizzazione proposta da Gilbert Simondon permette di comprendere come i diversi elementi vengano progressivamente integrati entro un dispositivo coerente (Simondon, 1958/1992). Spessore, armatura, copertura, feritoia, camera di tiro, accesso protetto e rapporto con il terreno rispondono congiuntamente a esigenze di resistenza, osservazione, impiego dell'arma e sopravvivenza operativa. La forma emerge dall'interazione fra requisiti tattici, soluzione costruttiva e condizioni d'uso.

Il controllo della messa in cantiere assume quindi un valore strutturale nella concezione della linea. La costruzione di sistemi fortificati estesi richiede di coordinare materiali, armature, getti, trasporti, squadre di lavoro e tempi di esecuzione. Guerra, industria, razionalizzazione produttiva e organizzazione del cantiere concorrono alla definizione di una specifica modernità costruttiva delle infrastrutture militari (Cohen, 2011). Nei sistemi tedeschi della Seconda guerra mondiale e nelle precedenti esperienze del *Westwall*, modelli ricorrenti, livelli di protezione, componenti normalizzati e procedure esecutive consentono di realizzare un numero elevato di opere, mantenendo gli adattamenti imposti dai siti e dalle condizioni operative (Groß et al., 1998; Kaufmann et al., 2003).

La serialità della fortificazione è pertanto tipologica, materiale e produttiva. Riguarda la possibilità di ripetere rapporti controllati fra massa, spazio utile, armamento, protezione e inserimento nel terreno e rimane leggibile nelle irregolarità delle superfici, nelle impronte delle casseforme, nelle riprese di getto e nelle variazioni degli impasti. Queste tracce documentano la traduzione concreta dello standard nel cantiere. Il calcestruzzo le conserva nel tempo e, una volta perduta la funzione militare, diventa il principale vettore della persistenza materiale, del degrado e della trasformazione percettiva delle opere (Simonnet, 2012).



Fig. 12 — Armatura predisposta per il getto di un *Bauform Ringstand* («Tobruk»): la gabbia metallica rende leggibile la relazione fra forma, struttura e organizzazione del processo costruttivo. **Fonte:** Wikimedia Commons, «Esempio di costruzione di un Tobruk» (ultimo accesso: 18 giugno 2026).

Lo standard acquista così un corpo materiale e spaziale. La forma del bunker emerge dalla convergenza fra prestazione protettiva, tecnica costruttiva, funzione e sito; il calcestruzzo armato rende possibile concentrare la massa resistente attorno alle componenti operative e ripetere queste unità entro sistemi territorialmente estesi.

1.3.4 — Il bunker come cellula della linea fortificata moderna

Dottrina, standardizzazione e processi costruttivi convergono nel bunker, unità architettonica elementare della fortificazione moderna. Tale unità non coincide necessariamente con l'intero manufatto. La cellula difensiva costituisce il nucleo minimo nel quale protezione, accesso e spazio operativo concorrono allo svolgimento di una funzione determinata; quando accoglie una o più postazioni di tiro integrate nel medesimo vano, assume il carattere di cellula armata. Può configurarsi come un piccolo bunker autonomo oppure essere aggregata ad altre cellule entro una costruzione più articolata, composta da più camere, funzioni e settori di tiro. Il bunker si definisce pertanto come una struttura suscettibile di differenti gradi di complessità, la cui articolazione dipende dal numero e dalla relazione delle unità operative che la compongono.

Nella cellula armata, lo spazio è organizzato a partire dal rapporto fra arma, feritoia e settore da controllare. La feritoia seleziona la visuale, orienta il tiro e stabilisce la relazione fra l'ambiente interno e il campo operativo esterno. Attorno a essa si dispongono la camera di tiro, le postazioni dei serventi, gli spazi necessari alla manovra dell'arma, gli eventuali depositi per le munizioni, l'accesso protetto e le dotazioni indispensabili alla permanenza. Spessori, coperture e compartimentazioni concentrano la protezione attorno a una sequenza di azioni specialistiche: osservare, impiegare l'arma e sopravvivere alla risposta avversaria. La configurazione architettonica deriva da questa relazione e ne traduce materialmente le esigenze.

Il distacco della cellula dalla continuità fisica della cortina muraria modifica la forma della linea senza dissolverne il principio. Posizione, orientamento e settore di tiro proiettano l'efficacia del bunker oltre il suo perimetro costruito e ne definiscono il ruolo rispetto agli intervalli, agli ostacoli e alle altre opere. La cellula possiede quindi una duplice condizione: è uno spazio architettonicamente concluso, ma la sua funzione resta incompleta finché non viene ricondotta alla geometria operativa del dispositivo.
Nella Ligne Maginot, questa relazione si sviluppa entro un sistema fortemente gerarchizzato. Casematte d'intervallo, blocchi di combattimento, ostacoli anticarro e reticolati si integrano con gli *ouvrages*, complessi nei quali artiglieria, comando, logistica e servizi sono protetti e collegati mediante infrastrutture prevalentemente sotterranee (Kaufmann et al., 2005). I punti attivi del combattimento appartengono così a una struttura più ampia, nella quale funzioni operative e spazi di supporto sono differenziati ma interdipendenti. Il significato della singola casamatta o del singolo blocco deriva dalla posizione occupata nella gerarchia, dalla copertura degli intervalli e dal rapporto con le componenti infrastrutturali.

Nel Westwall prevale una diversa modalità di aggregazione, fondata sulla dispersione di opere relativamente contenute entro fasce difensive articolate in profondità. Casematte, ricoveri, postazioni per armi automatiche e ostacoli anticarro costruiscono un dispositivo la cui efficacia dipende dalla densità relativa delle posizioni, dal mutuo sostegno e dalla capacità di logorare progressivamente l'attaccante. La minore concentrazione delle funzioni corrisponde a un'organizzazione distribuita: cellule specializzate, adattate al terreno e coordinate attraverso i rispettivi campi di tiro, controllano una fascia territorialmente estesa (Groß et al., 1997; Kaufmann et al., 2003).

Ligne Maginot e Westwall esprimono pertanto rapporti differenti fra cellula e sistema. Nel primo caso, l'unità di combattimento è inserita in una struttura infrastrutturale e gerarchica complessa; nel secondo, la continuità operativa deriva soprattutto dalla distribuzione e dal coordinamento di opere puntuali. Entrambi mostrano come l'efficacia del bunker dipenda dal settore controllato, dall'intervallo protetto, dall'ostacolo battuto e dalle relazioni stabilite con le altre posizioni. La linea corrisponde all'ordine che coordina tali funzioni, non alla semplice addizione dei manufatti.

Il bunker deve dunque essere interpretato simultaneamente a due scale. Alla scala architettonica, l'analisi riguarda il rapporto fra dispositivo di tiro, spazio operativo, accesso e protezione; alla scala sistemica, considera orientamento, campo di tiro, funzione tattica e posizione. Una stessa denominazione documentaria può infatti comprendere configurazioni interne differenti, mentre manufatti morfologicamente simili possono assumere ruoli diversi. La cellula costituisce l'unità minima attraverso cui interrogare l'opera, ma la sua piena intelligibilità richiede di ricomporne le relazioni territoriali. La fig. 13 sintetizza questo passaggio, ponendo a confronto configurazione architettonica, posizione nel sistema e adattamento al sito. Su tale duplice lettura si fonda la successiva definizione della linea fortificata moderna come organismo territoriale.

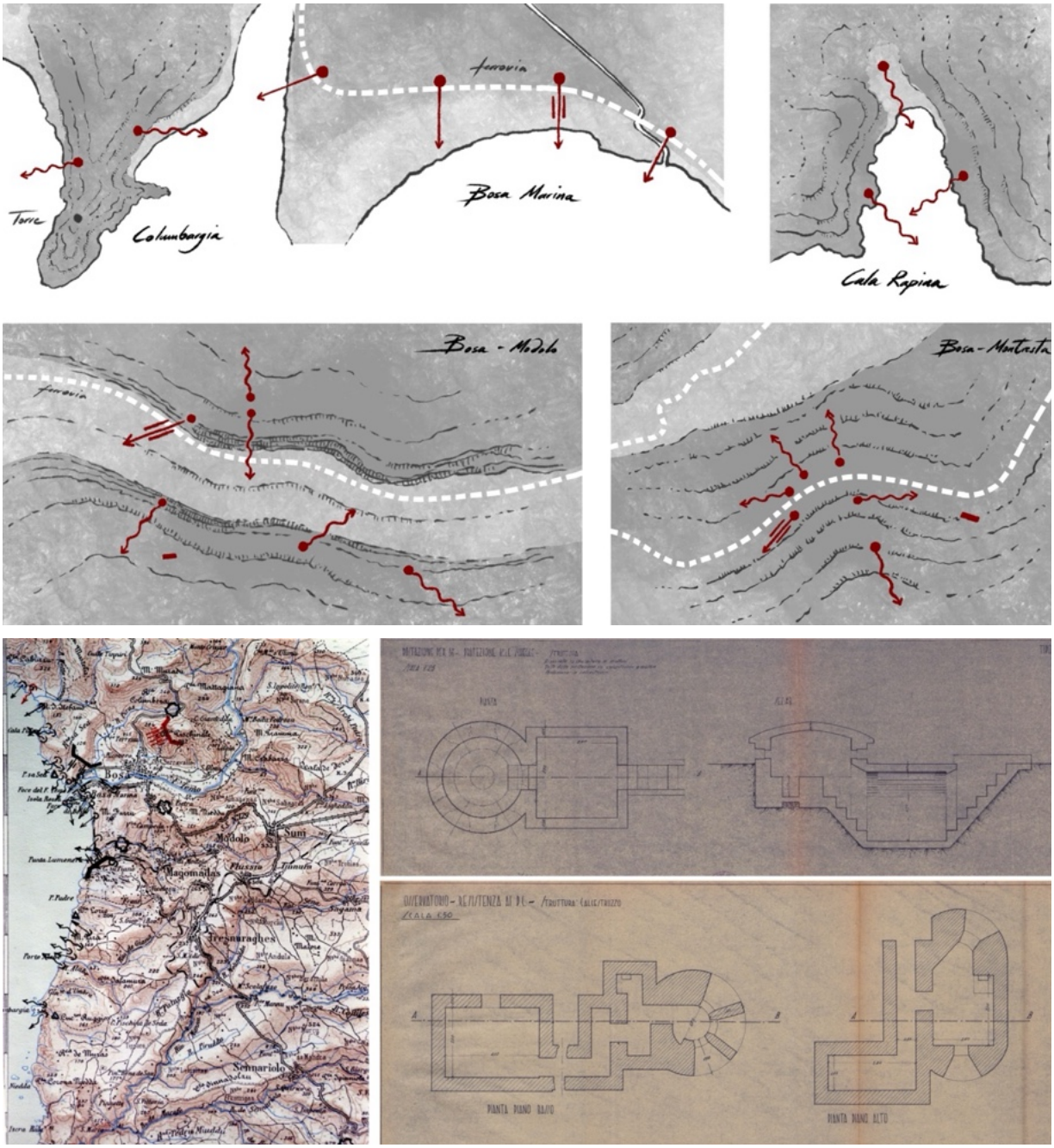


Fig. 13 — Il bunker come cellula della linea fortificata moderna: schemi topografici di postazioni costiere, stralcio cartografico IGM dell'area di Bosa ed elaborati tecnici relativi a bunker del Golfo di Cagliari. Il montaggio pone in relazione la configurazione della cellula, la posizione nel sistema e l'adattamento al territorio. **Fonte:** elaborazioni dell'autore; Istituto Geografico Militare; Archivio del XIV Reparto Infrastrutture, Cagliari.

1.3.5 — La linea difensiva moderna come organismo territoriale

Con la fortificazione novecentesca, la linea difensiva cessa di coincidere con un manufatto continuo e diviene un'organizzazione di funzioni distribuite nello spazio. Osservazione, comando, azione di fuoco, impedimento e sostegno logistico formano una catena operativa nella quale l'efficacia di ciascun elemento dipende dalla sua integrazione con gli altri. La continuità della linea non è quindi materiale, ma risiede nella capacità di trasformare l'informazione in allarme, l'allarme in decisione e la decisione in risposta coordinata.

La distanza fra le opere non costituisce necessariamente un'interruzione del dispositivo. Gli intervalli possono essere controllati attraverso relazioni visuali, settori di tiro e capacità di intervento reciproco, mentre la distribuzione su più posizioni consente al sistema di conservare efficacia anche quando un singolo nodo viene neutralizzato. La linea non è più muro, ma struttura di relazioni e capacità latenti, leggibile soltanto ricostruendo orientamenti, intervalli e dipendenze funzionali.

Il terreno partecipa direttamente a questa organizzazione. Morfologia, quote, depressioni e direttrici di accesso condizionano posizione, orientamento e densità delle opere, concorrendo alla protezione, all'occultamento e al controllo dello spazio. Il significato di ciascun manufatto non deriva pertanto dalla sola configurazione tipologica, ma dalla funzione che assume entro uno specifico assetto territoriale.
Lungo il margine costiero, questa logica si traduce in una difesa selettiva delle soglie vulnerabili. Promontori, baie, spiagge, porti, lagune e vie di penetrazione determinano differenti concentrazioni e orientamenti del dispositivo: la costa non viene fortificata uniformemente, ma interpretata secondo il valore strategico dei suoi tratti. La linea difensiva moderna si configura così come una geometria territoriale variabile, determinata dall'incontro fra dottrina, risorse, minaccia e condizioni locali. La sezione successiva ne esamina le principali declinazioni costiere europee, assumendo l'Atlantikwall come riferimento comparativo e il Muro Mediterraneo come campo plurale di configurazioni litoranee.

1.4 — Dall'Atlantikwall al Muro Mediterraneo

Le categorie definite nel § 1.3 consentono di passare dalla formazione della linea fortificata moderna al confronto fra le sue configurazioni costiere. L'Atlantikwall costituisce il principale riferimento storiografico e metodologico di questo campo di studi. L'estensione territoriale, la codificazione delle opere, la consistenza della documentazione e la permanenza materiale dei manufatti ne hanno fatto il sistema attraverso il quale il bunker è emerso come oggetto di indagine architettonica, tipologica, territoriale e patrimoniale. Le ricognizioni di Paul Virilio, le classificazioni di Rudi Rolf e le successive ricerche sui paesaggi militari hanno definito, a partire dalle coste atlantiche, una parte sostanziale del lessico e degli strumenti analitici impiegati per interpretare le fortificazioni del Novecento.

Il passaggio dall'Atlantikwall al Muro Mediterraneo estende tali strumenti a sistemi prodotti entro cronologie, ordinamenti militari, condizioni operative e capacità realizzative differenti. Il confronto riguarda il modo in cui diverse culture tecnico-militari hanno tradotto i problemi ricorrenti posti dalla relazione fra mare, costa e retroterra: selezione degli approdi e dei nodi strategici, controllo delle rotte e degli specchi d'acqua, coordinamento fra osservazione e risposta, distribuzione delle opere e delle infrastrutture di supporto, rapporto fra codificazione tecnica e condizioni locali. L'analisi viene pertanto condotta alla scala del sistema, considerando la logica operativa generale dei rispettivi dispositivi.

I casi esaminati — la costa spagnola, il Sudwall, le configurazioni insulari e portuali dell'Egeo e dell'Adriatico, la sponda nordafricana e l'estensione rappresentata dall'Albania — costituiscono una selezione intenzionalmente esemplificativa. Attraverso di essi è possibile riconoscere differenti gradi di standardizzazione, densità e profondità, insieme ai trasferimenti, ai riusi e alle sovrapposizioni prodotti dalla successione di comandi, eserciti e programmi costruttivi. La fig. 14 individua l'estensione geografica dell'Atlantikwall e del Muro Mediterraneo e introduce il caso di studio della Sardegna e il campo comparativo della costa valenciana.

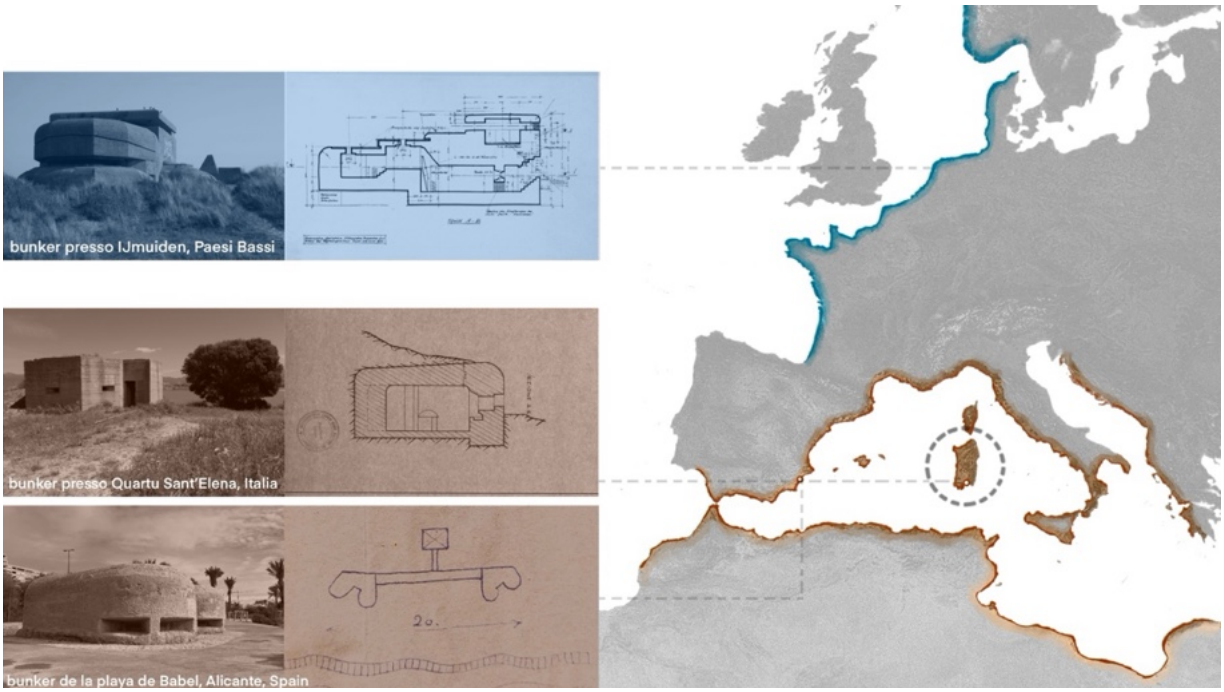


Fig. 14 — Atlantikwall e Muro Mediterraneo. Elaborazione dell'autore.

1.4.1 — L'Atlantikwall come riferimento storiografico e metodologico

Le prime opere tedesche lungo le coste occupate furono avviate nel quadro del controllo del fronte occidentale e dei preparativi connessi all'operazione *Seelöwe*. Dal 1942, di fronte alla crescente possibilità di uno sbarco alleato, il programma venne ridefinito e progressivamente ampliato. Tra il 1941 e il 1944 l'Atlantikwall interessò le coste della Francia, del Belgio, dei Paesi Bassi, della Germania, della Danimarca e della Norvegia, coordinando protezione del litorale, difesa dei porti, controllo marittimo e organizzazione del retroterra operativo (Kaufmann et al., 2003; Kaufmann et al., 2011).

La sua centralità negli studi deriva dalla convergenza fra scala territoriale, riconoscibilità storica, documentazione tecnica e persistenza dei resti. La denominazione unitaria ha consentito di ricondurre migliaia di opere e infrastrutture a un medesimo oggetto di ricerca, mentre la serialità dei tipi e la disponibilità di piani, cataloghi e carte hanno reso possibile correlare il singolo manufatto alla posizione occupata nel sistema. Le ricognizioni fotografiche e teoriche di Paul Virilio hanno portato il bunker nel campo della cultura architettonica; gli studi di Rudi Rolf ne hanno ordinato tipi, funzioni e caratteristiche costruttive; le successive ricerche hanno esteso l'analisi alle relazioni territoriali, alla dismissione e alla condizione patrimoniale dei paesaggi fortificati (Virilio, 1975; Rolf, 1988, 1998, 2014; Padovani, 2006a). L'Atlantikwall ha fornito così il principale laboratorio per la formazione degli strumenti con cui vengono oggi interrogati i sistemi difensivi costieri del Novecento.

La sua continuità strategica prendeva forma attraverso la gerarchizzazione dei settori e una distribuzione fortemente selettiva delle risorse. I grandi porti, le basi per sommergibili e gli accessi alle principali vie d'acqua venivano trasformati in poli fortificati, capaci di controllare contemporaneamente il fronte marittimo e le direttrici terrestri. Porti, estuari, spiagge praticabili, isole, nodi logistici e assi di penetrazione ricevevano concentrazioni di opere commisurate alla loro vulnerabilità e funzione; altri tratti erano affidati a presidi più radi, all'osservazione e alla capacità di intervento delle posizioni complementari. *Festungen*, capisaldi, batterie, presidi di spiaggia, ostacoli antisbarco, postazioni antiaeree e centri di comando componevano pertanto un fronte esteso, internamente diseguale per densità, armamento e profondità.

A questa organizzazione corrispondeva una codificazione tecnica capace di governare la produzione seriale. I *Regelbauten* definivano i modelli in rapporto a funzione, armamento, grado di protezione, impianto interno e dotazioni, mentre i *Bauprogramme* stabilivano priorità, livelli di realizzazione e successione degli interventi. La codifica comune si traduceva tuttavia attraverso cantieri disseminati in territori profondamente differenti. L'Organisation Todt ne coordinava l'esecuzione ricorrendo a imprese tedesche e locali e a una forza lavoro eterogenea, composta da personale salariato, lavoratori stranieri, prigionieri di guerra e persone sottoposte a lavoro coatto e schiavile (Dick, 2020; Kaufmann et al., 2011). Materiali disponibili, approvvigionamenti, competenze, condizioni del terreno e regimi di lavoro incidevano sulla qualità esecutiva e sull'adattamento delle opere. Il tipo rendeva controllabile la serie; il territorio e l'organizzazione del cantiere ne determinavano la realizzazione locale.

La scala dell'Atlantikwall eccedeva ampiamente quella dei bunker. Basi per sommergibili, grandi batterie, sistemi radar, installazioni connesse ai programmi missilistici, difese antiaeree, porti, depositi e cantieri appartenevano a un apparato tecnico e infrastrutturale sostenuto da viabilità, ferrovie, reti telefoniche e linee di approvvigionamento. Queste connessioni collegavano il margine costiero alle strutture arretrate e alle forze incaricate della risposta, facendo operare la fortificazione sulla soglia fra mare, terra e cielo. Osservazione, comunicazione, ostacolo, fuoco e sostegno logistico venivano integrati entro un campo operativo unitario, articolato secondo la funzione e il valore strategico dei diversi settori.

Proprio la leggibilità di tali livelli ha trasformato l'Atlantikwall in un riferimento metodologico. La gerarchia delle posizioni, la distribuzione selettiva della densità, il rapporto fra opere principali e secondarie, la codificazione dei tipi, l'infrastrutturazione e l'adattamento territoriale costituiscono parametri attraverso i quali interrogare anche sistemi meno documentati o diversamente organizzati. Il confronto mediterraneo prende avvio da questo patrimonio di studi e ne applica gli strumenti a configurazioni generate da differenti culture militari, risorse, geografie e congiunture storiche.

1.4.2 — Il Muro Mediterraneo come campo plurale di sistemi costieri

Se l'Atlantikwall identifica un sistema storicamente determinato, sviluppato sotto una regia militare e produttiva relativamente unitaria, il Muro Mediterraneo costituisce una categoria interpretativa geografica, materiale e funzionale. La nozione, maturata inizialmente attraverso il confronto fra le fortificazioni spagnole e italiane, mette in relazione sistemi difensivi moderni realizzati lungo le diverse sponde del bacino e in tempi anche distanziati. La loro successione lungo i margini del Mediterraneo delinea una continuità geografica tendenziale, segmentata da confini politici, differenze tecniche e scarti cronologici. Al suo interno si distingue un nucleo storico-bellico, concentrato fra guerra civile spagnola e Seconda guerra mondiale, dalle successive estensioni diacroniche. L'unità del campo ha carattere retrospettivo e comparativo e riguarda problemi difensivi e relazioni territoriali ricorrenti entro opere prodotte da regimi politici, comandi, dottrine e condizioni materiali differenti (Martínez-Medina & Sanjust, 2013; Martínez-Medina, 2025).

Il principale criterio di appartenenza risiede nella relazione operativa fra mare, costa e territorio interno. Difesa delle spiagge e degli approdi, controllo di porti e rade, sorveglianza delle direttrici marittime, interdizione degli stretti, presidio delle isole e protezione delle infrastrutture richiedono di distribuire osservazione, comunicazione, fuoco, protezione e sostegno lungo il margine costiero e nel retroterra. Postazioni armate, batterie, osservatori, ricoveri, opere campali, ostacoli e centri di comando assumono così funzioni complementari entro dispositivi difensivi organizzati rispetto agli obiettivi, agli accessi e agli spazi controllati.

Morfologia del litorale, disponibilità di materiali e manodopera, cultura tecnico-militare, armamenti, risorse economiche, durata dei programmi di fortificazione e natura della minaccia costituiscono variabili che differenziano densità, impianto e consistenza dei dispositivi difensivi nazionali e regionali. Nel nucleo storico-bellico rientrano le difese spagnole sorte durante la guerra civile, il settore tedesco della Francia mediterranea, i sistemi italiani, le configurazioni greche e balcaniche e le opere della

sponda nordafricana attivate o trasformate dalla Seconda guerra mondiale. La successiva bunkerizzazione dell'Albania estende questa geografia nel quadro politico e dottrinale della Guerra fredda. Cronologia, comando, scala, standardizzazione e profondità operativa definiscono i differenti statuti delle componenti e orientano il confronto.

Il Muro Mediterraneo può essere descritto come una *continuità geografica per frammenti*. Alla scala del bacino, i sistemi iberici, francesi e italiani si succedono lungo le coste occidentali e settentrionali; altri segmenti proseguono nell'Adriatico, nei Balcani e in Grecia, mentre la sponda nordafricana completa questa geografia difensiva sul margine meridionale. Lacune, variazioni di densità e discontinuità temporali separano configurazioni dotate di una propria autonomia politica e militare, ma la loro distribuzione compone un perimetro fortificato discontinuo attorno al mare. La continuità è geografica e funzionale; la frammentazione è politica, tecnica e temporale. La parentela mediterranea riguarda pertanto le funzioni difensive e l'organizzazione delle soglie costiere, mentre forme architettoniche, livelli di codificazione e modalità d'impianto mantengono la specificità dei rispettivi contesti.

Questa impostazione consente di leggere le opere come componenti di un paesaggio militare stratificato. Le ricerche che hanno messo in relazione Sardegna e Spagna attraverso la figura delle «sentinelle delle guerre moderne del Mediterraneo» (Martínez-Medina & Pirinu, 2017) hanno evidenziato come le architetture costiere siano insieme dispositivi orientati verso la minaccia e tracce inscritte nella morfologia e nella memoria dei luoghi. La nozione di *military landscape* ricompone costruzioni, infrastrutture, percorsi, lacune e permanenze entro territori trasformati dal conflitto e dalle successive fasi di dismissione, ponendo problemi specifici di conoscenza e conservazione per un patrimonio diffuso e discontinuo (Fiorino, 2018).

Entro questa prospettiva si colloca il caso sardo (Martínez-Medina & Pirinu, 2019), parte del nucleo storico-bellico e specifica configurazione della fortificazione insulare italiana. La leggibilità del rapporto fra opere puntuali, sistemi difensivi territoriali e morfologia costiera ne stabilisce la pertinenza al campo comparativo e introduce il successivo approfondimento della sua organizzazione.

1.4.3 — La costa spagnola tra guerra civile e difesa moderna

La costa spagnola costituisce uno degli ambiti nei quali la fortificazione costiera moderna assunse precocemente una configurazione riconoscibile nel Mediterraneo. Durante la guerra civile, diversi tratti del litorale furono interessati da programmi rivolti alla protezione di spiagge, approdi, porti, infrastrutture e centri abitati; gli interventi promossi negli anni successivi ne prolungarono lo sviluppo entro il mutato quadro politico e militare franchista. Questa successione non produsse un sistema unitario, ma configurazioni differenti per cronologia, soggetti attuatori, orientamento della minaccia e condizioni operative. Il valore comparativo del caso risiede nella possibilità di osservare, prima della massima intensificazione dei programmi di fortificazione europei del 1942–1943, la formazione di dispositivi difensivi nei quali coordinamento territoriale, ricorrenza delle soluzioni e adattamento locale risultavano già chiaramente riconoscibili.

Nel settore mediterraneo controllato dalla Repubblica, la prima esigenza riguardava la difesa del fronte marittimo. Lungo la costa valenciana, le postazioni collocate presso spiagge (fig. 15) e porti si integravano con batterie costiere e contraeree in quota, reti di osservazione e collegamento, aeroporti e strutture di difesa passiva (Martínez-Medina & Juan-Gutiérrez, 2015). Le differenti componenti rispondevano a minacce navali, aeree e terrestri attraverso una distribuzione selettiva delle funzioni.

Il controllo franchista di Maiorca e la presenza dell'Aviazione Legionaria italiana trasformarono le Baleari in una piattaforma avanzata per le operazioni contro il litorale repubblicano. Il mare costituiva tanto lo spazio di un possibile attacco navale o di uno sbarco quanto il corridoio attraverso il quale gli aerei raggiungevano porti, infrastrutture produttive e centri abitati del País Valenciano, sottoposti a incursioni particolarmente intense nel 1938 (Díez Pomares, 2016). La difesa della costa doveva quindi

associare interdizione marittima, protezione contraerea e controllo degli accessi terrestri, senza che tali funzioni coincidessero nelle medesime opere.

All'interno della fascia costiera, questa pluralità si traduceva anche in sistemi direzionali diversamente orientati. Nel Clot de Galvany, il recente rilievo del complesso ha documentato la relazione fra i manufatti, le trincee, la spiaggia di Carabassí, i rilievi e la strada nazionale (Martínez-Medina et al., 2026). Entro tale assetto, i campi di tiro risultano prevalentemente rivolti verso sud, a contrasto di una penetrazione laterale lungo il litorale. La linea di El Portitxol, collocata sulle alture che controllavano uno degli accessi ad Alicante, era invece orientata principalmente verso nord e verso l'entroterra, a protezione della città da un'avanzata terrestre (Gil Hernández, 2017). I due casi mostrano che l'appartenenza alla difesa costiera non dipende dall'orientamento esclusivo verso il mare, ma dal ruolo svolto nella protezione degli obiettivi, delle vie di comunicazione e degli accessi compresi nella fascia litoranea. La disposizione trasversale di una linea non ne determina, da sola, la profondità.



Fig. 15 — Bunker e piazzola di batteria lungo la costa di Alicante: permanenze della difesa costiera nel settore valenciano del Muro Mediterraneo. Fonte: fotografie dell'autore.

A questa articolazione si aggiungevano le trasformazioni imposte dalla mobilità dei fronti. Nel 1938, dopo che l'avanzata franchista aveva raggiunto il Mediterraneo e separato il territorio repubblicano, la Línea XYZ fu predisposta da Almenara verso l'interno per contenere l'offensiva diretta contro Valencia (Abad Cortés, 2020; Gil Hernández, 2017). Il suo tracciato introduceva nella fascia costiera un fronte terrestre in movimento: soltanto dove le opere erano organizzate in successione lungo la direttrice dell'avanzata il dispositivo acquisiva un'effettiva profondità difensiva.

La distribuzione delle fortificazioni variava inoltre secondo il valore strategico dei diversi settori. In Catalogna, la difesa del litorale combinava il presidio delle spiagge vulnerabili, dei porti e delle principali vie di accesso attraverso configurazioni locali differenziate (Cabezas Sánchez, 2013). Nel settore murciano, la ricognizione delle architetture militari documenta un ulteriore repertorio regionale, connesso alle specifiche condizioni territoriali e operative (Fernández Guirao, 2011). Nel Campo de Gibraltar, il controllo di un passaggio marittimo di primo rango determinava invece una maggiore concentrazione delle opere e una più stretta integrazione fra costa, quote dominanti e infrastrutture militari (Atanasio Guisado, 2017). Densità, orientamento e articolazione dei dispositivi dipendevano pertanto dalla funzione assegnata a ciascun tratto di litorale e dalla geografia, mutevole, della minaccia.

La varietà delle configurazioni non implica l'assenza di una codificazione. Nel repertorio repubblicano ricorrono classi funzionali, schemi distributivi e soluzioni geometriche riconoscibili, riferibili a un processo di standardizzazione relativo e progressivo più che a una produzione rigidamente normalizzata (Martínez-Medina, 2016). Disponibilità dei materiali, scarsità del ferro, competenze delle maestranze, urgenza dei cantieri e adattamento alla morfologia introducevano variazioni esecutive senza cancellare la riconoscibilità dei tipi. Le differenze rispetto alle opere franchiste, evidenti anche nel caso di Nules, confermano inoltre che tale coerenza deve essere riferita ai singoli programmi di fortificazione e agli schieramenti che li produssero, non estesa indistintamente all'intero territorio spagnolo (cfr. § 6.7.2).

1.4.4 — Il settore tedesco del Muro Mediterraneo: Sudwall e Linea Galla Placidia

Il tratto distintivo della componente tedesca del Muro Mediterraneo risiede nella proiezione di un apparato fortificatorio codificato entro territori sottoposti al controllo militare del Reich. Tipi, criteri prestazionali, procedure costruttive e componenti specialistiche vengono dislocati oltre i confini tedeschi e applicati a coste già dotate di porti, batterie, installazioni navali e reti logistiche. Non si produce, pertanto, un trasferimento della cultura fortificatoria alle realtà locali, ma l'imposizione di una regia tecnico-militare che incorpora strutture preesistenti, risorse disponibili e armamenti di diversa provenienza. Sudwall e Linea Galla Placidia consentono di osservare questo processo in due differenti configurazioni costiere: la difesa selettiva dei principali nodi della Francia mediterranea e il presidio antisbarco del litorale adriatico italiano.

Con l'occupazione della zona libera francese, avviata nel novembre 1942 mediante l'operazione *Anton*, il controllo tedesco viene esteso alla costa mediterranea. Dal 1943 il Sudwall coordina il rafforzamento dei porti, delle rade, delle batterie esistenti e dei settori ritenuti vulnerabili a uno sbarco. Marsiglia e Tolone assumono un ruolo centrale per il valore delle rispettive infrastrutture militari e logistiche, mentre spiagge accessibili, promontori, isole e passaggi costieri ricevono presidi commisurati alla funzione assegnata. Il sistema presenta pertanto densità e livelli di completamento diseguali: la continuità strategica deriva dalla gerarchizzazione dei nodi e dalla complementarità fra osservazione, artiglieria, ostacoli e postazioni minori, non da una distribuzione uniforme delle opere lungo il litorale (Faucherre & Descales, 2017).

La codificazione tecnica rende riconoscibile l'appartenenza dei manufatti all'apparato costruttivo tedesco, ma non ne uniforma le condizioni materiali. I *Regelbauten* definiscono funzione, organizzazione interna e grado di protezione delle singole opere; la loro selezione e combinazione dipendono invece dall'obiettivo, dal sito e dalle infrastrutture disponibili. L'Organisation Todt coordina

l’esecuzione dei programmi di fortificazione attraverso una struttura che coinvolge imprese tedesche e francesi, lavoratori locali e diverse forme di requisizione e lavoro coatto. La standardizzazione del progetto convive così con una produzione fondata sull’impiego delle risorse presenti nei territori occupati e sull’incorporazione di installazioni e armamenti requisiti. Il controllo resta tedesco, mentre la consistenza materiale del dispositivo deriva da una filiera composita, inserita nel più ampio sfruttamento economico e umano imposto dall’occupazione (Barjot, 1992; Dick, 2020).

Il complesso di Fenouil, presso L’Estaque, mostra concretamente questa combinazione. Un posto di direzione del tiro e quattro casematte vengono integrati in una posizione costiera preesistente e associati a difese contraeree, postazioni minori e opere campali; le casematte accolgono cannoni francesi Schneider da 105 mm requisiti nel 1940. Il rivestimento cementizio a finta roccia di uno dei bunker introduce inoltre un mascheramento calibrato sul paesaggio costruito del porto (fig. 16). Il caso non documenta quindi la semplice sovrapposizione di nuove opere a una batteria precedente, ma la ricomposizione di tipi tedeschi, artiglierie catturate e infrastrutture locali entro un nuovo assetto operativo (Faucherre & Descales, 2017).

Dopo l’armistizio dell’8 settembre 1943, la stessa capacità di organizzazione viene applicata alla costa adriatica italiana. Il timore di uno sbarco alleato a nord della Linea Gotica determina la predisposizione della Linea Galla Placidia (Mariotti et al., 2019), un sistema litoraneo esteso fra Pesaro e la foce del Po e composto da bunker, postazioni di osservazione, ostacoli anticarro e strutture difensive complementari. La relazione con la Linea Gotica è strategica: la Galla Placidia non costituisce una linea di arresto trasversale alla penisola, ma protegge il suo fianco marittimo e gli accessi che dal litorale avrebbero consentito di aggirarne il dispositivo terrestre. Tipi seriali e opere campali vengono distribuiti rispetto alle spiagge, alle infrastrutture costiere e alle direttrici verso il retroterra, producendo una configurazione distinta da quella francese ma riconducibile alla medesima regia tecnico-militare.

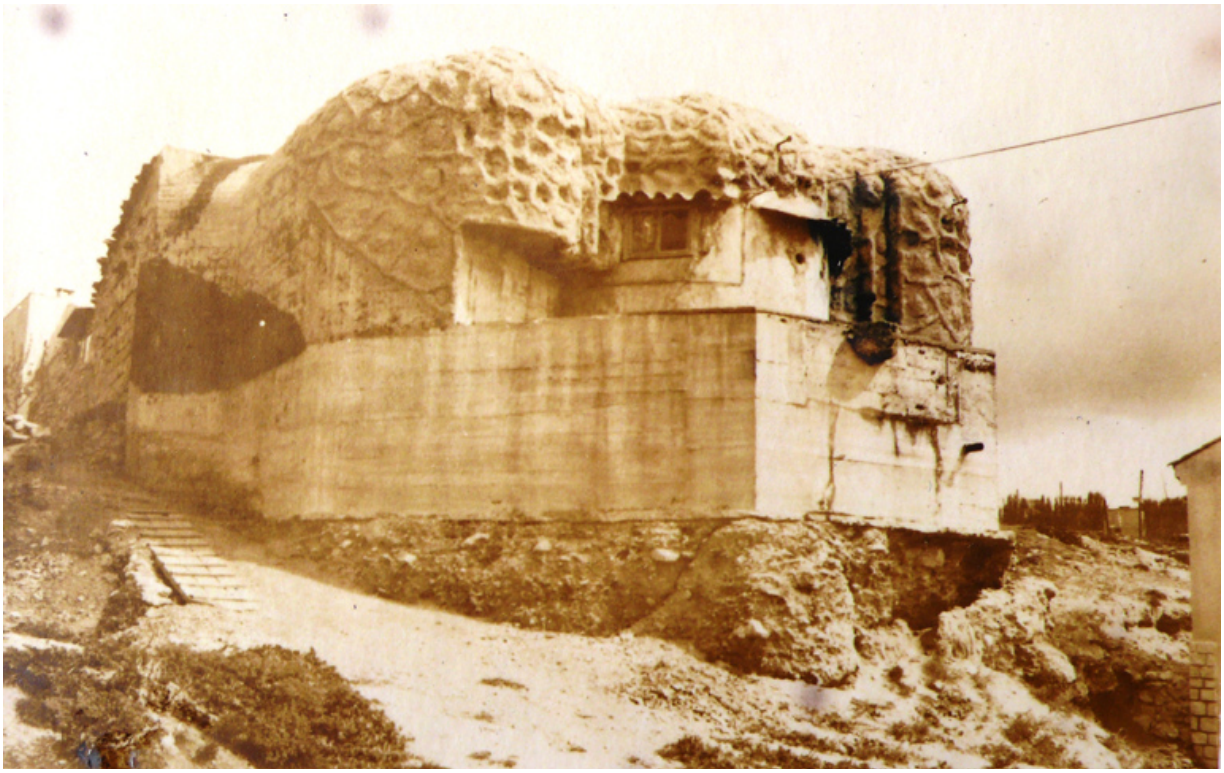


Fig. 16 — Blockhaus del complesso fortificato di Fenouil presso il porto dell’Estaque, Marsiglia, fotografato nel 1960. Il rivestimento cementizio a finta roccia concorre al mascheramento dell’opera entro il paesaggio costruito. Fonte: Inventaire général / Evelyne Lohr, in “Batterie du Port de l’Estaque, 1943”, Tourisme-Marseille.com (ultimo accesso: 26 luglio 2026).

Le ricerche condotte sulla Linea Galla Placidia hanno inoltre ricostruito il rapporto fra manufatti superstiti, sistema territoriale e trasformazioni postbelliche, mostrando come demolizioni, insabbiamenti, riusi e modificazioni del litorale abbiano progressivamente frammentato la leggibilità dell'impianto originario. Il censimento e la rappresentazione geografica delle opere consentono di superare tale dispersione materiale, ricomponendo il paesaggio militare a partire dalle relazioni fra postazioni, ostacoli, obiettivi e spazi controllati (Mariotti et al., 2018). Il confronto fra Sudwall e Linea Galla Placidia chiarisce pertanto lo statuto della componente tedesca entro il Muro Mediterraneo. In entrambi i casi, la standardizzazione governa le prestazioni delle opere mentre la configurazione territoriale dipende dagli obiettivi, dalle preesistenze e dalle condizioni operative.

1.4.5 — Geografie e cronologie del Muro Mediterraneo

Dopo i casi spagnolo e tedesco, l'estensione del Muro Mediterraneo può essere verificata attraverso configurazioni collocate su altre sponde del bacino e appartenenti a differenti congiunture storiche. Il presidio selettivo delle isole, l'organizzazione integrata di basi e insediamenti, la stratificazione dei nodi portuali, la fortificazione coloniale della costa nordafricana e la bunkerizzazione albanese ampliano il campo oltre i sistemi occidentali già esaminati. La selezione non intende restituire un quadro esaustivo, ma mostrare come la relazione fra mare, costa e territorio interno sia stata tradotta secondo scale, assetti politici e logiche operative differenti.

Nell'Egeo, la frammentazione dei litorali e la prossimità fra mare e rilievo conferiscono un ruolo decisivo al controllo delle rotte e degli approdi. Il complesso fortificato meridionale di Perdika (fig. 17), sull'isola di Egina, predisposto alla vigilia della Seconda guerra mondiale, associava artiglieria costiera, osservazione e strutture di servizio per il controllo degli accessi al Golfo Saronico e al Pireo (Galon, 2016). La difesa non seguiva l'intero perimetro dell'isola, ma selezionava le posizioni dalle quali fosse possibile sorvegliare gli approdi e coordinare i campi di tiro. Il mare separava fisicamente i presidi e, nello stesso tempo, costituiva lo spazio operativo che ne determinava la disposizione.

Di diversa scala è il caso di Leros, dove la funzione militare investe l'intera organizzazione dell'isola. Durante il dominio coloniale italiano nel Dodecaneso, la baia di Portolago — oggi Lakki — viene trasformata attraverso la costruzione della base navale, delle caserme, dei depositi, degli impianti tecnici e delle strutture per idrovolanti; l'aeroporto e il presidio di Partheni definiscono un secondo polo nel settore settentrionale. Insediamenti, basi operative e rete dei collegamenti compongono così una geografia gerarchizzata, nella quale il controllo marittimo dipende dall'organizzazione coordinata del territorio insulare (Hughes & Issaias, 2023). Le operazioni del 1943 e la successiva occupazione tedesca interrompono la continuità politica del dispositivo senza annullarne la struttura materiale (Holland, 1988). Leros mostra pertanto una militarizzazione estesa oltre il margine costiero, nella quale porto, aeroporto, infrastrutture e insediamento concorrono al funzionamento dell'isola come nodo strategico.

Sulla costa adriatica, Šibenik documenta invece la progressiva stratificazione di una città portuale. La funzione militare del porto, il canale di Sant'Antonio, le alture circostanti e i collegamenti con il retroterra definiscono un sistema sottoposto, nel corso del Novecento, a successive fasi austro-ungariche, jugoslave, italiane e tedesche. Le opere costruite o riutilizzate durante questi passaggi controllano alternativamente l'accesso marittimo, le strade, la ferrovia e le direttrici provenienti dall'interno; dopo la guerra, parte delle infrastrutture viene nuovamente incorporata nel dispositivo jugoslavo (Nakić, 2024). La permanenza dei manufatti non corrisponde quindi alla stabilità della loro funzione: uno stesso nodo portuale viene riarmato e riorientato al mutare dei comandi, degli obiettivi e della provenienza della minaccia. Il sistema si costruisce attraverso la sovrapposizione di differenti culture militari, senza che le nuove fasi cancellino completamente gli assetti precedenti.

La sponda nordafricana introduce una configurazione connessa alla costruzione coloniale e al controllo delle comunicazioni fra porti, retroterra e direttrici costiere. In Libia, Bardia viene fortificata dall'Italia

mediante un perimetro esteso attorno all'abitato e al porto; Tobruk associa invece la funzione di scalo marittimo a un articolato sistema di difesa terrestre, acquisendo un ruolo centrale nelle operazioni e nei rifornimenti della campagna nordafricana (Playfair et al., 1954; Maughan, 1966). In entrambi i casi, la protezione del porto non coincide con una linea rivolta esclusivamente verso il mare, ma comprende posizioni arretrate e sbarramenti destinati a controllare anche gli attacchi provenienti dall'interno. Il toponimo Tobruk entra successivamente nel lessico della fortificazione tedesca per indicare piccole postazioni aperte superiormente, diffuse in differenti teatri operativi (Rolf, 1988).

Un'ulteriore estensione cronologica emerge in Albania. Tra il 1967 e il 1986, il regime di Enver Hoxha promuove un programma nazionale di bunkerizzazione volto a predisporre il territorio contro un'invasione proveniente da più fronti. Cellule in calcestruzzo armato, ricoveri e strutture sotterranee vengono distribuiti lungo i confini e le coste, presso città, infrastrutture, insediamenti e obiettivi strategici, secondo aggregazioni e livelli gerarchici differenti (Stefa & Mydyti, 2012; Lasserre et al., 2022). Il programma comprende quindi configurazioni estranee alla difesa marittima; la sua componente costiera può tuttavia essere inclusa nel Muro Mediterraneo come estensione diacronica della categoria. Spiagge, porti e direttrici provenienti dal mare vengono infatti inseriti entro una rete territoriale di opere seriali. Il diverso quadro geopolitico, la scala nazionale e la densità raggiunta distinguono nettamente il caso albanese dai sistemi sorti fra guerra civile spagnola e Seconda guerra mondiale, ma rendono visibile la persistenza, durante la Guerra fredda, della relazione fra cellula fortificata e controllo del territorio costiero.



Fig. 17 — Postazione del complesso fortificato meridionale di Perdika, isola di Egina, Grecia. Fonte: fotografia di George Karidis, in Pierre Kosmidis, "Battlefield Archaeology: 1941–2017 – The abandoned WW2 bunkers at Aegina Island, Greece", WW2Wrecks.com (ultimo accesso: 26 luglio 2026).

I casi qui individuati precisano la duplice continuità del Muro Mediterraneo. Sul piano spaziale, sistemi politicamente e tecnicamente autonomi si succedono lungo coste, isole e soglie strategiche delle diverse sponde; sul piano diacronico, gli stessi nodi possono essere nuovamente fortificati, acquisiti o riorientati al mutare delle condizioni storiche. La continuità geografica del campo coincide pertanto con la frammentazione politica, costruttiva e temporale delle sue componenti: non deriva da un programma condiviso, ma dalla ricorrenza della costa come spazio da controllare e organizzare militarmente.

1.5 — Il caso italiano: Dalla frontiera alpina alle frontiere marittime

L'Italia giunse alla vigilia della Seconda guerra mondiale con due assetti difensivi profondamente differenti. Lungo la frontiera settentrionale, il Vallo Alpino aveva concentrato un vasto programma di fortificazione permanente; lungo le coste, la protezione rimaneva selettiva e prevalentemente imperniata su piazzeforti marittime, basi navali, porti e nodi strategici. L'evoluzione della guerra anfibia e la mobilitazione delle forze degli Alleati modificarono tuttavia le modalità operative della minaccia: mezzi da sbarco, sostegno aeronavale e crescente mobilità delle forze terrestri consentivano di attaccare anche spiagge e litorali privi di infrastrutture portuali, per poi avanzare lungo le direttrici del retroterra. La costa non poteva quindi essere difesa soltanto nei suoi principali approdi, ma doveva essere assunta come un fronte articolato, selezionando i settori vulnerabili e organizzando il contrasto fra battigia, vie di penetrazione e posizioni arretrate.

L'estensione della fortificazione alle frontiere marittime non prese forma in un vuoto tecnico e progettuale: all'interno del medesimo apparato militare furono ripresi principi già consolidati nel Vallo Alpino. L'incontro fra questa cultura fortificatoria e le differenti condizioni geografiche produsse configurazioni regionali specifiche. Entro tale processo, la Sardegna costituisce una particolare declinazione insulare della difesa costiera italiana.

1.5.1 — Il Vallo Alpino e la cultura fortificatoria nazionale

Il Vallo Alpino costituisce il principale laboratorio nel quale l'Italia fascista organizzò su scala nazionale il rapporto fra difesa permanente, territorio e progettazione militare. La sua costruzione assunse un significato particolarmente contraddittorio dopo l'Anschluss del 1938, quando il rafforzamento della frontiera settentrionale coinvolse anche il confine con la Germania alleata. La cosiddetta «linea non mi fido» traduceva in opere permanenti una diffidenza strategica che l'alleanza politica non aveva eliminato. Il programma assorbì risorse, materiali e capacità tecniche rilevanti senza raggiungere un compimento omogeneo; l'avanzamento discontinuo dei cantieri e la sospensione dei lavori nel 1942 lasciarono settori diversamente sviluppati e numerose opere incomplete. La sua importanza non dipende tuttavia soltanto dalla consistenza materiale raggiunta, ma dalla formazione di un apparato normativo, progettuale e costruttivo destinato a incidere sulla cultura fortificatoria italiana del conflitto (Clerici, 1996; Bernasconi & Muran, 2009; Prünster, 2021).

Il Vallo non era concepito come una successione indifferenziata di manufatti né come una barriera continua. La frontiera veniva scomposta in settori e sottosettori, organizzati mediante sbarramenti, raggruppamenti di opere, osservatori, ricoveri, ostacoli e collegamenti. La selezione dei punti da fortificare dipendeva dalle direttrici di penetrazione e dalla possibilità di canalizzare il movimento avversario. L'efficacia del dispositivo risiedeva nella cooperazione fra elementi specializzati, chiamati a concorrere al controllo di passaggi e aree di arresto mediante campi di tiro reciprocamente coordinati.

La morfologia alpina partecipava direttamente alla configurazione delle opere. Valli, passi, selle e corridoi obbligati circoscrivevano le possibili direttrici d'attacco, mentre pendii e affioramenti rocciosi offrivano protezione, occultamento e posizioni dominanti. Le costruzioni in caverna o profondamente interrate riducevano l'esposizione al tiro avversario; le feritoie venivano orientate per battere accessi

e ostacoli; osservazione e fuoco erano riferiti a porzioni determinate di territorio. La mitragliatrice, capace di controllare con continuità settori prestabiliti, assunse un ruolo centrale, al quale si affiancarono progressivamente armamenti controcarro e dispositivi destinati a contrastare l'azione dei guastatori. Gli schemi fornivano pertanto una base ripetibile, ma la disposizione effettiva dipendeva dalla topografia, dall'armamento e dalla funzione assegnata all'opera.

Le circolari dello Stato Maggiore tradussero questa esperienza in criteri riconoscibili e trasmissibili. La Circolare 200 del 1931 e la Circolare 450 del 1936 definirono le prime organizzazioni e i relativi livelli di protezione; la Circolare 7000 dell'ottobre 1938 introdusse schemi più articolati, nei quali ambienti di combattimento, ricoveri, accessi protetti e collegamenti interni concorrevano alla configurazione dell'opera; la Circolare 15000 del 31 dicembre 1939 rispose all'accelerazione del programma attraverso strutture di maggiore complessità e capacità offensiva; la Circolare 13500 del 1941 rafforzò infine l'attenzione per la difesa controcarro e antiguastatori. Questa successione non deve essere interpretata come un'evoluzione perfettamente lineare: prescrizioni, varianti e soluzioni precedenti continuarono a sovrapporsi nei cantieri, condizionati dalle risorse, dai tempi disponibili e dalle circostanze operative. Le circolari definirono piuttosto un repertorio aperto, entro il quale comandi e Genio potevano selezionare e adattare differenti soluzioni (Prünster, 2021).

All'interno di tale processo, la Circolare 7000 costituisce un riferimento particolarmente significativo. Essa codificava classi di opere, armamenti, livelli di protezione e spessori murari, fornendo schemi adattabili alle condizioni operative e morfologiche dei singoli siti. Nella soluzione rappresentata in figura 18, un accesso protetto conduce a un corridoio che serve i vani di ricovero e si dirama verso più camere di combattimento, ciascuna dotata di feritoie direzionali predisposte per armi automatiche o armamenti specifici. La massa protettiva dell'involucro è distribuita in relazione alla provenienza dell'offesa, con spessori maggiori sui fronti più esposti. La postazione poliarma rilevata in Sardegna (fig. 18) presenta un impianto comparabile: accesso e spazi di servizio confluiscono in un nucleo distributivo dal quale si raggiungono camere armate orientate verso settori distinti. La somiglianza fra le due piante riguarda quindi una precisa sequenza distributiva e balistica, fondata sul rapporto fra accesso, ricovero, diramazione, camere di combattimento, direzione del fuoco e protezione differenziata.

Un secondo parallelismo, distinto dal confronto fra le due poliarma, riguarda le cellule armate minime. Nel repertorio del Vallo Alpino compaiono configurazioni circolari o semicircolari nelle quali lo spazio di combattimento è concentrato attorno a una sola arma e orientato mediante una o più aperture. Soluzioni di questo tipo, riconoscibili anche nell'opera Croda Sovra (fig. 19) e in alcune postazioni destinate al controllo degli accessi, presentano una prossimità morfologica e funzionale con la cellula monoarma circolare successivamente diffusa lungo le coste italiane. Non ne costituiscono ancora il tipo standardizzato, ma rendono riconoscibile un principio comune: la riduzione dell'opera a una camera armata elementare, configurata direttamente dal campo di tiro radiale.

Alla scala territoriale, la continuità riguarda invece l'organizzazione delle opere in raggruppamenti e la costruzione della difesa in profondità. Nel Vallo Alpino osservatori, ostacoli, campi di tiro e postazioni specializzate concorrevano al controllo delle direttrici di penetrazione; in alcuni sbarramenti, una fascia avanzata di osservazione e allarme precedeva linee nelle quali gruppi di opere assolvevano funzioni di arresto e contenimento.

L'efficacia non dipendeva pertanto dalla singola casamatta, ma dalla cooperazione fra elementi distribuiti secondo una gerarchia tattica. Nel sistema sardo questo principio venne riformulato attraverso capisaldi e archi di contenimento, nei quali raggruppamenti di postazioni controllavano le zone di sbarco, le vie di penetrazione e le possibili azioni provenienti dal retroterra. Le corrispondenze individuate documentano pertanto una continuità formale, funzionale e strategica nella logica e nei principi dell'architettura difensiva.

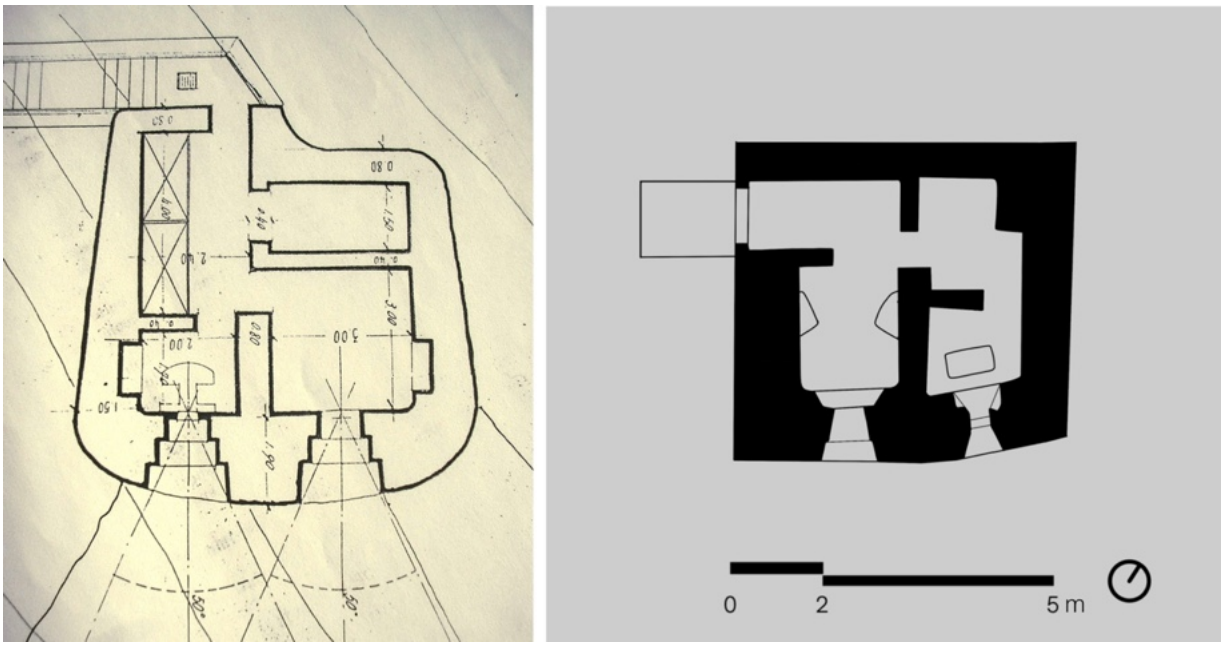


Fig. 18 — Confronto morfologico e distributivo fra una soluzione progettata nel quadro della Circolare 7000 e una postazione poliarma rilevata in Sardegna. La comparazione evidenzia la relazione fra accesso protetto, nucleo distributivo, vani di ricovero e camere di combattimento, l'orientamento direzionale delle feritoie e la differenziazione degli spessori rispetto ai fronti esposti. Fonte: cortesia ASSFORT Sardegna; rilievo ed elaborazione dell'autore.



Fig. 19 — Postazione dell'Opera Croda Sovra i Colsei integrata nella parete rocciosa. Fonte: fotografia di Andrew Lavigne, The Alpine Wall, da alavigne.net (ultimo accesso: 26 luglio 2026).

1.5.2 — La predisposizione della difesa antisbarco

La difesa costiera italiana non ebbe origine nel 1941. All'ingresso in guerra era ancora vigente l'*Istruzione per la difesa delle coste* del 1931, che regolava la cooperazione fra Esercito e Marina e organizzava la protezione secondo l'importanza militare dei diversi tratti litoranei. Piazzeforti marittime, basi navali, porti, rade e passaggi strategici erano presidiati mediante batterie antinave e contraeree, posti di osservazione, reparti costieri e infrastrutture specialistiche. In alcuni settori, piccoli presidi permanenti si appoggiavano inoltre a postazioni leggere destinate alla vigilanza e al contrasto immediato. Ne risultava una geografia difensiva selettiva, concentrata sui nodi e sugli specchi d'acqua ritenuti strategici, ma priva di un'organizzazione capace di controllare in profondità estesi tratti di litorale (Boglione, 2012; Cappellano, 2010; Ferrari, 1988).

Il cambiamento non riguardò quindi la comparsa della difesa costiera, ma la ridefinizione della costa vulnerabile. Lo sbarco franco-spagnolo di Alhucemas del 1925 — non il primo sbarco della storia, ma

uno dei primi esempi moderni di operazione anfibia combinata, condotta coordinando forze terrestri, navali e aeree — aveva già dimostrato la possibilità di trasferire uomini, mezzi e armamenti su un litorale privo di infrastrutture portuali. Le campagne della Seconda guerra mondiale ampliarono ulteriormente la scala e la rapidità di queste operazioni. Mezzi da sbarco specializzati, sostegno aeronavale e crescente mobilità delle forze terrestri rendevano utilizzabili spiagge sabbiose, baie pianeggianti e altri tratti accessibili, soprattutto quando collegati a strade, aeroporti, centri abitati o installazioni militari. Allo sbarco organizzato si aggiungevano le incursioni di piccoli reparti e sabotatori, capaci di raggiungere la costa con imbarcazioni leggere e penetrare attraverso settori scarsamente sorvegliati (Álvarez, 1999).

La conseguenza dottrinale fu decisiva: con la 3 C.S.M. del 24 ottobre 1941 il porto cessò di costituire l'unica soglia attraverso la quale una forza nemica poteva entrare nel territorio. La difesa dovette estendersi agli arenili e alle retrostanti direttrici di penetrazione, senza trasformarsi per questo in una fortificazione continua dell'intero perimetro nazionale. Il litorale venne invece scomposto secondo differenti livelli di vulnerabilità e importanza, concatenando quattro funzioni: individuare l'avversario prima che raggiungesse la costa; contrastarne lo sbarco in prossimità della battigia; bloccare gli accessi e le rotabili dirette verso l'interno; consentire l'intervento delle riserve nei settori minacciati. La sistemazione antisbarco nasce precisamente dall'integrazione di queste funzioni entro uno stesso dispositivo territoriale.

L'oggetto della circolare non era la definizione di una singola tipologia architettonica, bensì il funzionamento dell'intero dispositivo. I posti di osservazione costiera dovevano scoprire, seguire e comunicare l'avvicinamento dei mezzi avversari; i nuclei fissi, intesi come reparti assegnati a posizioni prestabilite, opponevano il primo contrasto allo sbarco; i nuclei mobili sorvegliavano gli intervalli, sostenevano i presidi impegnati e ricercavano eventuali infiltrazioni. I posti di blocco costieri sbarravano le rotabili, mentre capisaldi, rincalzi ed elementi di protezione presidiavano gli accessi e organizzavano la resistenza oltre il margine della spiaggia. La difesa assumeva così una profondità variabile, fondata sulla concatenazione fra osservazione, allarme, fuoco, ostacolo, collegamento e reazione mobile.

La vigilanza doveva protrarsi anche di notte e in condizioni di scarsa visibilità, quando risultavano più probabili le incursioni di *Commandos* e sabotatori. Occultamento e mascheramento costituivano analogamente requisiti operativi: la loro efficacia doveva essere verificata dal mare, affinché sagome e profili non rivelassero la presenza delle opere. Il controllo del litorale coinvolgeva così anche la dimensione temporale e percettiva del dispositivo.

L'estensione del programma rese tuttavia necessario conciliare protezione, rapidità di esecuzione e disponibilità limitata di materiali. La Circolare 3700/S del 6 maggio 1942 rispose a questa esigenza definendo nella postazione circolare monoarma un tipo preordinato e preferenziale, destinato prevalentemente a mitragliatrice o fucile mitragliatore e adattabile al campo di tiro richiesto. La sua diffusione dall'estate del 1942 introdusse una soluzione seriale ed economicamente compatibile con l'accelerazione dei cantieri, ma non determinò l'origine del sistema antisbarco, già organizzato sul piano dottrinale dalla Circolare 3 C.S.M. La 3700/S razionalizzò una delle sue componenti costruttive, senza sostituire le opere precedenti né annullare le varianti elaborate nei diversi territori (Circolare 3700/S, 6 maggio 1942; Carro & Grioni, 2015).

1.5.3 — Dalla dottrina all'impianto: configurazioni territoriali della difesa costiera italiana

La dottrina antisbarco definiva funzioni, priorità e criteri organizzativi comuni, ma non predeterminava una configurazione territoriale uniforme. Il rapporto fra costa e retroterra assumeva forme differenti secondo l'estensione del fronte marittimo, la morfologia, la distribuzione degli obiettivi strategici, l'accessibilità degli approdi e la disponibilità di collegamenti e riserve. Anche le infrastrutture e le installazioni militari preesistenti condizionavano la selezione dei settori e la disposizione delle nuove opere. La medesima cornice normativa poteva quindi tradursi in maniera differente.

Fra direttiva e cantiere intervenivano i comandi responsabili dei diversi territori e gli uffici del Genio, che selezionavano i settori, adattavano i progetti e ne organizzavano l'esecuzione anche attraverso imprese e maestranze locali. Nella primavera del 1942, la 5ª Armata comandata da Mario Caracciolo di Feroleto assunse la responsabilità della difesa territoriale e costiera di Toscana, Lazio e Sardegna, mentre Calabria e Sicilia rientravano nell'organizzazione della 6ª Armata. La dottrina unitaria veniva pertanto mediata da strutture di comando distinte, entro le quali priorità strategiche, risorse disponibili e condizioni esecutive acquistavano una concreta forma territoriale (Clerici, 1996).

Lungo una costa peninsulare estesa, l'impossibilità di presidiare con uguale intensità l'intero litorale imponeva di concentrare le difese sulle soglie considerate più rilevanti. La Calabria mostra tale condizione senza poter essere ricondotta a un unico impianto regionale: mentre lo Stretto di Messina richiedeva il coordinamento delle due sponde, degli approdi e delle comunicazioni con il retroterra, lungo gli altri versanti prevaleva la selezione di promontori, spiagge accessibili e nodi costieri. Il sistema di casematte di Punta Alice, presso Cirò Marina, costituisce un riscontro locale di questa logica. Le opere realizzate fra il 1941 e il 1943 presidiano un tratto dotato di specifica rilevanza difensiva e assumono configurazioni differenti secondo posizione, funzione e rapporto con il sito. Il caso documenta pertanto una difesa per soglie e settori, separati da intervalli nei quali osservazione e mobilità conservavano un ruolo determinante (Caniglia, 2024).

Nell'isola d'Elba lo stesso problema si comprime entro una scala territoriale ridotta. La posizione fra la Corsica, il canale di Piombino e la costa toscana, insieme alla presenza di porti, approdi, risorse minerarie e direttrici tirreniche, concentrava in uno spazio circoscritto obiettivi e possibili punti di sbarco. Batterie, osservatori, capisaldi e posizioni di arresto vennero disposti in relazione alle spiagge accessibili, alle quote dominanti e alle principali comunicazioni interne. La limitata distanza fra margine, rilievi, infrastrutture e retroterra avvicinava componenti che, nei fronti peninsulari, risultavano separate da intervalli molto più ampi. La profondità difensiva non scompariva, ma veniva compressa: la viabilità militare collegava approdi, depositi, centri di comando e postazioni entro un dispositivo relativamente compatto, nel quale la protezione delle singole soglie partecipava all'organizzazione complessiva dell'isola (fig. 20) (Caldarone et al., 2024; Empler & Caldarone, 2025).

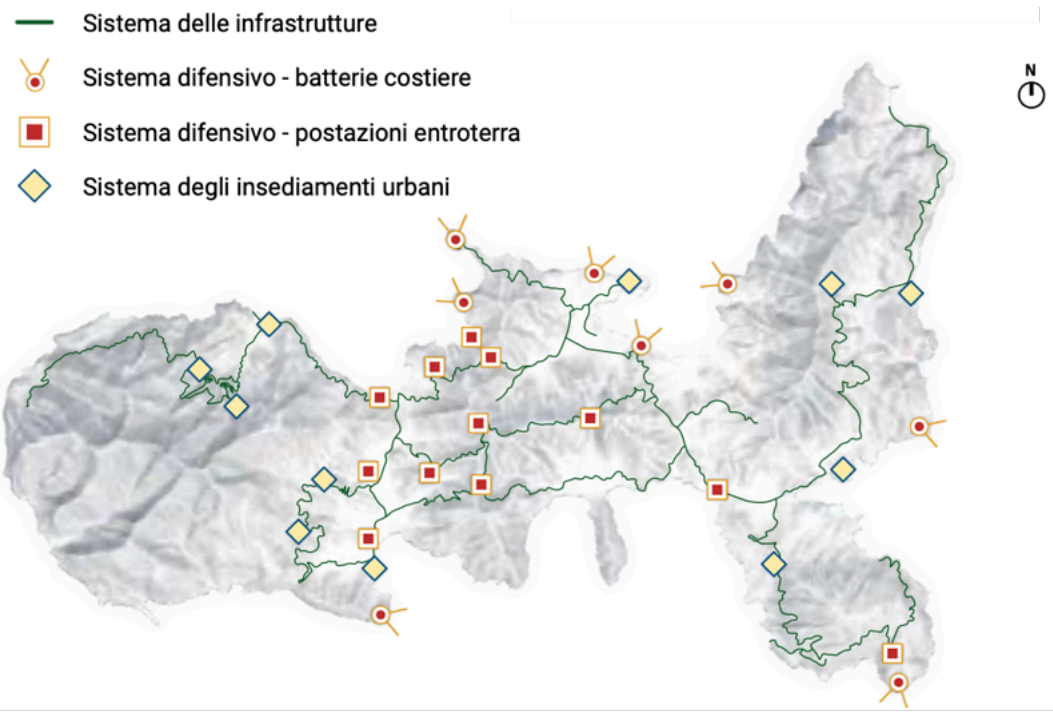


Fig. 20 — Sistema difensivo dell'isola d'Elba durante la Seconda guerra mondiale: distribuzione delle batterie costiere, dei capisaldi e delle principali articolazioni territoriali. Fonte: elaborazione di Tommaso Empler, in Caldarone et al. (2024, p. 285).

La Sicilia presenta una scala e una complessità maggiori. La posizione nel Mediterraneo centrale, la prossimità alle rotte fra Italia e Africa settentrionale e la presenza di porti, piazzeforti, aeroporti, città costiere e infrastrutture logistiche ne facevano uno dei principali obiettivi di una possibile offensiva alleata. Il dispositivo non poteva essere ricomposto entro un unico centro né concentrato lungo un solo fronte: doveva gerarchizzare una pluralità di nodi e settori, coordinando nodi strategici, batterie antinave e contraeree, divisioni costiere, ostacoli, fronti terrestri, comunicazioni e riserve. Alla consistenza delle installazioni presso le aree strategiche corrispondevano tuttavia tratti affidati a opere più leggere, reparti dotati di limitata mobilità e sistemazioni non completate (Clerici, 1996; Ferrari, 1988).

La piazzaforte di Augusta–Siracusa rende particolarmente evidente lo scarto possibile fra potenza installata ed efficacia territoriale. Le batterie collocate a protezione della rada, dei porti e delle infrastrutture aeronavali costituivano un fronte marittimo consistente, integrato da difese contraeree e posizioni rivolte verso terra. Lo sbarco alleato del luglio 1943 si sviluppò però lungo le spiagge sudorientali e investì il sistema anche attraverso direttrici provenienti dal retroterra. La crisi della piazzaforte non dimostra l'inutilità delle opere permanenti: rivela piuttosto i limiti di un dispositivo nel quale la consistenza delle difese fisse non trovò adeguata corrispondenza nella tenuta dei collegamenti, nella mobilità dei reparti costieri e nella capacità delle riserve di reagire a un'offensiva aeronavale e terrestre condotta su più assi. In Sicilia non furono quindi sottoposte a verifica soltanto le singole postazioni, ma le relazioni fra spiagge, nodi strategici, comunicazioni e profondità operativa (Marcon, 2006; Malatesta, 2016).

Funzioni e principi organizzativi rimanevano riconoscibili in tutti i casi italiani di difesa costiera, ma mutava la relazione spaziale fra margine, obiettivi e retroterra: selettiva lungo il fronte peninsulare, compressa nella piccola isola, policentrica e gerarchizzata nella grande isola. La Sardegna condivide con la Sicilia la priorità attribuita alle grandi isole e la previsione di operazioni anfibie di ampia scala, ma presenta condizioni strategiche e territoriali proprie.

1.6 — Il caso sardo: dalla piazzaforte marittima alle difese della Seconda guerra Mondiale

Durante la Seconda guerra mondiale la Sardegna assume la scala operativa di una piazzaforte mediterranea. La sua posizione nel Mediterraneo occidentale, insieme alla presenza di porti, basi navali, aeroporti e infrastrutture logistiche, consente di impiegare l'isola come piattaforma avanzata per il controllo delle rotte e la proiezione delle operazioni aeronavali. La medesima condizione ne determina la vulnerabilità: una sua conquista avrebbe offerto agli Alleati basi dalle quali agire contro la penisola e gli altri territori controllati dall'Asse. I piani britannici e statunitensi elaborati dal 1940 — dalle operazioni *Yorker* e *Garotter* al successivo progetto *Brimstone* — mostrano come tale possibilità sia rimasta concretamente presente nella pianificazione militare fino al 1943 (Cardia, 2007; Galligani & Almaviva, 2020). L'evoluzione delle capacità anfibie amplia inoltre la nozione di costa vulnerabile: alla protezione dei porti e degli approdi attrezzati si aggiunge quella delle spiagge e delle baie dalle quali un'avanzata avrebbe potuto svilupparsi verso l'interno. La definizione di «piazzaforte mediterranea» designa questo cambiamento di scala: un'organizzazione difensiva insulare fondata sulla selezione e sul coordinamento dei settori operativamente decisivi, non sulla fortificazione uniforme dell'intero perimetro.

La configurazione raggiunta fra il 1941 e il 1943 si sovrappone a una geografia militare preesistente, imperniata sulla piazzaforte marittima di La Maddalena e sulla protezione selettiva di porti, rade e infrastrutture strategiche. La ricostruzione prende quindi avvio da tali presenze, per seguirne l'integrazione nel dispositivo antisbarco e riconoscere infine le gerarchie territoriali, le logiche d'impianto e l'appartenenza del caso sardo al più ampio campo del Muro Mediterraneo.

1.6.1 — La Sardegna fra le due guerre

Prima della Seconda guerra mondiale, La Maddalena rappresenta il principale centro dell'organizzazione militare permanente della Sardegna. La posizione dell'arcipelago presso le Bocche di Bonifacio e lungo le rotte del Tirreno settentrionale ne determina, dopo l'Unità, la trasformazione in piazzaforte. Forti e batterie controllano canali, rade e accessi marittimi, mentre osservatori, depositi, caserme, approdi, arsenale e infrastrutture di servizio assicurano il funzionamento della base. L'efficacia del complesso dipende dalla relazione fra opere, armamenti, morfologia insulare e organizzazione logistica, più che dalla consistenza dei singoli manufatti. La Maddalena costituisce pertanto un sistema militare permanente e gerarchizzato, il solo nell'isola ad assumere pienamente lo statuto di piazzaforte marittima (Sanna, 1999; Calanca, 2019).

Nel resto della Sardegna, la presenza militare conserva una configurazione più selettiva. Batterie antinave (fig. 21), osservatori, depositi e difese portuali vengono disposti presso Cagliari, Porto Torres e altri nodi rilevanti per il controllo delle rotte e la protezione degli approdi. Questi complessi associano postazioni di artiglieria, strutture per il puntamento, riservette, ricoveri e collegamenti di servizio secondo le esigenze del sito e dell'armamento. Il loro compito consiste nel presidiare obiettivi circoscritti e determinati specchi d'acqua; gli intervalli costieri rimangono affidati prevalentemente alla vigilanza e alla capacità di intervento delle forze disponibili (Grioni, 2001; Grioni & Carro, 2014; Carro & Grioni, 2015).

Fra le due guerre, l'ampliamento dei mezzi e delle modalità dell'offesa modifica progressivamente il quadro. Alla minaccia navale si affiancano quella aerea e sottomarina, mentre aeroporti, idroscali, depositi, impianti produttivi e reti di collegamento acquistano crescente rilevanza per la tenuta militare dell'isola. Il progressivo riconoscimento della possibilità di condurre operazioni anfibie anche contro coste prive di infrastrutture portuali amplia inoltre il quadro dei litorali da sorvegliare.

Anche in Sardegna la vigilanza comincia gradualmente a estendersi oltre i principali nodi militari. Piccoli presidi fissi si appoggiano a postazioni permanenti leggere, collocate presso alcuni tratti del litorale per sostenere l'osservazione e il contrasto immediato. Una parte delle opere circolari precoci riconosciute dal censimento appartiene a questa fase. Si tratta tuttavia di presenze puntuali, prive della continuità funzionale e della profondità che caratterizzeranno i dispositivi successivi: non formano ancora sistemi di contenimento né coordinano il fronte costiero con le direttrici del retroterra.



Fig. 21 — Batteria Carlo Faldi sul promontorio di Is Mortorius a Quartu Sant'Elena. Fotografia di Nicola Paba.

1.6.2 — La costruzione dell'assetto difensivo della Seconda guerra mondiale

La prospettiva di operazioni anfibie condotte su ampia scala modifica profondamente l'organizzazione difensiva della Sardegna. Alla protezione di porti, basi navali, aeroporti e installazioni specialistiche si aggiunge la necessità di presidiare i litorali praticabili, impedire il consolidamento delle forze avversarie sulla costa e controllarne le possibili direttrici di avanzata. La Circolare 3 C.S.M. del 24 ottobre 1941 fornisce il quadro ordinatore di questa trasformazione: nell'isola, considerata esposta a sbarchi di grande ampiezza, i suoi criteri si traducono nella gerarchizzazione dei settori e nel coordinamento fra presidio del litorale, sbarramento delle direttrici verso l'interno e intervento delle riserve. Fra il 1941 e il 1943 la difesa passa così da una configurazione prevalentemente nodale a un dispositivo di scala insulare, senza raggiungere una continuità uniforme lungo l'intero perimetro (Circolare 3 C.S.M., 24 ottobre 1941; Grioni, 2001; Grioni & Carro, 2014).

L'attuazione di questi criteri coinvolge una catena articolata di competenze. Le direttive generali e la definizione delle priorità spettano ai comandi superiori; il XIII Corpo d'armata e le strutture territoriali ne traducono l'impostazione rispetto alla situazione sarda; il Genio militare provvede alla progettazione, al tracciamento e alla direzione tecnica dei lavori, mentre reparti, imprese e maestranze partecipano alla loro esecuzione. Dall'aprile 1942, il generale Mario Caracciolo di Feroleto esercita un ruolo diretto nel coordinamento della difesa dell'isola. Le visite del comandante in Sardegna e le istruzioni trasmesse agli organismi dipendenti documentano il rapporto fra direzione d'armata e applicazione territoriale. Una disposizione del 23 marzo 1943, indirizzata anche al XIII Corpo d'armata, prescrive ad esempio che la vigilanza e la manutenzione non compromettano il mascheramento delle opere realizzate dal Genio: un'indicazione circoscritta, ma significativa della continuità operativa fra progettazione, consegna e impiego delle fortificazioni (Comando 5ª Armata, Ufficio Operazioni e Addestramento, n. 1426/Op. Add., *Mascheramenti*, 23 marzo 1943-XXI).

Dal tardo autunno del 1941, e con maggiore intensità nel biennio successivo, i lavori entrano in una fase di accelerazione. L'estensione delle coste, la dispersione dei cantieri, le difficoltà di trasporto e la disponibilità limitata di cemento, ferro, armamenti e mezzi impongono una continua selezione degli interventi. I programmi vengono adattati alle urgenze operative e alle risorse effettivamente disponibili, mentre imprese e maestranze locali traducono i progetti rispetto ai materiali, all'accessibilità dei siti e alle condizioni del terreno. Entro questo processo, la Circolare 3700/S del 6 maggio 1942 fornisce ai cantieri sardi una postazione circolare monoarma ripetibile (fig. 22), compatibile con la necessità di accelerare la costruzione. La sua diffusione non uniforma tuttavia il sistema, ma si affianca a batterie e installazioni specialistiche, postazioni permanenti precoci, casematte poliarma, opere campali e ricoveri già realizzati o ancora in costruzione. La disomogeneità materiale registra pertanto lo scarto fra ampiezza del programma, priorità strategiche e capacità esecutive, insieme alla coesistenza di opere appartenenti a differenti fasi e funzioni (Circolare 3700/S, 6 maggio 1942; Grioni, 2001; Carro & Grioni, 2015).

Nel caso sardo, l'attuazione del programma produce due componenti territoriali coordinate. Lungo il margine, la rete difensiva costiera integra osservazione, presidi fissi e mobili, postazioni armate, ostacoli e posti di blocco per individuare la minaccia e opporre il primo contrasto allo sbarco. In posizione arretrata, gli archi di contenimento dispongono capisaldi e sbarramenti lungo le principali vie di penetrazione, predisponendo l'arresto dell'avanzata e l'intervento delle riserve. Batterie e apparati specialistici completano il dispositivo in relazione ai porti, agli aeroporti e agli altri obiettivi strategici. Rete costiera e archi di contenimento non costituiscono quindi programmi autonomi, ma traducono il principio della difesa in profondità in una specifica organizzazione del territorio insulare.



Fig. 22 — In alto: postazione monoarma presso Capitana. Al centro: postazione monoarma nel Parco di San Michele, Cagliari, documentata mediante fotografia sul campo e vista zenitale. In basso: postazione tipo A per mitragliatrice o fucile mitragliatore, con resistenza ai piccoli calibri e struttura in calcestruzzo; piante e sezione di progetto in scala 1:50. Fonti: elaborazioni e fotografie dell'autore; Archivio del XIV Reparto Infrastrutture, Cagliari.

1.6.3 — La geografia del sistema difensivo sardo

La costruzione del dispositivo antisbarco non interessa uniformemente il perimetro della Sardegna. Le maggiori concentrazioni si dispongono lungo i versanti occidentale, meridionale e settentrionale, con ulteriori sistemi nel quadrante nord-orientale, mentre la costa orientale presenta un presidio più rarefatto e discontinuo. Questa distribuzione riflette la provenienza attesa della minaccia, la praticabilità dei litorali e il rango degli obiettivi raggiungibili dal mare. Porti, aeroporti, impianti produttivi, nodi ferroviari e stradali determinano la priorità dei settori; spiagge, golfi, foci, lagune, istmi e valli definiscono invece le condizioni dell'approdo e le possibili direttrici di penetrazione. Il quadro regionale assume così la forma di una successione di addensamenti, sbarramenti e sistemi specialistici, piuttosto che quella di una linea continua (Grioni, 2001; Grioni & Carro, 2014; Carro & Grioni, 2015).

Nel settore settentrionale e nord-occidentale si distinguono configurazioni determinate da obiettivi e condizioni geografiche differenti. La Maddalena conserva il carattere di piazzaforte navale insulare, fondata prevalentemente su batterie, osservazione, difesa contraerea e controllo degli spazi acquei. A Porto Torres la protezione del nodo portuale si prolunga negli sbarramenti delle direttrici retrostanti. Più a occidente, Alghero–Porto Ferro costituisce uno dei sistemi più estesi dell'isola: postazioni costiere, capisaldi, batterie e chiusure arretrate coordinano il controllo degli approdi, delle infrastrutture aeroportuali e delle principali vie di accesso verso l'interno. Entro questa macroarea convivono pertanto un sistema specialistico insulare, la difesa nodale di un porto e un dispositivo territoriale sviluppato lungo un ampio arco costiero.

Lungo il versante orientale la ricostruzione restituisce un quadro meno continuo, composto da presidi locali, posti di osservazione e nuclei riferiti a specifici approdi e infrastrutture. La rarefazione riflette la minore priorità assegnata a larghi tratti del litorale, la diversa accessibilità delle coste e, in alcuni ambiti, una documentazione e una verificabilità materiale più discontinue. Golfo Aranci e Olbia costituiscono la principale eccezione nel quadrante nord-orientale, formando un dispositivo bipolare nel quale il primo presidia il porto esterno, il promontorio e le rotte di avvicinamento dalla penisola italiana, mentre il secondo protegge il bacino interno, il retroporto e le connessioni terrestri. L'asimmetria del versante orientale appartiene quindi alla logica complessiva del sistema.

La costa centro-occidentale presenta sistemi più circoscritti ma chiaramente gerarchizzati. A Bosa, il porto, la foce del Temo, l'abitato e gli accessi vallivi concentrano obiettivi e direttrici della minaccia; le opere del margine marittimo si collegano a sbarramenti interni destinati a controllare la progressione verso il retroterra. Nel Golfo di Oristano emergono invece due configurazioni contigue ma differenti. Il settore di Oristano combina lagune, accessi urbani, infrastrutture aeroportuali e postazioni adattate alle condizioni locali; quello di Arborea dispone prevalentemente opere ripetibili entro la trama regolare della bonifica, utilizzando canali, viabilità poderale e partizioni agrarie come struttura del dispositivo. La prossimità dei due settori rende evidente come una medesima minaccia possa produrre un sistema selettivo e morfologicamente adattivo oppure una disposizione più seriale, secondo la configurazione del territorio attraversato.

La Sardegna sud-occidentale costituisce la macroarea più estesa ed eterogenea. Da Fluminimaggiore e Fontanamare fino a Portoscuso, Santa Caterina, Sant'Antioco, San Pietro, Porto Pino e Teulada si succedono sistemi riferiti a spiagge, porti, insediamenti minerari e produttivi, isole, zone umide e collegamenti con l'interno. Nei settori meno complessi la difesa si concentra sugli accessi al litorale e sulle principali vie di penetrazione; presso Portoscuso si articola intorno al porto e agli impianti produttivi; a Santa Caterina raggiunge una delle maggiori densità locali, con una presenza significativa di opere poliarma organizzate entro un sistema compatto. Sant'Antioco e San Pietro introducono una configurazione insulare nella quale batterie, osservatori, postazioni contraeree e nuclei terrestri cooperano nel controllo degli approdi e dei canali. Verso Porto Pino e Teulada, dune, stagni, istmi e rilievi selezionano i varchi praticabili, mentre gli sbarramenti arretrati prolungano la difesa lungo strade, valichi e collegamenti con i centri abitati e le aree produttive. La macroarea dimostra con particolare

chiarezza che il fronte costiero e la profondità territoriale appartengono a una medesima organizzazione.

Nel quadrante meridionale, il Golfo di Cagliari concentra la più intensa convergenza fra obiettivi strategici, vulnerabilità costiera e articolazione difensiva. Cagliari costituisce il principale nodo urbano-portuale, aeroportuale e logistico dell'isola; intorno a esso si dispongono estesi litorali praticabili, sistemi lagunari, rilievi di osservazione e direttrici aperte verso il Campidano. La macroarea integra pertanto difesa degli approdi, protezione del porto e degli aeroporti, controllo dello spazio marittimo e aereo e contenimento delle penetrazioni verso l'interno (Grioni, 2001; Grioni & Carro, 2014). Cagliari ne forma il nucleo costiero-urbano; Quartu Sant'Elena costituisce l'ala orientale, nella quale il rapporto fra rete difensiva costiera, batterie e arco di contenimento conserva una particolare leggibilità (Aresu et al., 2009; Carro & Grioni, 2001); Capoterra controlla le soglie occidentali, i margini lagunari e le direttrici verso il Sulcis e il Campidano; Pula completa il quadrante sud-occidentale mediante una configurazione più selettiva, caratterizzata soprattutto da batterie, osservazione e installazioni specialistiche. I quattro settori non ripetono uno stesso impianto, ma cooperano alla protezione di un unico campo strategico. Proprio la compresenza, entro un territorio unitario ma internamente differenziato, di nodo strategico e soglie vulnerabili, costa e retroterra, rete litoranea e contenimento in profondità, osservazione e tiro, infrastrutture e morfologia assegna al Golfo di Cagliari il ruolo di caso guida della ricerca. La sua analisi permette di leggere, a una scala circoscritta, le principali relazioni che organizzano il sistema difensivo regionale.

1.6.4 — Il caso sardo nel Muro Mediterraneo

Il caso sardo acquista piena rilevanza nel Muro Mediterraneo quando viene considerato non come una sommatoria di opere costiere, ma come un organismo difensivo costruito alla scala di una grande isola. La posizione baricentrica nel Mediterraneo occidentale, la disponibilità di porti, basi navali, aeroporti e infrastrutture logistiche e l'estensione dei litorali accessibili conferivano alla Sardegna una duplice funzione: piattaforma avanzata per le operazioni aeronavali dell'Asse e possibile base nemica proiettata contro la penisola. La conseguente estensione del dispositivo, unita alla consistenza e alla varietà delle tipologie documentate, la colloca fra i sistemi costieri italiani di maggiore articolazione e ne fa un caso decisivo per comprendere come la difesa mediterranea abbia assunto configurazioni differenti secondo la scala, la posizione e la struttura territoriale dei luoghi (Carro & Grioni, 2015; Martínez-Medina & Sanjust, 2013, 2015).

Il bunker sardo corrisponde pienamente allo statuto critico assunto dalla ricerca: possiede un'evidenza architettonica fondata sulla relazione fra massa, suolo, feritoia e orizzonte; appartiene a un repertorio leggibile attraverso ricorrenze, tipi e varianti; acquista significato entro un paesaggio militare formato da opere, infrastrutture, percorsi e campi visuali; permane infine come eredità problematica del conflitto (Virilio, 1975; Rolf, 1985, 1988, 1998; Bassanelli & Postiglione, 2011; Tunbridge & Ashworth, 1996). Ciò che distingue il caso sardo non è quindi l'appartenenza a una categoria diversa, ma la particolare convergenza assunta nell'isola da questi caratteri.

La specificità tecnica del sistema si manifesta contemporaneamente alla scala architettonica e a quella territoriale. La cultura fortificatoria nazionale fornisce principi e componenti riconoscibili, ma la pressione del conflitto, la scarsità delle risorse e la varietà dei siti ne impongono una rielaborazione continua: la ripetizione si traduce così in una semi-prototipazione adattiva, nella quale la variante costituisce una risposta progettuale e non una semplice deviazione dallo standard. La stessa logica governa il passaggio dal bunker al sistema. Postazioni, osservatori, batterie, capisaldi, sbarramenti e collegamenti cooperano entro una difesa sviluppata, nei settori più articolati, dal margine costiero verso l'interno, nella quale l'arco di contenimento costituisce una delle configurazioni territoriali più caratterizzanti. La concatenazione curvilinea dei capisaldi coordina i campi di tiro sulla zona di sbarco, controlla le direttrici retrocostiere e mantiene capacità di reazione rispetto ad aggiramenti e penetrazioni. Il sistema sardo non deriva quindi dalla moltiplicazione indifferenziata di una cellula, ma

dal coordinamento di opere differenti entro una struttura difensiva in profondità: è questo uno dei suoi contributi più riconoscibili alla casistica mediterranea.

A questa articolazione corrisponde un paesaggio militare altrettanto complesso. La Sardegna concentra entro la propria dimensione insulare una varietà quasi continentale di coste, comprendente golfi urbanizzati, pianure sabbiose, promontori rocciosi, arcipelaghi, zone umide, dune, lagune e rilievi immediatamente retrostanti al mare. La morfologia determina localizzazione, orientamento, densità e occultamento delle opere, mentre la sistemazione della Seconda guerra mondiale si sovrappone a una lunga stratificazione composta da torri costiere, fortificazioni storiche, piazzeforti navali, batterie e infrastrutture specialistiche. Ne deriva un paesaggio nel quale la dimensione militare e l'elevato valore naturalistico risultano materialmente intrecciati e nel quale le opere, progettate per non essere viste, tendono ancora oggi a sottrarsi al riconoscimento. La loro condizione di patrimonio dissonante assume pertanto una forma intermittente: rimane a lungo latente e riemerge in occasione di demolizioni, trasformazioni, riusi o iniziative di riscoperta e tutela (Tunbridge & Ashworth, 1996).

Il valore scientifico del caso sardo risiede nella capacità di tenere insieme diverse condizioni (fig. 23): posizione strategica, varietà tipologica, adattamento costruttivo, difesa in profondità, stratificazione militare e complessità paesaggistica. La Sardegna non aggiunge semplicemente un ulteriore segmento alla geografia delle fortificazioni mediterranee; dimostra che il Muro Mediterraneo acquista consistenza proprio attraverso la diversità delle sue configurazioni territoriali. Nell'isola, la comune esigenza di controllare il litorale viene tradotta in un repertorio tecnico rielaborato sotto la pressione del conflitto, in un dispositivo capace di prolungare la difesa verso l'interno e in un paesaggio fortificato oggi discontinuo ma ancora riconoscibile. È in questa convergenza fra architettura, sistema e territorio che il caso sardo supera la propria dimensione regionale e diventa una componente necessaria per comprendere il significato storico e disciplinare del Muro Mediterraneo.

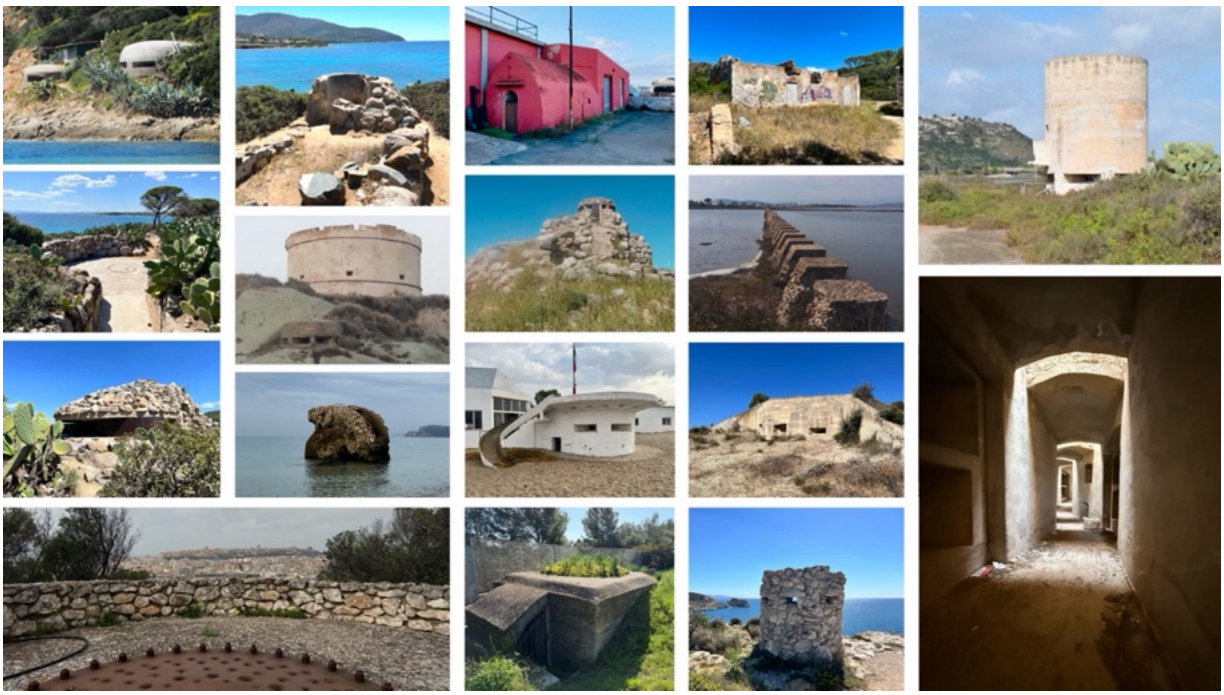


Fig. 23 — Bunker in Sardegna tra Cagliari e Bosa: campionario fotografico di architetture difensive, varianti tipologiche e modalità di integrazione nel suolo e nel paesaggio. Fonte: fotografie di Andrea Pirinu, di Vincenzo Bagnolo e dell'autore.

CAPITOLO 2
La banca dati delle architetture difensive e il sistema informativo territoriale

2.1 — La banca dati georeferenziata come infrastruttura conoscitiva della ricerca

La banca dati georeferenziata costituisce una componente metodologica centrale per lo studio delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale in Sardegna. Il patrimonio esaminato comprende manufatti numerosi, diffusi e discontinui, appartenenti a un medesimo orizzonte tecnico-militare ma distribuiti secondo assetti territoriali differenti e conservati in condizioni eterogenee. Bunker, postazioni, capisaldi, batterie, ricoveri, opere di osservazione e dispositivi complementari non operavano come presenze isolate, ma come parti di un organismo nel quale posizione, funzione, morfologia e relazioni reciproche concorrevano al controllo del territorio. La loro interpretazione richiede pertanto di associare consistenza materiale, appartenenza sistemica e stato attuale della conoscenza, ricomponendo entro una struttura comune evidenze leggibili (fig. 1), tracce parziali, manufatti perduti e testimonianze esclusivamente documentarie.

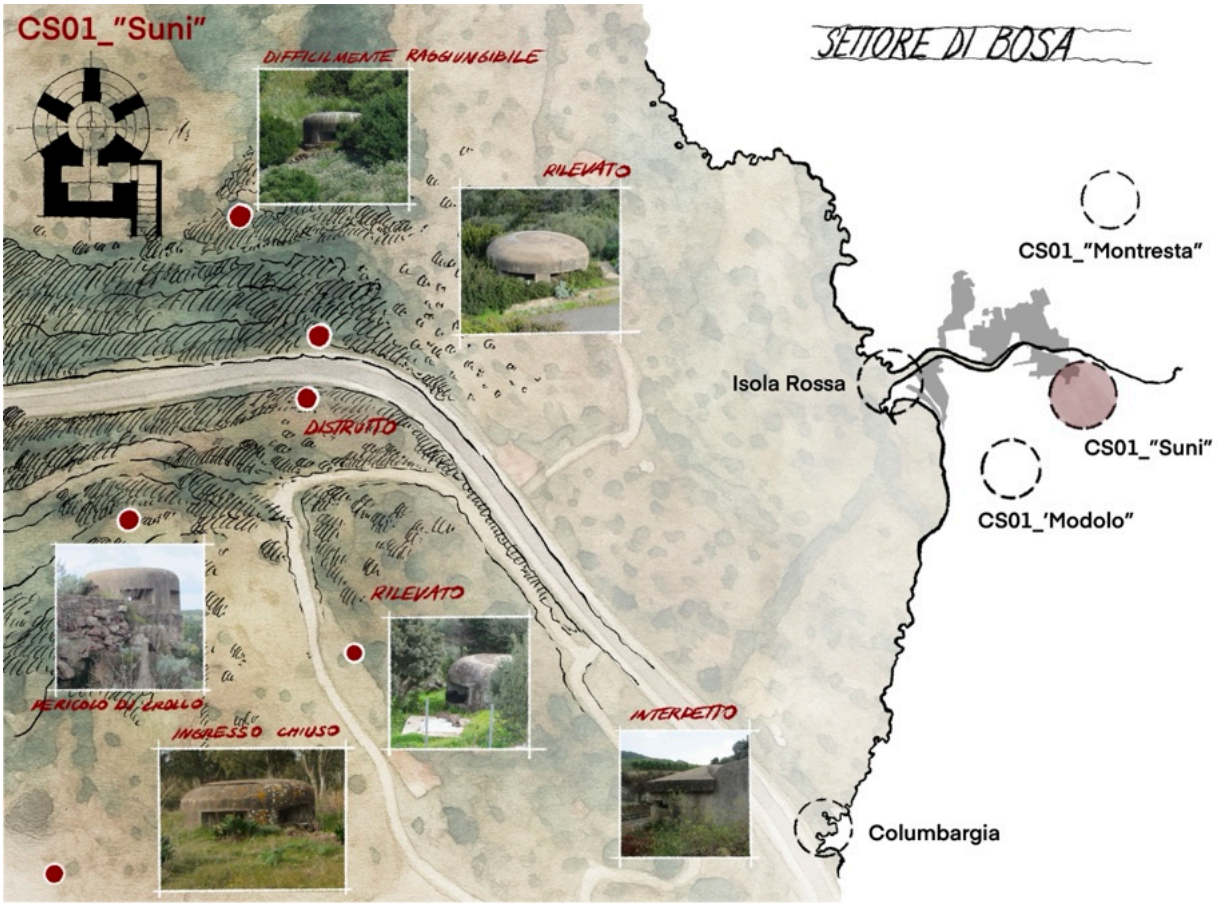


Fig. 1 — Caposaldo di Sbarramento sulla strada Bosa-Suni: individuazione nel paesaggio di manufatti seriali disposti secondo la morfologia e gli assi di percorrenza in diversi stati di conservazione e di accessibilità. Elaborazione grafica dell'autore

Le opere difensive costiere sono spesso manufatti minuti e sostanzialmente seriali, adattati alla morfologia del sito e soggetti a variazioni costruttive e funzionali che ne impediscono una lettura esclusivamente tipologica. Alla ricorrenza di alcune famiglie corrisponde una marcata variabilità locale, determinata dal rapporto con la topografia, gli accessi, gli obiettivi strategici e gli altri dispositivi. Interramenti, demolizioni, trasformazioni e limitazioni di accesso producono inoltre una leggibilità intermittente, nella quale permanenze materiali e lacune documentarie si distribuiscono in modo diseguale.

In questo quadro, il censimento rappresenta un passaggio necessario ma non sufficiente. L'individuazione e la prima registrazione delle presenze permettono di stabilire la consistenza del patrimonio; non ricostruiscono, da sole, un sistema organizzato per linee, nodi, soglie, raggruppamenti e relazioni di controllo. Il valore informativo del singolo manufatto emerge pienamente quando il record viene ricollocato entro la struttura territoriale e funzionale di appartenenza.

La banca dati georeferenziata è quindi assunta come componente operativa di un sistema informativo territoriale più ampio. Il modello informativo definisce unità, gerarchie, attributi e relazioni; la banca dati organizza record e geometrie; il GIS controlla, interroga e analizza la componente spaziale. Schede, mappe e file KML costituiscono forme selettive di consultazione e restituzione, non sistemi autonomi né rappresentazioni integrali dell'architettura informativa.

Nel campo del patrimonio militare recente, repertori e sistemi digitali rispondono a obiettivi differenti e non sono riconducibili a un'unica gerarchia di valore. Il loro confronto permette di distinguere funzioni complementari: inventariazione e interrogazione dei record, lettura territoriale, documentazione architettonica, accessibilità pubblica e valorizzazione.

L'*Extended Defence of Britain Database* e il *Defence of Britain Archive* mostrano il valore di un inventario digitale fondato su record localizzati, classificazioni coerenti, ricerca testuale e interrogazione dei dati (Aldred, s.d.; Council for British Archaeology, s.d.). Il progetto sul Vallo Alpino dell'Alto Adige sviluppato da Heimo Prünster amplia questa impostazione mediante una rappresentazione territoriale capace di correlare profondità delle linee, distribuzione delle opere, morfologia e campi di tiro (Prünster, s.d., 2021). In entrambi i casi, la geolocalizzazione acquista valore conoscitivo attraverso l'associazione con attributi controllati e relazioni spaziali riconoscibili. Bunkersite, Traces of War e Frontiera Est affiancano a localizzazioni e immagini finalità differenti. Bunkersite privilegia la documentazione specialistica e tipologica delle fortificazioni moderne; Traces of War inserisce luoghi e manufatti entro un ambiente enciclopedico rivolto anche a un pubblico non specialistico; Frontiera Est orienta la documentazione storica e cartografica verso itinerari didattici e turistici (Bunkersite, s.d.; Frontiera Est, s.d.; Traces of War, s.d.). Questi repertori mostrano come dati e localizzazioni possano sostenere conoscenza, comunicazione e valorizzazione senza coincidere con il piano della catalogazione istituzionale.

Il progetto TOVIVA, coordinato da Pablo Rodríguez-Navarro e dedicato alle torri di avvistamento e difesa del litorale valenciano, integra indagine storica, censimento delle permanenze, rilievo digitale, metadati e modelli tridimensionali. Il suo interesse metodologico risiede nella connessione mantenuta tra il singolo manufatto e la rete costiera di appartenenza, attraverso strumenti rivolti alla ricerca, alla consultazione e alla valorizzazione. Pur riferito a un patrimonio e a un orizzonte cronologico differenti, TOVIVA costituisce un riferimento significativo per la documentazione digitale di sistemi difensivi territorialmente diffusi (Rodríguez-Navarro, 2017). Un precedente

metodologicamente più prossimo è costituito dal progetto dedicato alla Linea Galla Placidia. Il censimento, alimentato da indagini dirette e indirette e concepito in relazione a un catalogo digitale aperto, sostiene dispositivi di localizzazione, comunicazione e accesso pubblico (Mariotti et al., 2019). Il principio è trasferibile al caso sardo, ma richiede un adattamento sostanziale: la difesa dell'isola non si dispone prevalentemente lungo una linea continua, bensì attraverso macroaree, settori, reti costiere, archi di contenimento, capisaldi, batterie e raggruppamenti specialistici. La sua rappresentazione richiede quindi una struttura più ramificata e multiscalare.

Accanto alle esperienze di ricerca, documentazione e comunicazione, il sistema nazionale di catalogazione definisce un livello istituzionale distinto e necessario. L'Istituto centrale per il catalogo e la documentazione (ICCD) stabilisce standard, strutture dei dati, vocabolari e procedure finalizzati all'omogeneità e alla condivisione delle informazioni sul patrimonio (ICCD, s.d.-d; Negri, 2016). In questo quadro, il MODI – Modulo informativo supporta attività di censimento e segnalazione, la Scheda A è destinata alla catalogazione dei beni architettonici immobili e SIGECweb costituisce l'ambiente istituzionale di gestione del processo catalografico (ICCD, s.d.-b, s.d.-c, s.d.-d). Il confronto verifica la compatibilità dei nuclei informativi della ricerca con il quadro nazionale senza assimilare il modello specialistico agli strumenti catalografici.

L'esperienza di Costellazione XX rende operativa, alla scala regionale, la relazione tra censimento, schedatura istituzionale e rappresentazione geografica. Il progetto ha associato alla ricognizione dei manufatti della Seconda guerra mondiale in Sardegna la compilazione mediante MODI di una selezione di opere, con il supporto delle Soprintendenze competenti, e l'organizzazione dei dati in ambiente GIS (Istituto Italiano dei Castelli – Sezione Sardegna, s.d.). La presenza nel gruppo di studiosi già coinvolti nella Linea Galla Placidia segnala una continuità metodologica, adattata a un sistema difensivo caratterizzato da aggregazioni territoriali e tattiche più articolate.

Nel caso sardo, questa traiettoria era stata avviata con un primo repertorio digitale delle architetture militari della Seconda guerra mondiale nel territorio di Cagliari, nel quale cartografia georeferenziata, fonti archivistiche, rilievo e confronto tipologico concorrevano alla costruzione di un modello grafico aggiornabile (Pirinu, Martínez-Medina, & Paba, 2022). Il successivo ampliamento alla scala dell'isola ha trasformato il repertorio in una struttura geospaziale estesa, presentata in una fase di sviluppo come riferita a circa 1.800 opere (Sanna et al., 2025). L'affinamento del censimento consente oggi di distinguere la consistenza più controllata di circa 1.250 bunker predisposti per ospitare almeno un'arma dalla stima complessiva di circa 1.800 architetture difensive, comprendente anche osservatori, ricoveri, gallerie e altri dispositivi complementari.

Su questa base, il quadro regionale (fig. 2) è articolato in otto macroaree o sistemi territoriali principali e venti settori difensivi, cui si aggiungono quadri complementari relativi ai presidi interni, agli sbarramenti isolati, alla protezione passiva e agli ambiti caratterizzati da una documentazione più discontinua.

Il grado di approfondimento non è uniforme. Il Golfo di Cagliari costituisce il caso guida della ricerca (fig. 3) ed è suddiviso nei quattro settori di Quartu Sant'Elena, Cagliari, Capoterra e Pula: in questo ambito è stata applicata la filiera conoscitiva più completa, con particolare intensità nei settori di Cagliari, Quartu Sant'Elena e Capoterra e con un approfondimento più selettivo nel settore di Pula. Al di fuori del caso principale, Bosa è stata oggetto del più consistente approfondimento diretto, attraverso rilievi integrati e restituzioni dedicate (Pirinu et al., 2021); verifiche documentarie,

cartografiche e territoriali hanno inoltre interessato il sistema Oristano–Arborea, mentre ad Alghero–Porto Ferro sono stati condotti ricognizioni e rilievi puntuali.

Queste differenze configurano livelli diseguali di approfondimento, non una gerarchia automatica di validità fra i settori: il quadro regionale garantisce una copertura estensiva del fenomeno, costruita mediante combinazioni differenti di fonti, ricognizioni e verifiche sul terreno.

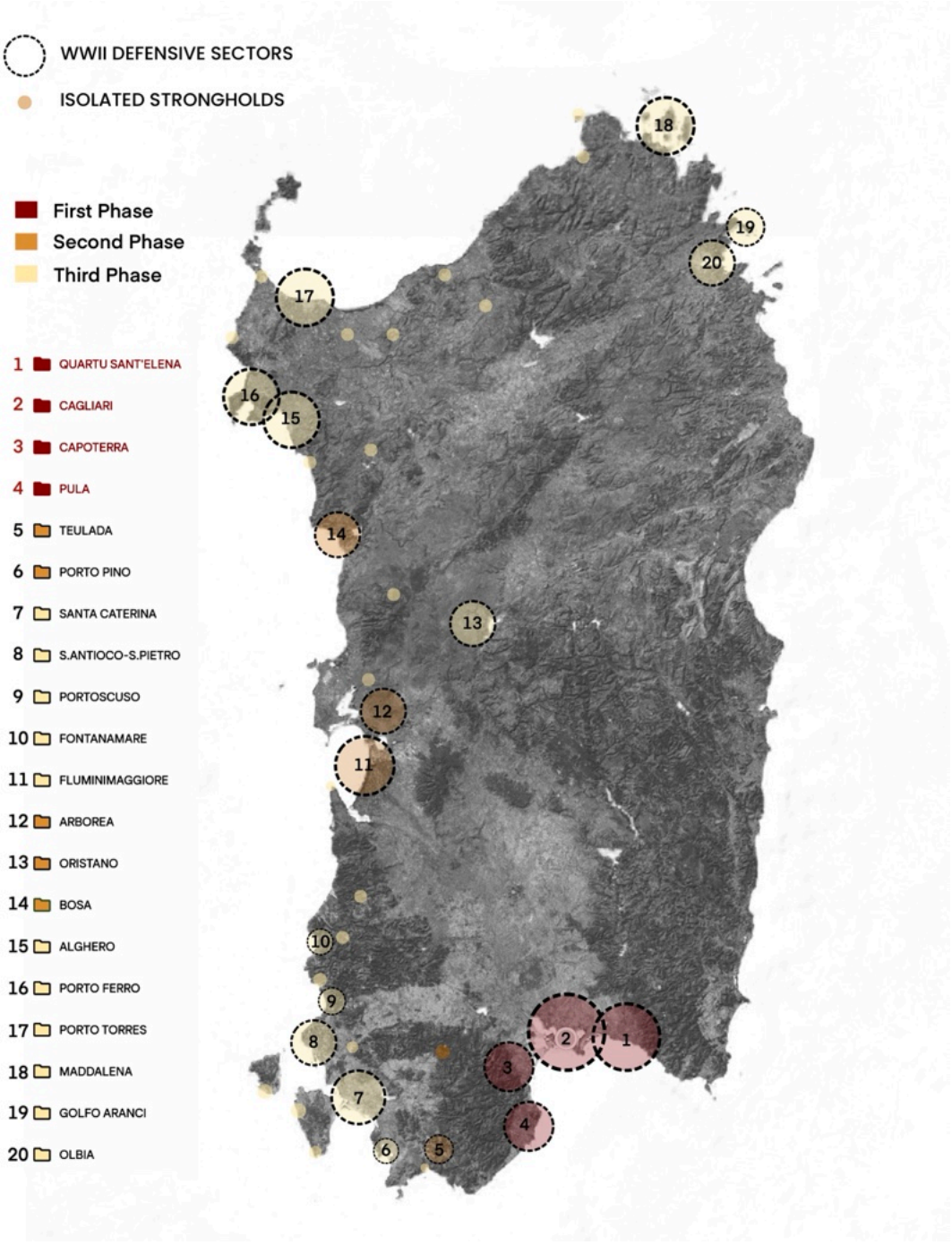


Fig. 2 — Estensione territoriale della banca dati georeferenziata: articolazione dei settori difensivi della Sardegna. Elaborazione dell'autore.

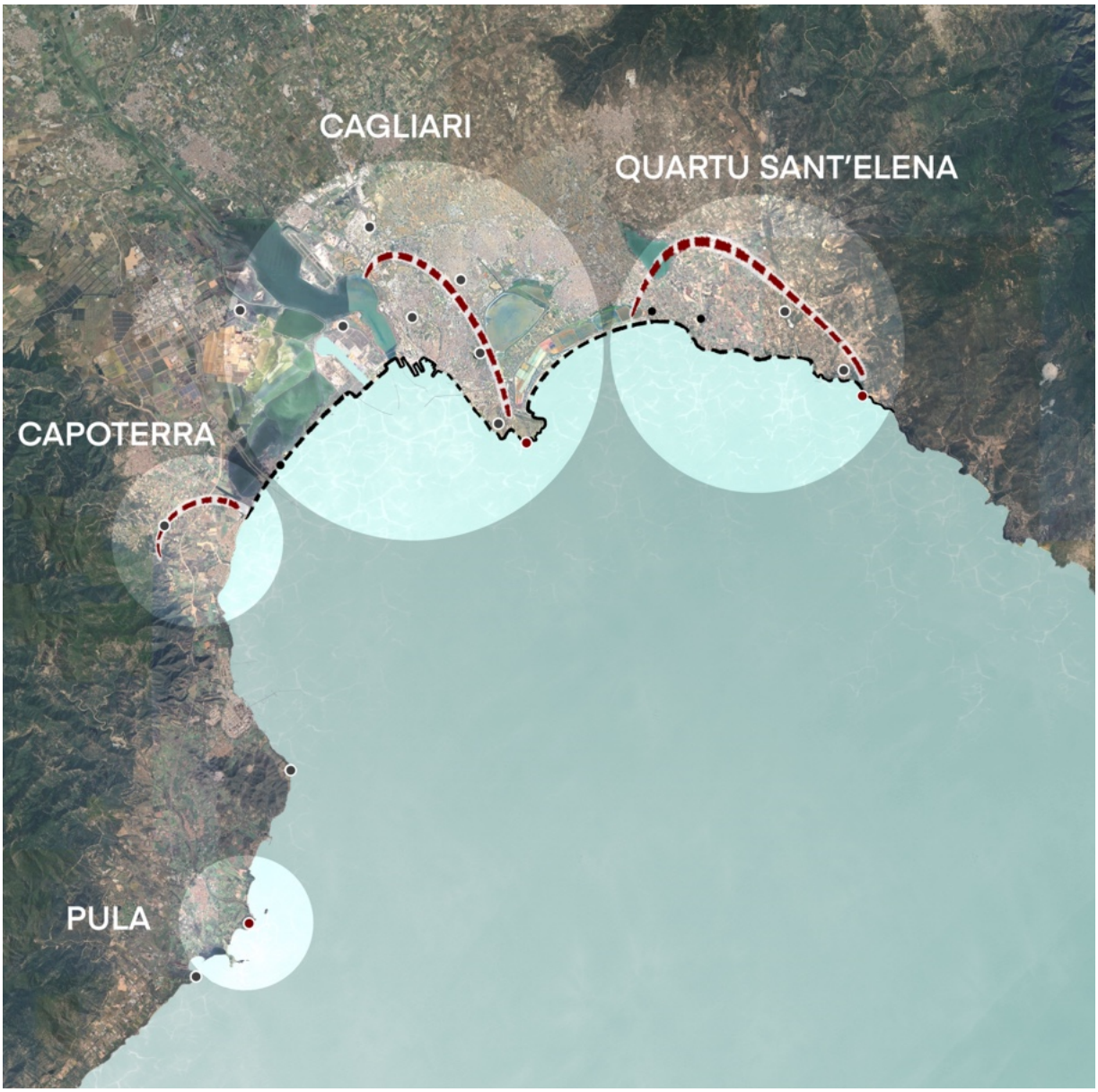


Fig. 3 — Approfondimento della macroarea del Golfo di Cagliari quale ambito principale della ricerca. Elaborazione dell'autore.

La presente ricerca consolida tale evoluzione, formalizzando il rapporto tra inventariazione, organizzazione gerarchico-relazionale, implementazione geografica e protocollo di rappresentazione.
Il modello condivide con gli standard ICCD numerosi nuclei informativi e può alimentare future attività di schedatura attraverso una mappatura controllata dei campi. Mantiene tuttavia l'autonomia necessaria a rappresentare gerarchie difensive, relazioni tattiche e territoriali, classificazioni specialistiche, elementi strategici, fonti, livelli di affidabilità, documentazione multiscalare e analisi GIS. Normalizzazione istituzionale del bene culturale e interpretazione architettonico-territoriale del dispositivo operano così su piani complementari. La banca dati sviluppata per le architetture difensive della Seconda guerra mondiale in Sardegna assume le funzioni consolidate dell'inventariazione digitale — localizzazione, interrogazione, confronto e visualizzazione — e le riorganizza entro una

struttura territoriale specifica. Il censimento diventa in questo modo un inventario interrogabile, predisposto per le successive analisi spaziali, tipologiche e grafico-rappresentative.

2.1.1 — Dal censimento all'inventario territoriale interrogabile

Il primo passaggio metodologico consiste nella trasformazione del censimento in inventario territoriale. Il censimento individua, localizza e registra sistematicamente le presenze difensive; l'inventariazione le organizza in unità identificabili e comparabili, attribuendo codici, appartenenze territoriali e relazioni controllate. Il patrimonio non viene così descritto soltanto attraverso la quantità delle opere riconosciute, ma in rapporto alla loro distribuzione, cooperazione e specializzazione entro contesti morfologici e insediativi differenti (Myers & Hansen, 2024). L'inventario territoriale costituisce un primo livello di formalizzazione. Ogni manufatto viene associato alla propria appartenenza sistemica e a un nucleo controllato di attributi descrittivi, funzionali e documentari. La georeferenziazione fornisce l'ancoraggio spaziale del record: coordinate, codice identificativo, relazioni gerarchiche e attributi normalizzati rendono l'oggetto interrogabile e confrontabile.

Il passaggio dal censimento al sistema informativo territoriale comprende piani distinti e coordinati. Censimento e inventariazione costruiscono la base conoscitiva; modello informativo e modello dati ne definiscono l'architettura; banca dati e GIS ne implementano operativamente alcune componenti; schede, KML e mappe costituiscono output calibrati su specifiche modalità di consultazione e restituzione (tab. 1).

Piano	Funzione	Esito o manifestazione operativa
Censimento	Individuazione, geolocalizzazione preliminare e prima registrazione delle presenze difensive	Elenco controllato delle opere note, rintracciate, segnalate o documentate
Inventariazione	Identificazione delle unità, attribuzione dei codici e organizzazione delle appartenenze territoriali e sistemiche	Inventario territoriale georeferenziato e record inventariali
Modello informativo e modello dati	Definizione di entità, gerarchie, campi, attributi, relazioni, valori ammessi e regole di controllo	Struttura gerarchico-relazionale A–F, sezione normativa G e sistemi complementari Δ e Σ
Implementazione operativa	Popolamento dei record, associazione alle geometrie e organizzazione della componente geografica	Banca dati georeferenziata parzialmente implementata e ambiente GIS
Restituzione e consultazione	Selezione e rappresentazione delle informazioni in rapporto a finalità differenti	Scheda estesa, scheda minima, placemark KML, visualizzazioni in Google Earth, mappe ed elaborati derivati

Tab. 1 — Dal censimento al sistema informativo territoriale. La tabella distingue i processi di acquisizione e inventariazione, la formalizzazione del modello, la sua implementazione operativa e i principali output di restituzione e consultazione. Elaborazione dell'autore.

L'inventario opera pertanto come base conoscitiva attiva: sostiene la selezione dei casi studio, il riconoscimento dei sottosistemi, il confronto tipologico e la distinzione tra permanenze, lacune e differenti condizioni di verificabilità. Il passaggio successivo consiste nel tradurre questa base territoriale in una struttura stabile, capace di accogliere livelli progressivi di approfondimento senza compromettere la comparabilità dei record.

2.1.2 — La struttura gerarchica e relazionale

Il modello dati adotta una struttura gerarchico-relazionale per rappresentare un sistema difensivo distribuito su più scale. L'inventariazione colloca il manufatto entro una sequenza ordinata di livelli — macroarea, settore difensivo (fig. 4), raggruppamento e oggetto inventariato — ai quali associa attributi specialistici, regole di compilazione, elementi strategici e documentazione. Il termine relazionale qualifica qui la logica scientifica e territoriale del modello e non implica la piena implementazione della banca dati in uno specifico DBMS relazionale.

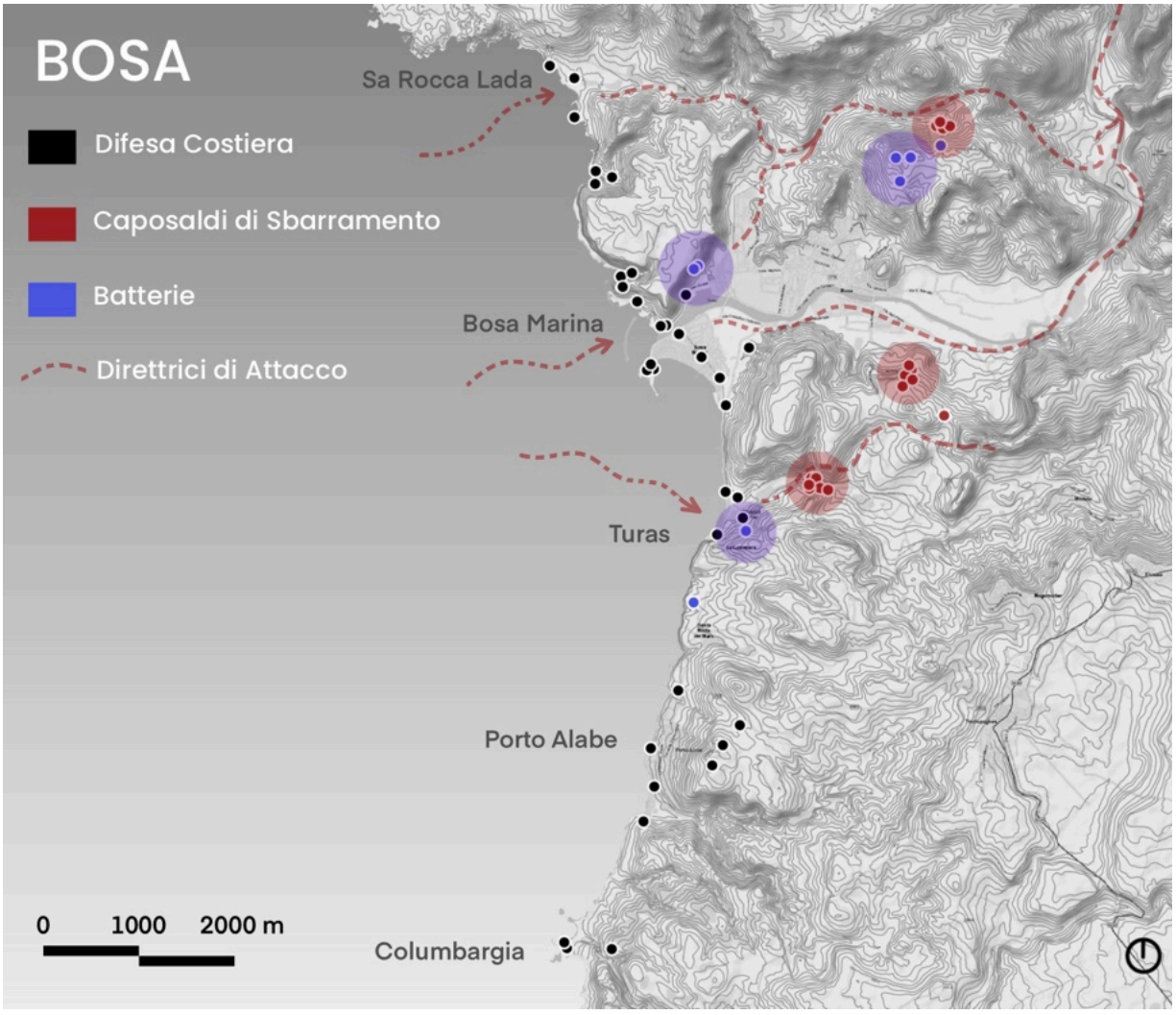


Fig. 4 — Visualizzazione grafica del settore di Bosa, immagine esempio di rappresentazione del territorio all'interno del Database delle Architetture difensive della Seconda guerra mondiale della Sardegna. Elaborazione grafica dell'autore.

La gerarchia non svolge una funzione esclusivamente classificatoria, ma rende esplicito il rapporto tra parte e insieme. Un bunker appartenente a un caposaldo dell'arco di contenimento, una postazione inserita nella rete difensiva costiera, una piazzola compresa in una batteria e un'opera collocata presso uno sbarramento possono presentare caratteri materiali analoghi ma assumere ruoli diversi nel dispositivo. Il modello registra quindi sia la natura dell'oggetto sia la posizione occupata nella struttura difensiva.

Il modello dati definisce campi, relazioni, valori ammessi e regole; il record ne costituisce l'applicazione a una specifica unità. La struttura comune può accogliere livelli differenti di completezza purché distingua le informazioni disponibili da quelle non determinabili, non applicabili o ancora da verificare. La comparabilità dipende dalla coerenza della compilazione, non dalla disponibilità uniforme di ogni dato.

I settori della Sardegna non presentano la medesima densità fortificatoria, lo stesso grado di conservazione né una disponibilità equivalente di fonti. Alcuni contesti restituiscono sistemi complessi nei quali cooperano reti costiere, capisaldi, batterie e dispositivi specialistici; altri mostrano assetti parziali o documentariamente meno approfonditi. Una matrice comune di identificazione e descrizione permette di confrontare tali differenze senza neutralizzarle. La tenuta metodologica deriva dalla stabilità dei codici, dalla presenza di campi minimi, dall'uso di vocabolari controllati, dalla tracciabilità delle fonti e dalla qualificazione dello statuto conoscitivo delle informazioni. Nuovi dati possono così accrescere la profondità del sistema senza produrre un'omogeneità artificiale né modificare retroattivamente l'identità degli oggetti già inventariati.

2.1.3 — Banca dati georeferenziata, GIS e ricomposizione sistemica del patrimonio difensivo

La componente geografica è strutturale al sistema informativo, ma non coincide con il modello nel suo complesso. Il modello informativo stabilisce unità, gerarchie, attributi, relazioni e regole; il modello dati ne formalizza l'architettura logica; la banca dati georeferenziata associa record, geometrie e coordinate; il GIS organizza, verifica, interroga, analizza e rappresenta la componente spaziale. Il GIS non interviene quindi come semplice supporto cartografico conclusivo e non sostituisce il modello scientifico che ne orienta l'impiego.

La relazione tra banca dati e GIS collega la descrizione alfanumerica alla lettura territoriale. Gli attributi acquistano capacità analitica quando vengono interrogati in rapporto alla posizione, permettendo di verificare distribuzioni, relazioni di prossimità, ricorrenze tipologiche e rapporti con morfologia, infrastrutture e obiettivi strategici. Il GIS opera, pertanto, come ambiente di controllo della coerenza spaziale e come base delle successive analisi territoriali e rappresentazioni tematiche. Non tutte le componenti del modello sono integralmente implementate nel medesimo ambiente. L'attuale banca dati realizza operativamente record, localizzazioni, geometrie e gerarchie territoriali, mentre ulteriori attributi e relazioni restano predisposti per uno sviluppo tecnico successivo. Il KML costituisce un formato derivato di scambio e visualizzazione: supporta il controllo delle localizzazioni e la consultazione sintetica in Google Earth, ma non contiene l'intera architettura del modello e non sostituisce la gestione strutturata dei record.

L'architettura informativa coordina la gerarchia primaria A–F, le regole di compilazione G e i sistemi complementari Δ e Σ. Il quadro Δ registra gli elementi strategici territoriali necessari a interpretare la disposizione delle difese senza introdurli nella gerarchia inventariale; Σ collega record e unità territoriali alla documentazione cartografica, fotografica, testuale, metrica, tridimensionale e grafico-

rappresentativa. Identificativi e metadati mantengono distinti attributi sintetici e apparati documentari, rendendoli reciprocamente accessibili.
Il singolo oggetto viene così collegato al raggruppamento, al settore e alla macroarea di appartenenza, agli elementi strategici che ne spiegano la disposizione e alle evidenze documentarie che ne sostengono identificazione e interpretazione. Il sistema informativo ricompone una rete interrogabile di relazioni territoriali, funzionali, tipologiche e documentarie, entro la quale il manufatto può essere letto come parte costitutiva del paesaggio militare (fig. 5).

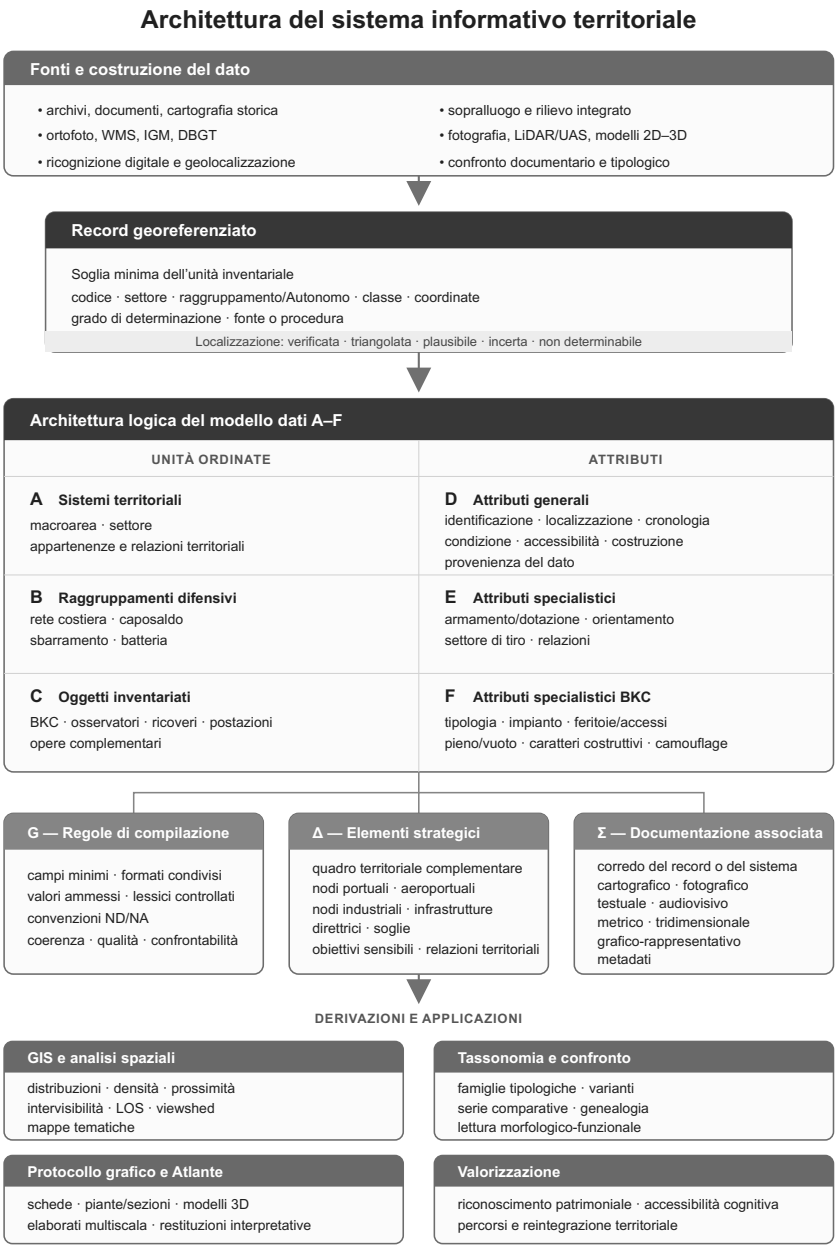


Fig. 5 — Architettura del sistema informativo territoriale: relazione tra fonti, record inventariale, modello dati gerarchico-relazionale A–F, regole di compilazione G, sistemi complementari Δ e Σ, implementazione geografica e principali applicazioni analitiche, rappresentative e operative. Elaborazione dell'autore.

2.2 — Fonti, ricognizione e costruzione del dato georeferenziato

La costruzione del dato georeferenziato costituisce il primo passaggio operativo attraverso cui la banca dati assume consistenza territoriale. Prima della classificazione tipologica e della strutturazione degli attributi, ogni manufatto deve essere individuato, distinto come oggetto inventariabile e associato a una posizione sufficientemente fondata. La georeferenziazione non coincide pertanto con la semplice indicazione di un luogo o con l'attribuzione isolata di una coordinata: è l'esito di una procedura critica nella quale fonti documentarie, cartografie, fotografie aeree, ricognizione digitale e verifica sul terreno concorrono a definire la posizione dell'unità inventariata e il relativo grado di determinazione.

La natura del patrimonio difensivo sardo rende necessaria una procedura differenziata. Alcune opere sono ancora visibili e direttamente accessibili; altre risultano interrate, inglobate, alterate, nascoste dalla vegetazione o documentate soltanto attraverso tracce e fonti storiche. Anche la densità delle informazioni varia fra i settori: nel Golfo di Cagliari è stato possibile integrare sistematicamente documentazione, ricognizione digitale e sopralluogo, mentre in altre aree regionali la costruzione del dato si fonda soprattutto sulla convergenza fra evidenze archivistiche, cartografiche e aerofotografiche. La sequenza operativa non è quindi rigidamente lineare, ma procede per verifiche e correzioni successive, mantenendo espliciti i margini di incertezza.

2.2.1 — Fonti archivistiche, cartografiche, aerofotografiche e ricognitive

Le fonti impiegate nella costruzione della banca dati non svolgono una funzione esclusivamente documentaria. Possono attestare l'esistenza di un'opera, circoscriverne l'area, orientarne la ricerca, precisarne la posizione o correggere una precedente attribuzione. Altre informazioni — denominazione storica, cronologia, funzione, armamento, trasformazioni o perdita materiale — integrano la scheda inventariale senza produrre necessariamente una localizzazione autonoma. Il valore della fonte dipende dunque dalla funzione che assume nel processo di individuazione e verifica, non dalla sola quantità delle informazioni contenute.

Il corpus utilizzato comprende documentazione archivistica, cartografie militari, fotografie aeree e ortofoto storiche e contemporanee, elaborati progettuali, rilievi tecnici, fotografie storiche, repertori bibliografici e fonti ricognitive. Questi materiali operano a scale e con precisioni differenti. Le cartografie permettono di riconoscere configurazioni territoriali e posizioni preliminari; le serie aerofotografiche consentono confronti diacronici; rilievi, fotografie ed elaborati tecnici precisano la consistenza di singoli manufatti o nuclei specialistici; repertori e segnalazioni orientano la ricerca, ma richiedono un controllo ulteriore prima dell'inserimento nella banca dati.

Tra i nuclei documentari principali, l'Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito (AUSSME) ha fornito le cartografie progettuali e operative del periodo bellico e le carte del censimento postbellico del 1948, determinanti soprattutto per la ricostruzione dei settori di Cagliari, Quartu Sant'Elena e Capoterra. Le prime descrivono l'assetto previsto o in corso di attuazione; le seconde registrano, pochi anni dopo il conflitto, opere allora riconosciute, classificazioni e direzioni di tiro. La loro diversa cronologia impone di distinguere intenzione progettuale, consistenza postbellica documentata e permanenza attuale (Genio Militare, 1948). A questo nucleo si affianca la documentazione del XIV Reparto Infrastrutture di Cagliari, particolarmente utile per approfondire caratteri tipologici e costruttivi, elaborati progettuali, rilievi, fotografie storiche e casi demoliti o trasformati. L'Ufficio Storico della Marina Militare, l'Istituto Storico e di Cultura dell'Arma del Genio,

l'Istituto Luce, il Bundesarchiv, i fondi privati e gli archivi digitali integrano il quadro con peso differenziato. La gerarchia delle fonti non è quindi assoluta: varia in relazione al dato da determinare e alla possibilità di confrontarlo con evidenze indipendenti.

Le prime sperimentazioni sul repertorio digitale sardo hanno messo in relazione la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, la cartografia militare, le serie aerofotografiche e le basi territoriali contemporanee per individuare le opere, orientare i sopralluoghi e selezionare i casi di approfondimento (Pirinu, Martínez-Medina, & Paba, 2022). La fonte storica non viene trasferita automaticamente nella banca dati: diventa operativa quando è confrontata con il territorio attuale e quando corrispondenze, scarti e permanenze sono registrati in modo controllabile.

2.2.2 — Cartografia storica e stralci IGM 1:25.000 come matrice di localizzazione preliminare

Nel processo di costruzione del dato georeferenziato, le carte IGM in scala 1:25.000 relative al censimento postbellico del 1948 costituiscono una matrice privilegiata per l'avvio della ricognizione nei settori maggiormente documentati. Su una base topografica territorialmente coerente sono riportate indicazioni relative alle opere difensive, alle numerazioni, alle classificazioni e, in diversi casi alle direzioni di tiro. La carta consente così di riconoscere distribuzioni, sequenze e relazioni tra manufatti prima della verifica della loro posizione attuale.

Il documento non restituisce tuttavia una geometria esatta e direttamente trasferibile nel GIS. Il segno può essere semplificato, generalizzato o lievemente traslato in rapporto alla scala; la simbologia privilegia le opere di combattimento e alcuni dispositivi maggiori, mentre registra in modo discontinuo trincee, camminamenti, ricoveri, strutture logistiche e componenti minute. Anche le batterie possono essere rappresentate sinteticamente, senza rendere l'articolazione fra piazzole, osservatori, ricoveri e apparati di servizio.

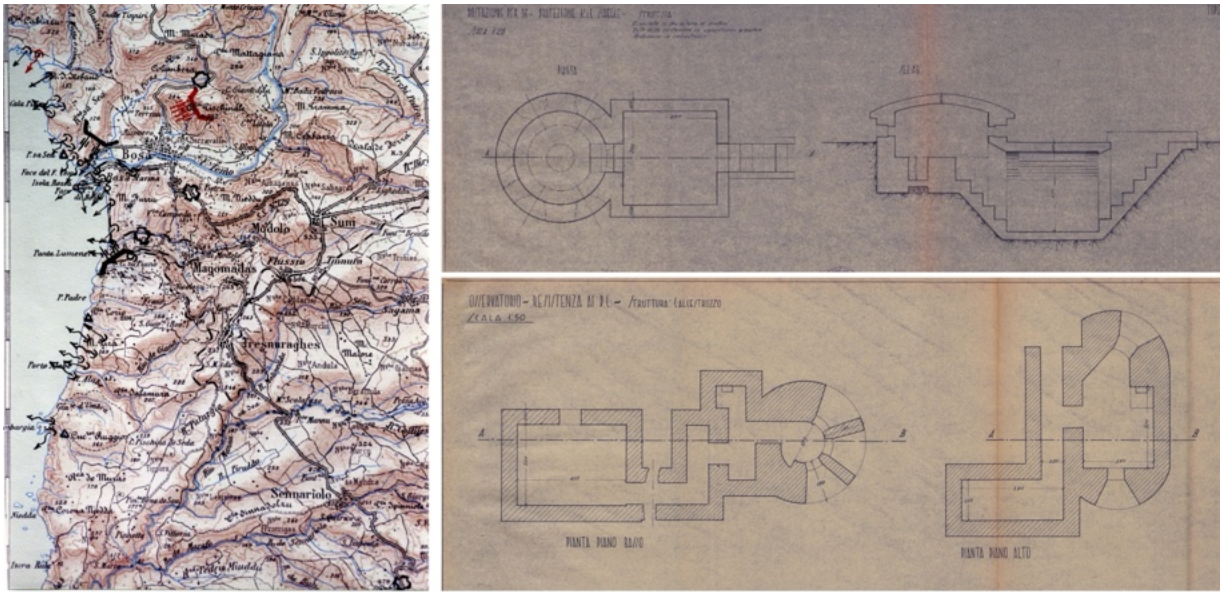


Fig. 6 — Fonti cartografiche e tipologiche per il censimento del settore di Bosa. A sinistra, cartografia militare su base IGM del 1941–1943, nella quale i capisaldi di sbarramento sono indicati mediante simboli sintetici senza la localizzazione delle singole postazioni; a destra, rilievi tipologici redatti durante il censimento del 1948, impiegati come termini di comparazione per l'identificazione dei manufatti. Elaborazione dell'autore su documentazione storica.

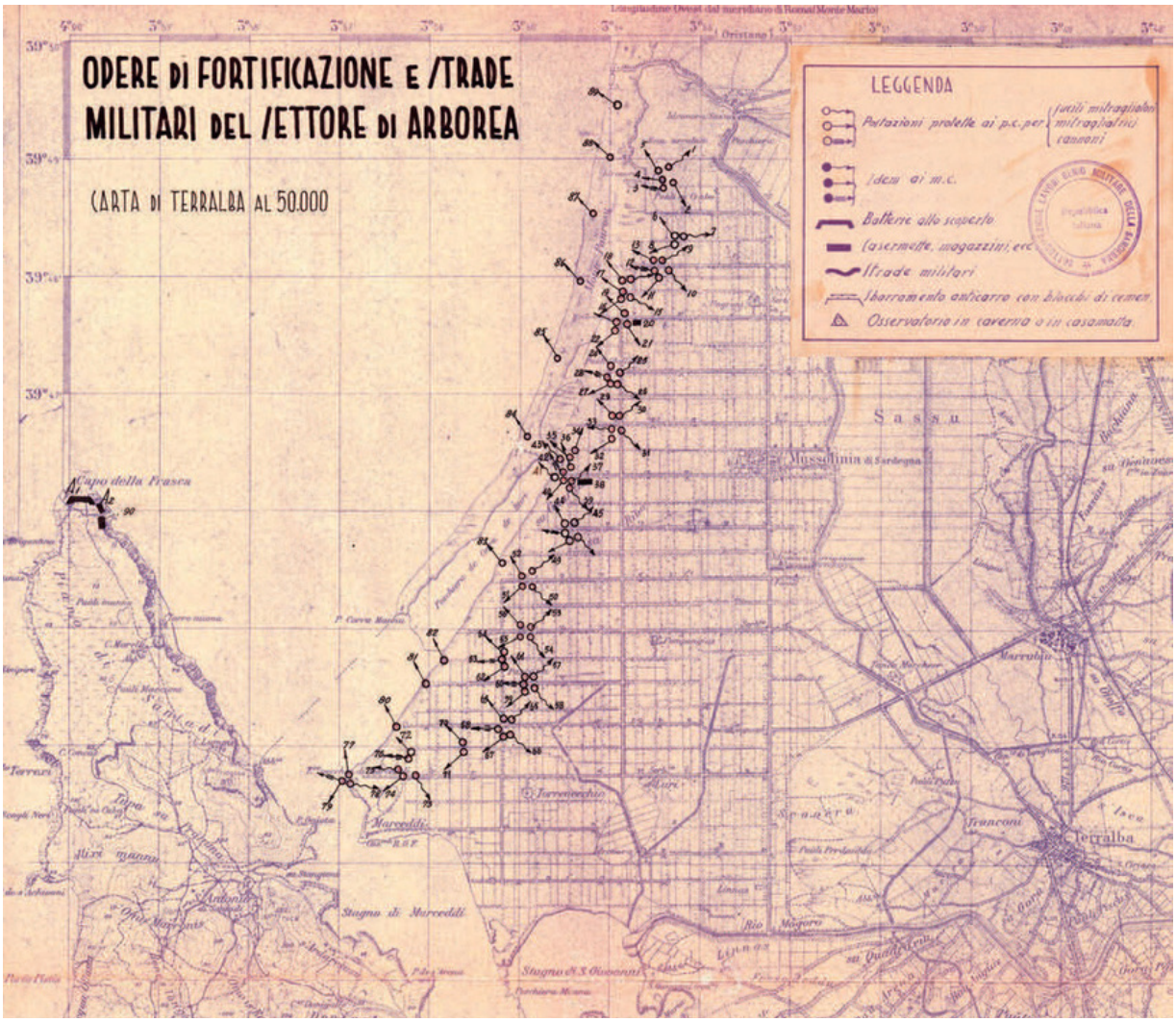


Fig. 7 — Opere di fortificazione e strade militari nel settore di Arborea. Carta in scala 1:50.000 redatta nell'ambito del censimento del 1948, con localizzazione puntuale delle postazioni e relativa legenda; la documentazione costituisce una fonte guida per la ricognizione territoriale e la verifica del censimento. Fonte: documentazione del censimento militare del 1948.

Il valore di queste carte consiste quindi nella possibilità di passare dalla conoscenza generale del sistema a un primo quadro spaziale delle presenze. Numerazioni, segni convenzionali e riferimenti topografici permettono di circoscrivere le aree di ricerca e di formulare ipotesi di posizione; non autorizzano, da soli, la creazione di coordinate definitive. Il confronto con ortofoto, immagini satellitari, aerofotografie storiche, morfologia e stato attuale dei luoghi trasforma progressivamente il segno cartografico in un dato di localizzazione verificabile.

Le cartografie progettuali del 1941–43 (fig. 6) svolgono una funzione diversa. Esse documentano l'organizzazione prevista del dispositivo e possono includere opere ultimate, non ultimate o mai realizzate; il censimento del 1948 (fig. 7) registra invece una consistenza postbellica riconosciuta, senza coincidere necessariamente con l'intero patrimonio costruito. Il confronto fra i due livelli consente di distinguere progetto, realizzazione attestata e perdita successiva, evitando di assimilare automaticamente ogni simbolo storico a un manufatto materialmente presente.

2.2.3 — Ricognizione digitale, confronto territoriale e geolocalizzazione a distanza

La ricognizione digitale costituisce il passaggio intermedio tra la segnalazione documentaria e l'eventuale verifica sul terreno. Il confronto (fig. 8) fra cartografia storica, ortofoto regionali, fotografie aeree, immagini satellitari, cronologie di Google Earth e basi topografiche contemporanee permette di circoscrivere una posizione, verificarne la coerenza e riconoscere trasformazioni intervenute nel tempo. Il territorio viene osservato attraverso tracce planimetriche, masse emergenti, ombre, affioramenti, anomalie della vegetazione, discontinuità nel tessuto agricolo e rapporti con strade, canali, rilievi e margini costieri ancora identificabili. Questa comparazione può confermare una posizione indicata dalle fonti, correggere uno scarto, distinguere manufatti prossimi o escludere corrispondenze improprie. Può inoltre documentare la scomparsa di un'opera in seguito a urbanizzazione, attività di cava, trasformazioni agricole o nuove infrastrutture. L'osservazione remota non produce quindi un dato automaticamente certo: costruisce un'ipotesi di posizione la cui solidità dipende dalla convergenza delle evidenze, dalla leggibilità dell'oggetto e dalla risoluzione delle immagini disponibili.

Un precedente operativo significativo è rappresentato dal caso di Molentargius-Saline, nel quale cartografia militare, rilievo aerofotogrammetrico recente e immagine aerea contemporanea sono stati sovrapposti per verificare la posizione delle opere e la permanenza dei principali riferimenti territoriali (Pirinu, Martínez-Medina, & Paba, 2022). Margini lagunari, canali, assi viari e soglie di accesso hanno fornito punti di controllo per trasferire la segnalazione storica nel quadro geografico attuale, senza assumere una corrispondenza geometrica automatica fra i diversi supporti.

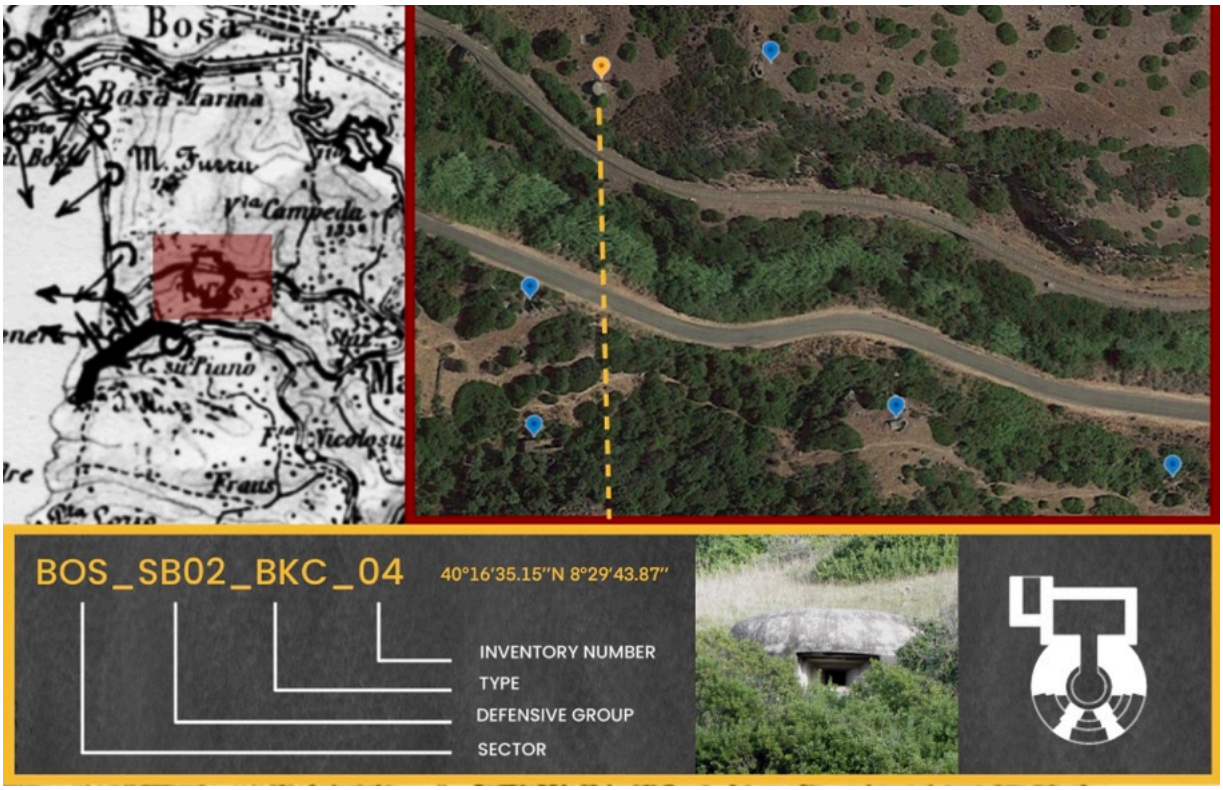


Fig. 8 — Processo di costruzione del dato inventariale nel caso dello sbarramento di Turras, lungo la strada Bosa–Turras: dettaglio della cartografia progettuale in alto a sinistra, localizzazione delle postazioni mediante ricognizione digitale in Google Earth in alto a destra e registrazione dell'oggetto inventariato attraverso settore, raggruppamento difensivo, tipologia e numero progressivo in basso. Elaborazione dell'autore.

Alla scala regionale, la geolocalizzazione a distanza ha consentito di estendere la ricognizione a settori nei quali il sopralluogo non poteva essere condotto con la stessa sistematicità del Golfo di Cagliari (fig. 9). La procedura permette di registrare una posizione attendibile anche in assenza di accesso diretto, ma non consente di attribuire lo stesso grado di certezza alla consistenza materiale, all'accessibilità, allo stato conservativo o agli elementi architettonici minuti.

Il limite principale riguarda le opere scarsamente emergenti o prive di una forma riconoscibile nelle immagini. Trincee, apprestamenti in terra, camminamenti interrati, bunker in barbetta, piccoli manufatti di servizio, piazzole alterate e strutture inglobate possono risultare invisibili o ambiguamente interpretabili. In tali casi, la ricognizione digitale mantiene aperta l'ipotesi, ne circoscrive l'area e indica la necessità di ulteriori riscontri, senza trasformare l'assenza di visibilità in prova di assenza materiale.

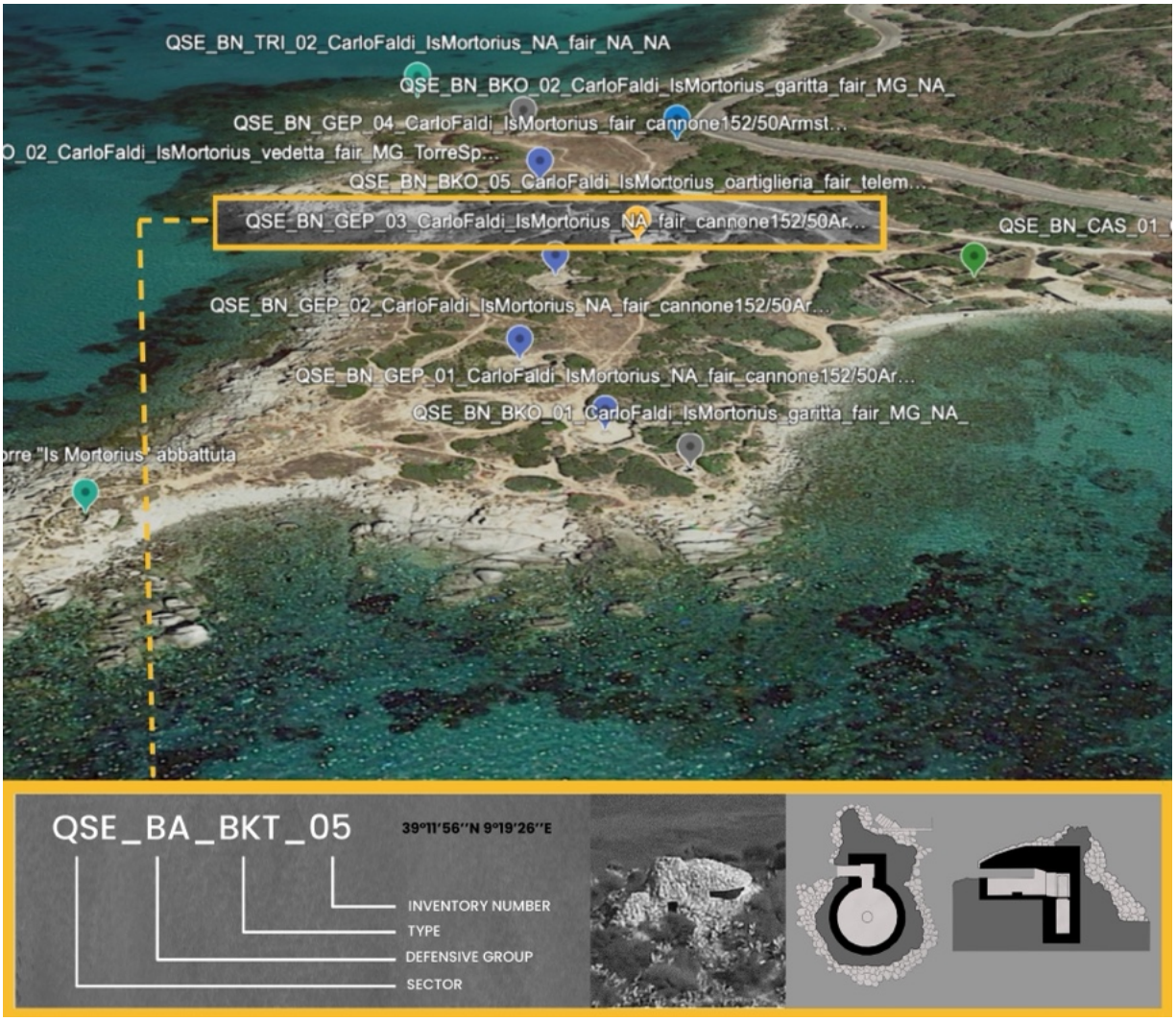


Fig. 9 — Prototipo operativo di visualizzazione georeferenziata del censimento: ambiente Google Earth con localizzazione dei manufatti e stringhe sintetiche associate ai singoli bunker; in basso, scheda minima aggiornata del telemetro. L'immagine documenta una fase preliminare di sviluppo dell'interfaccia. Elaborazione dell'autore.

2.2.4 — Sopralluogo, verifica diretta e consolidamento del dato spaziale

Il sopralluogo (fig. 10) verifica direttamente la presenza e la posizione del manufatto, ne riconosce la consistenza materiale osservabile e ne registra accessibilità, leggibilità e rapporto con il suolo. Permette di distinguere un'opera integra da una struttura parzialmente superstite, inglobata, trasformata o ridotta a traccia; può inoltre correggere una posizione dedotta da immagini o cartografie e documentare elementi non visibili a distanza. La verifica resta circoscritta agli aspetti effettivamente osservati e non conferma automaticamente cronologia, funzione, armamento o attribuzione tipologica, che continuano a dipendere dalle fonti e dal confronto critico.



Fig. 10 — Operazioni di verifica e documentazione del manufatto localizzato: acquisizione LiDAR mediante dispositivo mobile in alto a sinistra, misurazione diretta di elementi di dettaglio in alto a destra e documentazione fotografica del paesaggio osservato dalla postazione in basso. Fotografie di Gabriella Serri e dell'autore.

Nel Golfo di Cagliari è stato possibile applicare la filiera più completa. La documentazione storica e cartografica ha fornito la prima matrice di individuazione; repertori e ricognizioni precedenti hanno permesso di confrontare nomenclature e numerazioni; la lettura digitale ha precisato le ipotesi di posizione; il sopralluogo ha verificato direttamente numerosi manufatti e il loro ancoraggio spaziale. L'unità inventariata deriva quindi dalla convergenza fra evidenza documentaria, confronto territoriale, osservazione remota e riscontro materiale, non da una singola fonte assunta come autosufficiente.

La verifica diretta aumenta la profondità delle informazioni disponibili, ma non costituisce una condizione indispensabile per ogni inserimento. Una localizzazione sostenuta da più fonti coerenti può raggiungere la soglia necessaria all'inventariazione anche quando il manufatto non è accessibile o non è più materialmente leggibile. In questi casi devono rimanere espliciti il procedimento seguito, le evidenze impiegate e il grado di determinazione assegnato alla posizione.

La diversa estensione dei sopralluoghi produce pertanto livelli diseguali di approfondimento, non una gerarchia automatica di validità fra i settori. Il Golfo di Cagliari offre una base intensiva, verificata in larga parte sul terreno; il quadro regionale garantisce una copertura estensiva costruita attraverso combinazioni differenti di fonti e ricognizioni. La qualificazione di questa differenza appartiene al record inventariale e impedisce che la precisione apparente della coordinata nasconda procedure di acquisizione non equivalenti.

2.2.5 — Georeferenziazione e soglia minima di inventariazione

La geolocalizzazione individua o stima la posizione dell'opera; la georeferenziazione formalizza tale posizione mediante coordinate associate a un sistema di riferimento spaziale. Nella banca dati, latitudine e longitudine sono registrate in formato decimale WGS84. La coordinata costituisce quindi l'esito sintetico di un processo che deve rimanere ricostruibile attraverso l'indicazione delle fonti, del metodo di individuazione, dell'eventuale verifica sul terreno e del margine di approssimazione. Questa distinzione consente di sovrapporre e confrontare dati eterogenei senza attribuire a ogni punto la medesima precisione.

L'ingresso di un elemento nell'inventario richiede una soglia minima di determinazione. L'oggetto deve essere distinguibile come unità, associato a un codice, ricondotto a un settore e a un raggruppamento o a una condizione sistemica coerente, e collegato a una posizione espressa mediante coordinate. La soglia separa il record inventariale dalla segnalazione generica, ma non implica la compilazione immediata di tutti gli attributi. Le condizioni formali e i campi minimi sono precisati nelle regole di compilazione del modello dati; in questa sede rileva il principio secondo cui ogni localizzazione deve essere esplicita, controllabile e aggiornabile.

La banca dati distingue cinque gradi di determinazione della localizzazione. La localizzazione verificata deriva dal riscontro diretto del manufatto e dal controllo della sua posizione. La localizzazione triangolata è ottenuta attraverso la convergenza coerente di più fonti documentarie, cartografiche, aerofotografiche o ricognitive, in assenza di una verifica diretta conclusiva. La localizzazione plausibile è sostenuta da indizi concordanti che permettono di proporre una posizione attendibile, ma ancora bisognosa di conferma.

La localizzazione incerta riguarda i casi nei quali l'esistenza dell'opera è attestata o ragionevolmente sostenuta, mentre la sua collocazione può essere definita soltanto in forma approssimativa o

alternativa fra più ipotesi. La localizzazione non determinabile si applica quando le fonti attestano l'opera, il progetto o il sistema di appartenenza, ma non forniscono elementi sufficienti per associarli a una posizione attendibile. In quest'ultimo caso l'informazione rimane nel corpus documentario e può essere collegata all'unità territoriale pertinente, senza essere rappresentata come punto certo.
Questi gradi qualificano esclusivamente la determinazione della posizione. Non sostituiscono la valutazione dell'affidabilità degli altri attributi né rendono omogeneo l'intero record: un manufatto verificato sul terreno può conservare una funzione storica incerta, mentre un'opera distrutta può avere una posizione triangolata con elevata solidità. La separazione fra accuratezza spaziale, presenza materiale e qualità delle informazioni evita che una singola etichetta venga estesa impropriamente a contenuti di natura diversa.

2.2.6 — Condizione materiale, stato di realizzazione e verificabilità delle opere

La banca dati registra separatamente la condizione materiale attuale, lo stato di realizzazione storica e il grado di determinazione della localizzazione. La prima dimensione riguarda opere presenti, integre o alterate, strutture parzialmente superstiti, tracce residuali e manufatti distrutti o non più esistenti. L'accessibilità e la leggibilità costituiscono attributi ulteriori: un'opera presente può essere interdetta, inglobata o non osservabile, senza che ciò ne modifichi automaticamente la condizione materiale. Lo stato di realizzazione distingue le opere costruite da quelle progettate, avviate, incompiute o non realizzate. Le cartografie operative e i documenti di progetto possono descrivere configurazioni che non raggiunsero una consistenza materiale stabile; il censimento postbellico e le fonti ricognitive permettono di verificarne, quando possibile, l'effettiva attuazione. Un'opera non realizzata documenta comunque un'intenzione difensiva e può contribuire alla ricostruzione dell'assetto previsto, ma deve restare distinta dalle permanenze costruite e da quelle successivamente perdute.

Il grado di determinazione riguarda invece la solidità della posizione assegnata. Un manufatto distrutto può essere localizzato in modo verificato o triangolato attraverso cartografie, fotografie aeree e riscontri precedenti; un'opera ancora esistente può risultare soltanto plausibile o incerta se non è accessibile e non dispone di riferimenti sufficienti. Analogamente, la mancata visibilità nelle immagini o durante un sopralluogo non dimostra, da sola, che l'opera non sia mai stata costruita. La banca dati conserva queste differenze senza trasformarle in categorie reciprocamente esclusive.

2.3 — Dal sistema difensivo al modello territoriale

Una volta costruito e qualificato sotto il profilo spaziale, il dato deve essere ricondotto alla struttura difensiva di appartenenza. La posizione, anche quando verificata o sostenuta da evidenze convergenti, non esaurisce il significato dell'oggetto inventariato: bunker, postazioni, ricoveri, batterie e opere specialistiche acquistano piena leggibilità quando sono collegati alle unità territoriali e funzionali entro cui operavano. Il modello territoriale trasforma pertanto la localizzazione puntuale in una relazione controllata tra manufatto, raggruppamento e sistema.

La gerarchia primaria della banca dati distingue macroarea, settore difensivo, raggruppamento difensivo e oggetto inventariato. Gli attributi descrivono l'oggetto senza costituire un ulteriore livello territoriale; il quadro complementare Δ registra invece nodi strategici e infrastrutture che contribuiscono a spiegare l'organizzazione delle difese, mantenendoli esterni alla gerarchia

inventariale. La sezione definisce questi livelli e le loro relazioni; la successiva formalizzazione in blocchi, campi e regole appartiene al modello dati.

2.3.1 — Il sistema difensivo come organismo territoriale multiscalare

Il singolo manufatto costituisce l'unità materiale dell'inventario, ma non un'unità interpretativa sufficiente. Opere architettonicamente analoghe possono assumere ruoli differenti in relazione alla posizione, alla funzione assegnata e alla cooperazione con altri elementi. Un bunker appartenente a un caposaldo dell'arco di contenimento, una postazione inserita nella rete costiera, una piazzola compresa in una batteria o un'opera collocata presso uno sbarramento devono quindi conservare nel record la rispettiva appartenenza sistemica.

Questa condizione richiede una lettura multiscalare. Alla scala regionale, le architetture difensive formano un insieme di configurazioni territoriali differenziate; alla scala della macroarea, più settori possono cooperare alla protezione di uno stesso sistema costiero o di uno stesso insieme di obiettivi; alla scala del settore, il dispositivo assume un assetto specifico; alla scala del raggruppamento, le opere vengono correlate secondo una funzione locale; alla scala del manufatto, l'oggetto è identificato e descritto nella propria consistenza.

Il modello non riproduce una suddivisione amministrativa o una sequenza di località. Le unità territoriali derivano dalla relazione tra morfologia, accessi, direttrici, obiettivi sensibili e disposizione delle opere. Il territorio costituisce quindi una componente del dispositivo: contribuisce a definirne continuità, profondità e soglie operative e fornisce il criterio attraverso cui le presenze puntuali vengono ricomposte in sistemi confrontabili.

2.3.2 — Macroarea e settore difensivo

La macroarea è l'unità strategico-territoriale superiore del modello (tab. 2). Il suo riconoscimento non dipende dalla sola contiguità geografica, ma dalla cooperazione funzionale di più settori nella difesa di uno stesso golfo, specchio d'acqua, nodo infrastrutturale o insieme di obiettivi strategici. Nei casi limite può coincidere con un unico settore autonomo, purché questo presenti una configurazione autosufficiente e riconoscibile come organismo indipendente sul piano territoriale e difensivo.

Il settore difensivo costituisce l'unità territoriale interna alla macroarea e il principale riferimento geografico dell'oggetto inventariato. Corrisponde a una porzione di costa o di territorio dotata di una specifica organizzazione difensiva, riconoscibile attraverso la combinazione di rete costiera, capisaldi dell'arco di contenimento, batterie, sbarramenti e opere complementari. I settori condividono lo stesso rango, ma non sono equivalenti per estensione, densità, complessità o grado di conservazione; la loro comparabilità deriva dalla funzione occupata nella gerarchia, non da un'omogeneità quantitativa.

Cagliari, Quartu Sant'Elena, Capoterra e Pula cooperano entro la stessa macroarea: il Golfo di Cagliari (GDC) senza costituire settori simmetrici. La tabella sintetizza caratteri prevalenti e funzioni territoriali; non sostituisce l'analisi dei singoli dispositivi, sviluppata nei capitoli applicativi. Nel modello, l'appartenenza alla macroarea è ricavabile dal settore e non richiede necessariamente una nuova attribuzione autonoma per ogni record.

Macroarea	Settore	Raggruppamenti prevalenti	Funzione nel sistema
GDC	**QSE**	DC / CS / BA	Ala orientale del golfo
GDC	**CAG**	DC / CS / BA / SB	Nucleo centrale urbano-portuale
GDC	**CAP**	CS / BA	Ala occidentale del golfo
GDC	**PUL**	BA / SB	Copertura dello spazio aeronavale del golfo

Tab. 2 — Articolazione della macroarea del Golfo di Cagliari (GDC). Elaborazione dell'autore.

2.3.3 — Raggruppamenti difensivi: caposaldo, batteria, rete costiera e sbarramento

Tra settore e oggetto si colloca il raggruppamento difensivo (tab. 3; fig. 11), che registra la cooperazione locale o specialistica fra più opere. Caposaldo, batteria, rete difensiva costiera e caposaldo di sbarramento occupano la medesima posizione operativa nella codifica, ma non costituiscono unità geometricamente equivalenti: possono presentare sviluppo compatto, lineare o distribuito e rispondere a funzioni differenti.

Raggruppamento	Sigla	Definizione sintetica	Funzione
Caposaldo	**CS**	Unità tattico-territoriale composta da più opere coordinate	Difesa in profondità entro l'arco di contenimento
Batteria	**BA**	Complesso organizzato attorno a pezzi d'artiglieria o con funzione antiaerea e strutture di supporto	Difesa antinave, antiaerea o a doppio compito
Rete difensiva costiera	**DC**	Sistema lineare di opere distribuite lungo il margine litoraneo	Controllo e contrasto dello sbarco
Caposaldo di sbarramento	**SB**	Presidio fortificato disposto lungo una direttrice o una soglia territoriale	Controllo, interdizione e arresto del transito

Tab. 3 — Raggruppamenti difensivi della banca dati. Elaborazione dell'autore.



Fig. 11 — Esempi di raggruppamenti difensivi nella banca dati: in alto, batteria «Carlo Faldi»; al centro, Caposaldo 14 «Licata» a Quartu Sant'Elena; in basso, caposaldo di sbarramento di Montresta a Bosa. Fotografie di Nicola Paba e dell'autore; disegno dello sbarramento di Montresta dell'autore.

L'attribuzione **CS** rende esplicita l'appartenenza del manufatto a un caposaldo dell'arco di contenimento, che resta riconoscibile come sistema territoriale-funzionale senza costituire una voce autonoma del codice. Il caposaldo di sbarramento **SB** è invece riferito a una direttrice obbligata o a una soglia di passaggio e deve essere distinto sia dai capisaldi dell'arco sia da un semplice ostacolo viario. La batteria **BA** comprende il complesso organizzato delle postazioni d'artiglieria e delle strutture di supporto, non la singola piazzola; la rete costiera **DC** registra infine un sottosistema prevalentemente lineare che può estendersi lungo una parte ampia del settore.
Quando l'appartenenza a uno di questi raggruppamenti non è dimostrabile, il campo assume il valore controllato Autonomo. Tale condizione non definisce un ulteriore tipo di dispositivo e non interrompe l'assegnazione al settore: segnala che l'oggetto è inventariabile e territorialmente collocato, ma non può essere associato con sufficiente fondamento a un'unità intermedia.

2.3.4 — Quadro complementare, nodi strategici e funzione di Δ

La gerarchia primaria ordina le architetture difensive, ma non comprende tutti gli elementi necessari a interpretarne la disposizione. Porti, aeroporti, idroscali, nodi ferroviari, depositi, industrie, polveriere, infrastrutture tecniche e centri urbani potevano costituire obiettivi da proteggere, supporti logistici, vulnerabilità o condizioni di orientamento del dispositivo senza essere essi stessi oggetti dello stesso inventario (tab. 4). Il quadro complementare Δ registra questi elementi strategici come componente del sistema informativo, mantenendoli esterni alla gerarchia primaria. Gli elementi Δ non entrano nel codice del singolo manufatto e non sostituiscono la schedatura delle opere fortificate; possono essere collegati a macroarea e settore quando l'attribuzione è territorialmente fondata e stabiliscono relazioni interpretative con raggruppamenti e oggetti. In questo modo, la banca dati conserva la distinzione fra ciò che viene inventariato e ciò che contribuisce a spiegarne posizione, orientamento o concentrazione. Δ costituisce quindi un livello relazionale di supporto, non una seconda gerarchia di oggetti. La sua presenza permette di connettere le opere alle condizioni strategiche del territorio senza sovraccaricare il record inventariale con entità non omogenee. Le successive analisi GIS possono interrogare tali relazioni attraverso prossimità, orientamenti e altri indicatori spaziali.

ID	Elemento	Denominazione	Settore	Funzione territoriale
ES_GDC_CAG_M01	Aeroporto	Cagliari-Elmas	CAG	Nodo aeroportuale
ES_GDC_CAG_M02	Idroscalo	Elmas-See	CAG	Nodo aeroportuale e idroscalo
ES_GDC_CAG_M04	Porto	Porto di Cagliari	CAG	Nodo portuale
ES_GDC_CAP_M02	Aeroporto	Decimomannu	CAP	Nodo aeroportuale
ES_GDC_CAP_M03	Area industriale	Macchiareddu	CAP	Nodo industriale e logistico

Tab. 4 — Estratto del quadro complementare Δ per il Golfo di Cagliari. Elaborazione dell'autore.

2.3.5 — Dalla gerarchia territoriale alla collocazione del record

La collocazione territoriale del record segue una sequenza controllata: macroarea, settore difensivo, raggruppamento e oggetto inventariato. Il settore costituisce il riferimento territoriale principale; la macroarea deriva dalla sua appartenenza; il raggruppamento specifica, quando determinabile, la cooperazione locale o specialistica; l'oggetto identifica l'unità autonoma alla quale sono associati codice e attributi. La sequenza rende esplicito il rapporto fra parte e insieme senza trasformare gli attributi descrittivi in livelli spaziali. La necessità di questa organizzazione era già emersa nella sperimentazione condotta sul lago Simbirizzi, dove la costruzione della banca dati georeferenziata aveva richiesto di distinguere area di studio, sottosistemi locali, gruppi di bunker e singole opere documentate (Pirinu, Argiolas, & Paba, 2022). Il modello adottato nella presente ricerca estende tale principio alla scala regionale e ne stabilizza le unità attraverso macroaree, settori, raggruppamenti difensivi e oggetti inventariati.

La gerarchia consente una lettura reversibile (fig. 12). Dal singolo oggetto è possibile risalire al raggruppamento, al settore e alla macroarea; dalla macroarea è possibile procedere verso le articolazioni interne fino alle unità inventariate. Questa reversibilità rende confrontabili sistemi territorialmente differenti e mantiene nel record il legame con il dispositivo storico, senza sostituire l'analisi architettonica o tipologica del manufatto.

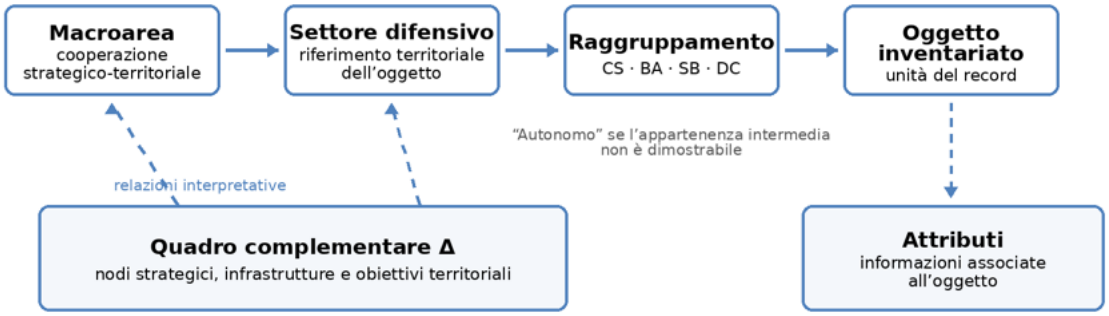


Fig. 12 — Modello territoriale e collocazione del record. La gerarchia primaria collega macroarea, settore difensivo, raggruppamento e oggetto inventariato; Δ mantiene una relazione complementare con i livelli territoriali, mentre gli attributi descrivono l'oggetto senza costituire un ulteriore livello gerarchico. Elaborazione dell'autore.

Il modello territoriale costituisce la premessa del modello dati. Definite le unità, le appartenenze e la posizione complementare di Δ, la sezione successiva formalizza tali relazioni attraverso l'architettura informativa, i blocchi A–F, le regole di controllo G, i sistemi Δ e Σ, i campi e i valori ammessi. Il passaggio non modifica la lettura territoriale, ma la traduce in una struttura compilabile, confrontabile e aggiornabile.

2.4 — Il modello informativo e la struttura gerarchico-relazionale

In questa sede, normalizzazione indica il controllo semantico e formale dei dati: stabilizzazione dei campi, coerenza dei codici e dei formati, uso di valori ammessi, vocabolari controllati e convenzioni per le informazioni mancanti o non applicabili. Il termine non coincide con le forme normali proprie della progettazione di un database relazionale. La normalizzazione adottata rende confrontabili record costruiti attraverso fonti e livelli di approfondimento differenti senza cancellarne le

discontinuità. Gerarchia, pertinenza, comparabilità e tracciabilità costituiscono pertanto i principi attraverso cui la lettura architettonico-territoriale viene trasformata in modello dati.

2.4.1 — Architettura logica: blocchi A–F, regole G, sistemi Δ e Σ

L'architettura logica del modello dati (tab. 5) distingue sei blocchi informativi principali, indicati con le lettere A–F, una sezione di regole e controllo G e due sistemi complementari, Δ e Σ. L'articolazione separa componenti che svolgono funzioni diverse nel passaggio dalla collocazione territoriale alla descrizione del manufatto. I blocchi A–C definiscono le unità ordinate dal modello: sistemi territoriali, raggruppamenti difensivi e classi degli oggetti inventariati. I blocchi D–F organizzano gli attributi, procedendo dal nucleo comune del record ai dati specialistici relativi ad armamenti, dotazioni e bunker da combattimento in calcestruzzo armato.

La sezione G governa la compilazione attraverso campi minimi, formati, valori ammessi, vocabolari e convenzioni per i dati non determinati o non applicabili. Δ registra gli elementi strategici territoriali che contribuiscono a spiegare distribuzione e orientamento delle difese; Σ collega record e sistemi alle fonti e agli elaborati che ne fondano, verificano o ampliano le informazioni. Queste componenti accrescono la capacità interpretativa e documentaria della banca dati senza modificare la gerarchia primaria dell'inventario.

Sezione	Contenuto	Funzione nel modello
A	Sistemi territoriali	Definizione dei livelli territoriali e delle appartenenze
B	Raggruppamenti difensivi	Registrazione delle unità sistemiche intermedie
C	Oggetti inventariati	Definizione delle classi oggettuali e delle relative sigle
D	Attributi generali	Nucleo comune di identificazione, localizzazione e descrizione
E	Attributi specialistici	Funzione e modello dell'armamento o della dotazione tecnica
F	Attributi specialistici BKC	Caratteri tipologici, morfologici e costruttivi dei BKC
G	Regole di compilazione	Campi minimi, formati, valori ammessi e convenzioni ND/NA
Δ	Elementi strategici	Quadro territoriale complementare per la lettura delle difese
Σ	Documentazione associata	Fonti ed elaborati collegati al record o al sistema

Tab. 5 — Architettura logica del modello dati. I blocchi A–F costituiscono il nucleo informativo; G ne governa la compilazione; Δ e Σ operano come sistemi complementari. Elaborazione dell'autore.

La costruzione del record segue una progressione controllata. Si stabiliscono anzitutto la collocazione territoriale e l'appartenenza sistemica; si riconosce quindi la classe dell'oggetto; infine, si attivano gli attributi generali e, quando pertinenti, quelli specialistici. Il modello evita così sia l'accumulo indifferenziato dei campi sia l'applicazione della medesima scheda analitica a oggetti di natura diversa. Inventariazione, classificazione, controllo, interpretazione territoriale e documentazione rimangono distinguibili, pur concorrendo alla stessa architettura conoscitiva.

2.4.2 — Sistemi territoriali, raggruppamenti e classi oggettuali inventariate

I blocchi A–C traducono la gerarchia territoriale in campi e identificativi. Nel blocco A, il settore difensivo costituisce il riferimento geografico principale e compare nel codice dell'oggetto; la macroarea è ricavata dall'appartenenza del settore. L'arco di contenimento rimane riconoscibile attraverso la successione dei capisaldi, ma non viene registrato come componente autonoma del codice. Il modello conserva così la struttura territoriale definita nella sezione precedente senza duplicare livelli derivabili o introdurre appartenenze non verificabili.

Il blocco B registra il raggruppamento mediante i valori **CS**, **SB**, **BA** e **DC**, rispettivamente riferiti a caposaldo, caposaldo di sbarramento, batteria e rete difensiva costiera. Quando nessuna appartenenza intermedia è dimostrabile, il campo assume il valore controllato Autonomo. Quest'ultimo non costituisce un quinto tipo di raggruppamento: segnala che l'oggetto è assegnato al settore ma non può essere ricondotto, con sufficiente fondamento, a un'unità sistemica intermedia. Un campo distinto registra il numero, la denominazione o l'identificativo del raggruppamento quando pertinente.

Classe inventariale	Sigla	Definizione sintetica
Bunker da combattimento in calcestruzzo armato	**BKC**	Manufatto permanente destinato alla protezione e all'impiego di una o più armi
Bunker osservatorio costiero	**BKO**	Bunker destinato all'avvistamento e alla sorveglianza del margine costiero
Bunker per postazione telemetrica	**BKT**	Bunker specialistico per telemetro, osservazione d'artiglieria o direzione del tiro
Ricovero antiaereo	**BKS**	Manufatto protettivo non destinato direttamente al tiro
Piazzola d'artiglieria	**GEP**	Postazione aperta o semiprotetta priva di un nucleo bunkeristico integrato
Posto di osservazione costiera	**POC**	Punto o struttura non necessariamente fortificata per il controllo del mare e del litorale
Ostacolo anticarro	**OAC**	Dispositivo lineare destinato a impedire, rallentare o canalizzare i mezzi
Stazione fotoelettrica	**SFE**	Impianto o postazione destinata a un proiettore per ricerca e illuminazione del bersaglio
Trincea, passaggio trincerato o camminamento coperto	**TRI**	Opera lineare di collegamento, movimento protetto o combattimento ravvicinato

Tab. 6 — Estratto del vocabolario controllato delle classi inventariali. La tabella presenta una selezione delle classi; il vocabolario completo è conservato nella struttura operativa della banca dati. Elaborazione dell'autore.

Il blocco C identifica la classe dell'oggetto (tab. 6) mediante una sigla stabile. La classe descrive la natura generale dell'unità registrata e non coincide con la tipologia: BKC individua la categoria dei bunker da combattimento in calcestruzzo armato, mentre bunker monoarma, bunker poliarma, nucleo fisso, Tobruk e soluzioni controcarro ne precisano l'articolazione tipologica nel blocco F. Questa separazione permette di conservare un'identità inventariale comune e, nello stesso tempo, di approfondire le differenze morfologiche e funzionali senza moltiplicare i codici principali.

La combinazione dei tre blocchi costruisce l'identificativo del record. Nel codice QSE_CS14_BKC_58, QSE indica il settore, CS14 il tipo e il numero del raggruppamento, BKC la classe dell'oggetto e 58 il progressivo inventariale. La macroarea non viene ripetuta perché deriva dal settore; gli attributi non entrano nel codice, affinché eventuali aggiornamenti descrittivi non modifichino l'identità del record. Il codice registra pertanto la collocazione sistemica minima dell'oggetto, non una sintesi di tutte le informazioni disponibili.

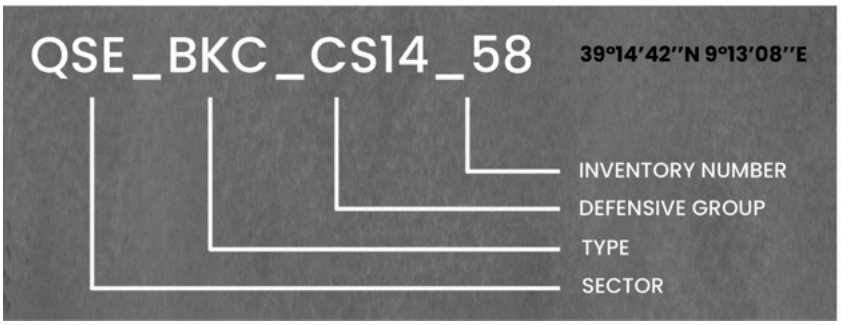
Il vocabolario controllato separa denominazioni archivistiche, descrizioni ricognitive e categorie inventariali. Un posto di osservazione costiera può coincidere con una torre, un semaforo o un punto attrezzato non bunkerizzato; BKO richiede invece un involucro fortificato destinato all'avvistamento, mentre BKT identifica la specializzazione telemetrica o di direzione del tiro. Analogamente, GEP designa una piazzola priva di un corpo bunkeristico integrato: quando la postazione aperta è organicamente connessa a un nucleo protetto permanente, la classe resta BKC e la configurazione viene precisata nel campo Tipologia. Le classi rendono quindi interrogabili differenze operative reali senza sostituire l'analisi tipologica.

2.4.3 — Attributi generali, attributi specialistici e campi dedicati ai BKC

I blocchi D, E e F determinano la profondità descrittiva del record. Il blocco D raccoglie gli attributi comuni alle diverse classi e li organizza per famiglie informative: identificazione e codifica; localizzazione; cronologia e attribuzione; condizione materiale, accessibilità e tutela; caratteri costruttivi e dimensionali; qualificazione e provenienza del dato. Questa articolazione permette di confrontare oggetti differenti senza presupporre per tutti lo stesso livello di approfondimento e senza trasformare il record in una sequenza indifferenziata di campi.

La qualificazione dello stato richiede campi distinti. La condizione materiale attuale registra la permanenza fisica dell'opera; lo stato di realizzazione storica distingue quanto fu costruito da quanto rimase progettato o non risulta determinabile; lo stato di conservazione descrive invece l'integrità o il degrado delle strutture ancora leggibili. A queste dimensioni si affiancano accessibilità e leggibilità, che indicano le condizioni della ricognizione senza modificare automaticamente la presenza materiale. La separazione impedisce di assimilare un manufatto degradato a un'opera distrutta o un progetto non realizzato a una permanenza non verificata.

Il grado di determinazione della localizzazione costituisce un ulteriore attributo autonomo. I valori verificata, triangolata, plausibile, incerta e non determinabile descrivono la solidità della posizione assegnata secondo la procedura definita nella §2.2. Non esprimono l'affidabilità complessiva del record: una localizzazione verificata può accompagnarsi a una funzione storica incerta, mentre un'opera distrutta può conservare una posizione triangolata attraverso cartografie e fotografie aeree. Il modello mantiene pertanto separati ancoraggio spaziale, condizione materiale e qualità degli altri contenuti (tab. 7).





Blocco	Campo	Valore registrato	Acquisizione / compilazione
A–C Identificazione e appartenenza	**Codice identificativo**	QSE_CS14_BKC_58	Codifica gerarchica
	Macroarea	Golfo di Cagliari	Sistema territoriale
	Settore	Quartu Sant'Elena	Sistema territoriale
	Raggruppamento	Caposaldo 14 (CS14)	Gerarchia inventariale
	Classe dell'oggetto	BKC — bunker da combattimento	Vocabolario controllato
D Attributi generali	**Località**	Simbirizzi Est	Ricognizione sul campo
	Coordinate	39°14'45,27" N; 9°13'09,46" E	Georeferenziazione
	Quota	45,86 m s.l.m.	Rilievo strumentale
	Stato del dato	Rilievato	Rilievo diretto e strumentale
	Conservazione	Buona	Osservazione diretta
	Accessibilità	Buona	Osservazione diretta
	Rapporto suolo–opera	Integrato nel terreno	Lettura morfologica
	Accesso	Rampa inclinata	Rilievo diretto
	Area occupata	51,2 m²	Calcolo su rilievo
	Rapporto pieno/vuoto	55% / 45%	Calcolo su rilievo
E Attributi specialistici	**Armamento/dotazione**	HMG–HMG–ATG	Classificazione funzionale
	Settore operativo	NO–SO	Orientamento difensivo
F Attributi dedicati ai BKC	**Tipologia**	BKC poliarma	Classificazione tipologica
	Camouflage	«Collinetta» e teli mimetici	Rilievo e lettura morfologica
	Feritoie	n. 3	Rilievo diretto
Σ Documentazione associata	**Evidenza primaria**	Rilievo diretto e strumentale	Corredo associato al record

Tab. 7 — Esempio di compilazione di un record BKC. Selezione dei campi attivati per QSE_CS14_BKC_58, organizzati secondo i blocchi A–F e collegati alla documentazione associata Σ. Elaborazione dell'autore.

Il blocco E si applica alle opere dotate di armamento o strumentazione tecnica. Un campo registra la categoria funzionale della dotazione — per esempio mitragliatrice leggera o pesante, arma controcarro, artiglieria antinave o antiaerea, telemetro, proiettore fotoelettrico, collegamento radio o strumentazione ottica — e un secondo campo ne specifica il modello, quando accertato. La distinzione conserva un'informazione funzionale significativa anche quando le fonti non consentono di identificare l'esatto equipaggiamento e impedisce che un'attribuzione ipotetica venga trasformata in dato tecnico certo.

Il blocco F approfondisce i bunker da combattimento in calcestruzzo armato mediante campi relativi a tipologia, prototipo o variante, classe di resistenza, camouflage storico, numero delle feritoie, copertura di tiro, orientamento principale e materiali secondari. Le tipologie principali comprendono nucleo fisso, bunker monoarma, bunker poliarma, Tobruk, bunker controcarro in barbetta con ricovero e bunker controcarro in casamatta. Le articolazioni ulteriori vengono registrate come varianti soltanto quando risultano sostenute dal confronto tipologico; la denominazione documentaria può essere conservata separatamente senza modificare il codice della classe madre.

Funzione, armamento e tipologia rimangono distinti. La funzione descrive il ruolo operativo; l'armamento registra la dotazione; la tipologia interpreta l'organizzazione architettonica e spaziale. Anche il rapporto con il suolo, l'integrazione con preesistenze e il camouflage qualificano la relazione fra opera e contesto, ma non determinano da soli la classe inventariale. Il modello opera così per pertinenza progressiva: ogni record condivide un nucleo comune, mentre gli approfondimenti vengono attivati secondo la natura dell'oggetto e la qualità delle evidenze disponibili.

L'articolazione dei blocchi diviene operativa nel singolo record. Nel caso dei BKC, ai dati di identificazione e appartenenza territoriale si affiancano gli attributi generali, quelli relativi alla funzione e all'armamento e i campi specialistici tipologici, metrici e difensivi. La tabella seguente ne mostra l'attivazione in un caso esemplificativo, mantenendo distinti il valore registrato e la procedura attraverso cui il dato è stato acquisito, elaborato o classificato.

2.4.4 — Regole di compilazione, valori ammessi e vocabolario controllato

La sezione G stabilisce come i dati devono essere registrati e in quali condizioni un record può entrare nell'inventario. La corretta georeferenziazione non garantisce, da sola, la comparabilità: coordinate formalmente esatte possono essere associate a denominazioni oscillanti, procedure non dichiarate o attribuzioni dotate di solidità differente. Le regole agiscono pertanto su terminologia, codici, formati, valori ammessi, obbligatorietà e trattamento delle lacune.

Il vocabolario controllato stabilizza macroarea, settore, raggruppamento, classe dell'oggetto e attributi ricorrenti. Le denominazioni storiche e locali restano registrabili nei campi dedicati, ma non sostituiscono senza controllo la classe inventariale. Date, coordinate e misure seguono formati condivisi; i campi numerici conservano unità esplicite; i lessici controllati aperti possono accogliere nuovi valori soltanto quando esprimono una differenza non assorbibile dalle categorie esistenti. La normalizzazione rende così riconoscibile lo scarto fra una variante reale e una semplice oscillazione lessicale.

ND e NA descrivono condizioni diverse. ND indica un'informazione pertinente ma non determinata sulla base delle fonti disponibili; NA segnala che il campo non è applicabile alla natura dell'oggetto. Il

valore non determinabile del campo Grado di determinazione della localizzazione non coincide con la sigla ND: costituisce una categoria esplicita, utilizzata quando l'esistenza dell'opera o del progetto è documentata ma non può essere associata a una posizione attendibile. La distinzione evita che assenza del dato, assenza del fenomeno e inapplicabilità vengano trattate come equivalenti.

La soglia minima del record georeferenziato comprende codice identificativo, settore difensivo, raggruppamento o valore Autonomo, classe dell'oggetto, latitudine, longitudine, grado di determinazione della localizzazione e riferimento alla fonte o alla procedura attraverso cui la posizione è stata costruita. La macroarea deriva dal settore; gli altri campi vengono compilati quando risultano pertinenti e sufficientemente fondati. Questa soglia rende ogni oggetto riconoscibile, localizzabile e controllabile senza richiedere la compilazione immediata dell'intera struttura attributiva.

Quando la localizzazione è non determinabile, l'entità resta nel corpus documentario e può essere associata al settore o al sistema pertinente, ma non viene rappresentata come punto georeferenziato certo. Il suo passaggio al record inventariale puntuale richiede il raggiungimento della soglia spaziale minima. La banca dati conserva così l'informazione storica senza attribuirle una precisione apparente e mantiene aperta la possibilità di un successivo aggiornamento.

La compilazione è progressiva. Nuove fonti, ricognizioni, rilievi o confronti possono precisare posizione, classe, attribuzioni e caratteri metrici senza modificare l'identità del record, salvo che venga dimostrato un errore nella codifica originaria. Il valore del modello non risiede nell'uniformità quantitativa delle schede, ma nella possibilità di confrontare informazioni diseguali perché costruite, qualificate e aggiornate secondo regole comuni.

2.4.5 — Struttura gerarchico-relazionale, interrogabilità e scalabilità informativa

Il modello è gerarchico-relazionale perché combina appartenenze ordinate e connessioni di natura diversa. Le relazioni gerarchiche collegano macroarea, settore, raggruppamento e oggetto; quelle funzionali mettono in rapporto opere che cooperano nello stesso dispositivo; quelle documentarie associano record e sistemi ai materiali di Σ; le relazioni interpretative con Δ confrontano le difese con nodi e infrastrutture strategiche. Posizione, distanza, orientamento e intervisibilità producono inoltre relazioni spaziali interrogabili nel GIS, sviluppate nella §2.6.

Il termine relazionale descrive anzitutto questa architettura scientifica delle connessioni. La sua traduzione in un database relazionale informatico (Rechichi et al., 2024) richiederebbe la separazione delle entità in tabelle, l'assegnazione di chiavi primarie ed esterne, la definizione delle cardinalità e l'applicazione di vincoli d'integrità. Il modello rende possibile tale sviluppo perché stabilisce unità, identificativi, campi e rapporti, ma non rivendica una completa implementazione fisico-informatica.

L'interrogabilità deriva dalla stabilità dei codici e degli attributi. I campi già popolati nella banca dati e nel GIS possono essere filtrati e aggregati per settore, raggruppamento, classe, tipologia, funzione, stato materiale, conservazione, rapporto con il suolo, armamento o grado di determinazione. Altre interrogazioni sono soltanto predisposte e dipendono dal completamento dei record o dalla futura formalizzazione tecnica delle relazioni. Questa distinzione impedisce di presentare come operative query teoricamente ammesse dal modello ma non ancora sostenute da dati sufficienti.

La scalabilità è intesa in senso territoriale e informativo. La struttura può accogliere nuovi oggetti, estendersi ad altri settori, integrare documenti e affinare attribuzioni senza alterare i propri principi. L'ampliamento non deve però produrre una classificazione indiscriminata: nuove classi, relazioni o attributi sono giustificati soltanto quando rispondono a una necessità conoscitiva non rappresentabile mediante le categorie esistenti.

2.4.6 — Raccordo con il sistema catalografico nazionale

La formalizzazione interna permette di valutare il rapporto con il sistema catalografico nazionale senza assimilare l'inventario della ricerca a una campagna istituzionale. L'Istituto centrale per il catalogo e la documentazione definisce normative, strutture dei dati, strumenti terminologici e procedure rivolti all'identificazione, alla gestione e alla condivisione delle informazioni sul patrimonio culturale. SIGECweb governa il processo catalografico attraverso campagne, standard, profili di accesso, produzione, verifica e pubblicazione dei dati. Il sistema della tesi e SIGECweb operano quindi su piani distinti: il primo costruisce un modello scientifico specialistico; il secondo regola un processo istituzionale (ICCD, s.d.-b, s.d.-d).

Nel quadro ICCD, MODI – Modulo informativo 4.00, SCAN – Scheda anagrafica bene culturale 4.00 e Scheda A – Architettura 3.00 rispondono a funzioni differenti. Il MODI sostiene attività di censimento e segnalazione mediante una struttura flessibile; SCAN utilizza un nucleo ridotto e comune di informazioni per l'individuazione speditiva dei beni; la Scheda A riguarda la catalogazione dei beni architettonici immobili entro un apparato più esteso di identificazione, responsabilità, condizione giuridica, tutela e documentazione. La differenza non consiste soltanto nella quantità dei campi, ma nello statuto del record e nella funzione svolta nella campagna catalografica (ICCD, s.d.-a, s.d.-c, s.d.-d).

Il precedente della Linea Galla Placidia dimostra la possibilità di registrare un bunker mediante un MODI individuale. La scheda del Tobruk Vf59a di Cesenatico comprende identificazione, denominazioni storico-tipologiche, localizzazione, cronologia, funzione, misure, tecniche, attribuzione, georeferenziazione, documentazione e fonti. Il caso mostra come la lettura architettonica del manufatto possa essere ricondotta a una struttura catalografica senza esaurire le relazioni territoriali del sistema difensivo (ICCD, 2023; Mariotti et al., 2019; Mariotti et al., 2022).

La Scheda A dei Fortini militari Pranu de Murtas presso Bosa, per esempio, presenta una condizione diversa: due manufatti sono descritti entro un'unica unità catalografica, dotata di codice nazionale, localizzazione amministrativa e catastale, georeferenziazione, condizione giuridica, tutela, documentazione e responsabilità di compilazione (ICCD, 2020). I due precedenti confermano che l'oggetto inventariato e l'unità catalografica non coincidono automaticamente. L'individuazione del bene singolo o complesso dipende dai criteri e dalle responsabilità della specifica campagna istituzionale.

Il progetto Costellazione XX, al quale ha partecipato l'autore della ricerca, fornisce un riscontro operativo alla scala regionale. Il programma ha coordinato censimento dei manufatti difensivi della Sardegna, compilazione mediante MODI di una selezione di opere con il supporto delle Soprintendenze e organizzazione geografica delle informazioni in GIS. L'esperienza trasferisce al caso sardo il rapporto tra ricognizione, schedatura e rappresentazione territoriale, adattandolo a una rete composta da settori, capisaldi, batterie, sbarramenti e sistemi costieri (Istituto Italiano dei Castelli – Sezione Sardegna, s.d.).

Nucleo informativo	Contenuti della tesi	Possibile raccordo ICCD	Condizione o limite
Identificazione	Codice interno, settore, raggruppamento, classe e progressivo	Identificativi e nuclei anagrafici di MODI, SCAN o Scheda A	Il codice interno resta distinto dagli identificativi catalografici
Localizzazione	Comune, toponimo, coordinate, quota e grado di determinazione	Nuclei territoriali e georeferenziazione	Trasferimento subordinato a verifica e qualificazione della posizione
Cronologia e funzione	Datazione, unità militare, funzione e dotazione	Nuclei cronologici, descrittivi e tecnico-funzionali	Corrispondenza diretta o parziale secondo vocabolari e fonti
Caratteri materiali	Misure, materiali, tecniche, stato e rapporto con il suolo	Nuclei tecnici, metrici e conservativi	Mappatura selettiva; alcuni attributi BKC restano specialistici
Condizione giuridica	Proprietà, accesso e tutela quando disponibili	Condizione giuridica, tutela ed enti competenti	Completamento e validazione affidati alla campagna istituzionale
Documentazione Σ	Fonti, fotografie, cartografie, rilievi e bibliografia	Nuclei documentari, bibliografici e relazioni	Mappatura secondo natura, formato e livello di associazione
Relazioni specialistiche	Gerarchie difensive, cooperazione tattica, Δ e analisi GIS	Collegamenti o approfondimenti esterni	Nessuna equivalenza integrale nelle schede generaliste

Tab. 8 — Raccordo tra i nuclei informativi della tesi e il sistema ICCD. Elaborazione dell'autore sulla base degli standard ICCD e dei casi della Linea Galla Placidia e di Pranu de Murtas. Le corrispondenze sono indicative e non sostituiscono la definizione della specifica campagna catalografica.

Il raccordo deve pertanto operare per nuclei informativi e non per equivalenza fra intere strutture. Localizzazione, cronologia, definizione dell'oggetto, misure, materiali, tecniche, stato, documentazione e bibliografia possono alimentare una futura compilazione ICCD dopo verifica e allineamento semantico. L'identificativo interno deve rimanere distinto dai codici assegnati nel

processo catalografico; gerarchie difensive, cooperazione tattica, attributi specialistici dei BKC, relazioni con Δ e analisi GIS conservano invece la propria autonomia nel modello della ricerca.
La tabella (tab. 8) documenta una predisposizione semantica e strutturale al raccordo, non un'interoperabilità tecnica già realizzata. Il trasferimento richiede corrispondenze esplicite, verifica dei valori, responsabilità definite e procedure istituzionali di controllo. I contenuti specialistici possono essere collegati alle schede come livelli di approfondimento senza essere compressi entro campi generalisti. La qualità dei record — provenienza, completezza, grado di verifica e distinzione tra evidenza e interpretazione — costituisce la condizione operativa di questo passaggio e introduce l'analisi della granularità e della tracciabilità sviluppata nella sezione successiva.

2.5 — Il record inventariale

Definita l'architettura del modello dati, l'analisi si sposta sulla singola unità inventariale. Il record associa a un oggetto identificato mediante un codice stabile le informazioni necessarie a collocarlo, descriverlo e metterlo in relazione con il sistema difensivo. La sua funzione non consiste nell'accumulare ogni informazione disponibile, ma nel registrare dati pertinenti entro una struttura comune, conservandone origine, procedimento di acquisizione e grado di determinazione. Questa impostazione richiede di distinguere dimensioni spesso sovrapposte. La granularità indica il livello al quale l'entità viene registrata: nella banca dati il record puntuale corrisponde a un singolo oggetto inventariato. Il livello di approfondimento riguarda invece l'estensione e il dettaglio degli attributi compilati; la completezza dipende dalla presenza di tutti i campi pertinenti e determinabili; l'affidabilità qualifica la solidità delle evidenze che sostengono ciascun dato; la tracciabilità rende ricostruibili fonti, procedure e trasformazioni. La distinzione permette di confrontare record diseguali senza attribuire loro una precisione uniforme e prepara il passaggio dalle informazioni inventariali alle analisi GIS.

2.5.1 — Il record georeferenziato come unità logica dell'inventario

Il record inventariale è l'istanza del modello dati riferita a un singolo oggetto. Comprende un identificativo, una geometria puntuale quando la posizione raggiunge la soglia richiesta, le appartenenze territoriali e sistemiche, la classe dell'oggetto, gli attributi pertinenti, le relazioni e i riferimenti alle evidenze utilizzate. La posizione cartografica e la riga attributiva ne costituiscono componenti operative, ma non ne esauriscono la struttura: l'unità logica mantiene connessi il manufatto, il dispositivo di appartenenza e le condizioni attraverso cui esso è stato riconosciuto.

La soglia minima del record georeferenziato coincide con quella definita nella §2.4.4: codice identificativo; settore difensivo; raggruppamento o valore Autonomo; classe dell'oggetto; latitudine e longitudine; grado di determinazione della localizzazione; riferimento alla fonte o alla procedura attraverso cui la posizione è stata costruita. La macroarea deriva dal settore. Quando la localizzazione è non determinabile, l'attestazione resta nel corpus documentario e può essere collegata all'unità territoriale o sistemica pertinente, ma non genera un punto inventariale dotato di precisione apparente. L'identità è affidata al codice, non alla quantità dei campi compilati. Nuove fonti, verifiche sul terreno, rilievi o confronti tipologici possono precisare posizione, attributi e relazioni senza produrre una seconda scheda autonoma. Il codice viene modificato soltanto quando emerge un errore nella collocazione sistemica o nella classe utilizzata per costruirlo; negli altri casi si aggiorna lo stesso record, mantenendo ricostruibile la sequenza delle acquisizioni. Un record è completo quando risultano compilati tutti i campi pertinenti e determinabili per l'oggetto considerato. La completezza non richiede l'attivazione indiscriminata dell'intero schema: una trincea, un bunker da

combattimento e una postazione di osservazione condividono un nucleo comune, ma richiedono attributi specialistici differenti. ND segnala un'informazione pertinente non determinata; NA indica invece un campo non applicabile. La presenza di ND non rende incompleto un record se la lacuna è dichiarata e le informazioni determinabili sono state registrate.

Dal record devono essere distinte le sue forme di restituzione (fig. 13). La scheda minima (fig. 14) seleziona gli elementi necessari al riconoscimento e alla consultazione rapida; la scheda estesa rende disponibile una parte più ampia dei dati; la scheda dell'Atlante privilegia gli attributi utili alla lettura architettonica, grafica e comparativa; il placemark KML riduce ulteriormente i contenuti per la visualizzazione geografica. Questi prodotti non costituiscono differenti versioni dell'oggetto, ma viste calibrate sulla stessa identità inventariale.
Fotografie, cartografie, testi, rilievi, modelli tridimensionali ed elaborati grafici non vengono compressi nei campi sintetici. Conservano la propria identità documentaria e sono collegati attraverso Σ al record, al raggruppamento o al sistema cui si riferiscono. Tale separazione mantiene interrogabili gli attributi e, nello stesso tempo, consente di risalire alle evidenze che li fondano o agli elaborati che ne sviluppano l'interpretazione.

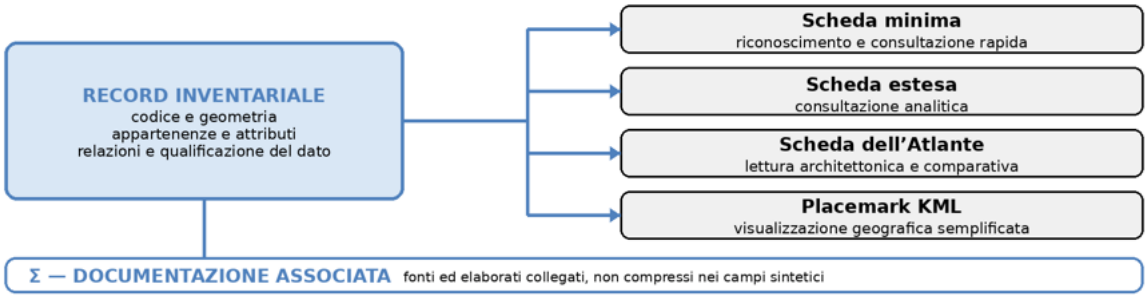


Fig. 13 — Dal record inventariale alle forme di restituzione. Schede e placemark KML selezionano contenuti differenti dalla stessa unità, mentre Σ mantiene il collegamento con la documentazione associata. Elaborazione dell'autore.

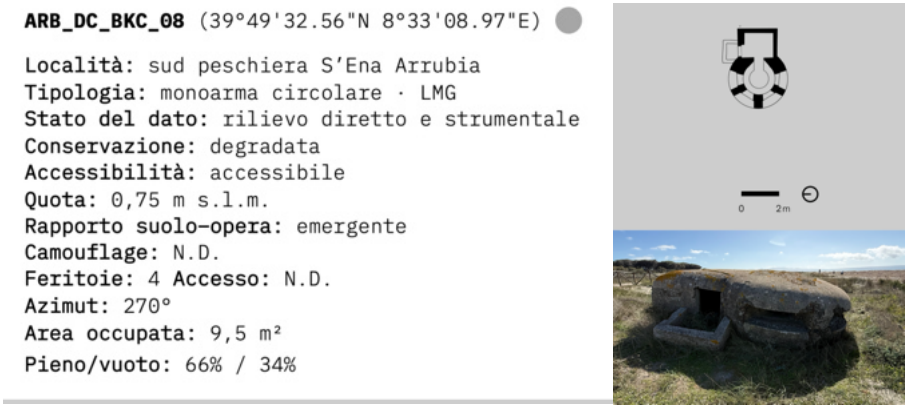


Fig. 14 — Scheda minima dell'Atlante: selezione dei parametri essenziali per la descrizione del bunker estratti dalla banca dati, tra cui quota, accessibilità, stato del dato, area occupata e informazioni inventariali. Elaborazione dell'autore.

2.5.2 — Attributi del manufatto: localizzazione, tipologia, funzione, stato e relazioni

Lo schema degli attributi opera per pertinenza. I campi identificativi e localizzativi rendono riconoscibile l'oggetto e ne stabiliscono l'ancoraggio territoriale; quelli descrittivi e specialistici ne

precisano caratteri storici, architettonici, funzionali e materiali in rapporto alla classe inventariale. L'organizzazione non coincide con una successione uniforme di caselle: ogni famiglia informativa risponde a una domanda distinta e viene attivata quando le evidenze disponibili consentono una compilazione controllata.
La classificazione mantiene separati livelli che non sono intercambiabili. La classe identifica la natura generale dell'oggetto; la tipologia ne interpreta l'organizzazione morfologica e spaziale; la funzione descrive il ruolo svolto nel dispositivo; l'armamento o la dotazione tecnica registrano l'equipaggiamento documentato o sufficientemente attribuibile. Una determinazione incerta in uno di questi campi non viene compensata dalla solidità degli altri: una posizione verificata non rende certa la funzione storica, così come un armamento documentato non determina automaticamente la tipologia.

Anche la qualificazione dello stato resta articolata. Condizione materiale attuale, stato di realizzazione storica, stato di conservazione, accessibilità e leggibilità descrivono aspetti differenti. Un'opera costruita può essere distrutta, alterata o non accessibile; una struttura progettata può non essere stata realizzata; un manufatto presente può risultare scarsamente leggibile senza cessare di esistere. La separazione impedisce di utilizzare un'unica voce — per esempio "stato" — per fenomeni eterogenei e rende confrontabili le trasformazioni del patrimonio.

Le relazioni completano il record senza essere ridotte a qualità intrinseche del manufatto. Le appartenenze gerarchiche collegano l'oggetto a raggruppamento, settore e macroarea; le relazioni funzionali lo associano alle opere con cui cooperava; quelle spaziali derivano da posizione, distanza, orientamento e intervisibilità; quelle documentarie rinviano ai materiali di Σ. Il record conserva così l'autonomia dell'unità inventariata, ma ne rende interrogabile la partecipazione a strutture territoriali e operative più ampie.

2.5.3 — Granularità del record e livelli differenziati di approfondimento

La granularità dell'unità inventariale rimane costante: ogni record puntuale identifica un singolo oggetto. Varia invece la profondità informativa con cui esso può essere descritto. Alcuni record raggiungono soltanto la soglia minima; altri integrano cronologia, funzione, condizione materiale e relazioni; i casi sottoposti a rilievo possono comprendere geometrie, misure, caratteri costruttivi, configurazione delle aperture, rapporto con il suolo e documentazione grafica. Questi incrementi non modificano l'unità registrata, ma ampliano le domande alle quali il record può rispondere.

Approfondimento e affidabilità non crescono necessariamente insieme. Un record essenziale può poggiare su una localizzazione verificata e su una fonte archivistica univoca; un record molto articolato può riunire dati osservati, informazioni documentarie, misure derivate e attribuzioni interpretative. La qualità scientifica dipende dalla possibilità di distinguere tali condizioni, non dal numero assoluto dei campi compilati.

Le modalità di acquisizione contribuiscono in modo cumulativo. Le fonti documentarie possono attestare esistenza, cronologia, denominazione, funzione e assetto previsto; la ricognizione digitale e la triangolazione (tab. 9) precisano posizione, permanenze visibili e rapporti territoriali; il sopralluogo verifica presenza materiale, accessibilità e condizione osservabile; rilievo e analisi architettonica approfondiscono geometrie, materiali e configurazione spaziale. Nessuna modalità sostituisce integralmente le altre, poiché ciascuna determina solo una parte dei contenuti del record.

La diversa profondità risponde all'impostazione multiscalare della ricerca. Alla scala regionale la banca dati assicura una copertura estensiva, orientata a riconoscere distribuzioni, settori e ricorrenze mediante combinazioni differenti di fonti. Nel Golfo di Cagliari l'indagine assume carattere intensivo: alla ricognizione documentaria e digitale si affiancano verifiche sul terreno, rilievi e letture tipologiche. L'asimmetria non produce due inventari separati, ma due livelli di approfondimento governati dallo stesso modello e dichiarati attraverso la qualificazione dei dati.

Modalità prevalente	Incremento informativo	Limite da dichiarare
Base documentaria	Esistenza o previsione dell'opera, denominazione, cronologia, funzione, assetto storico e localizzazione preliminare	Distinguere progetto, realizzazione attestata, trasformazione, perdita e mancata localizzazione
Ricognizione digitale e triangolazione del dato	Posizione, permanenza visibile, distribuzione e relazioni spaziali fra manufatti	Dichiarare precisione, evidenze convergenti ed eventuale assenza di verifica diretta
Verifica in situ	Presenza materiale, coordinate controllate, accessibilità, leggibilità e condizione osservabile	Non estendere il riscontro agli attributi storici, funzionali o tipologici non verificati
Approfondimento integrato	Geometrie, misure, materiali, configurazione architettonica, attributi specialistici e rappresentazioni	Separare dati rilevati o documentati da misure derivate, attribuzioni e interpretazioni

Tab. 9 — Modalità di acquisizione e incremento informativo del record. Le modalità non costituiscono livelli gerarchici né categorie reciprocamente esclusive, ma descrivono apporti cumulativi da qualificare per ciascuna famiglia di dati. Elaborazione dell'autore.

La verifica in situ consolida gli aspetti direttamente osservati, ma non trasferisce automaticamente il medesimo grado di certezza a cronologia, funzione o armamento. In modo simmetrico, l'assenza di sopralluogo non invalida un'informazione sostenuta da evidenze documentarie convergenti, purché siano dichiarati origine, procedimento e limiti. Il livello di approfondimento descrive quindi quanto è noto; la tracciabilità e l'affidabilità precisano come lo si conosce e con quale solidità.

2.5.4 — Affidabilità dei dati, metadati e genealogia del record

L'affidabilità non viene assegnata al record mediante un giudizio unico. Deve essere ricostruibile per le singole famiglie informative, perché localizzazione, cronologia, tipologia, funzione, stato materiale e relazioni possono poggiare su evidenze differenti. I cinque gradi verificata, triangolata, plausibile, incerta e non determinabile qualificano esclusivamente la localizzazione. Per gli altri attributi rilevano la fonte, la procedura di costruzione e lo statuto del contenuto registrato.

La matrice di tracciabilità del modello associa alle principali famiglie di dati i campi coinvolti, la base documentaria prevalente, la procedura di costruzione, il livello raggiunto e le necessarie note metodologiche. L'identificazione territoriale deriva dalla formalizzazione della gerarchia; la localizzazione dalla triangolazione o dalla verifica; i caratteri metrici da misurazioni dirette o da derivazioni controllate; la classificazione tipologica dal confronto tra documenti, morfologia e criteri

interpretativi. Questa articolazione evita che dati prodotti attraverso operazioni diverse vengano presentati come equivalenti.

I metadati rendono controllabile il passaggio dall'evidenza al valore normalizzato. Devono consentire di riconoscere almeno l'origine dell'informazione, il documento o l'osservazione impiegati, il metodo di acquisizione o derivazione, la data di acquisizione e dell'eventuale aggiornamento, il responsabile della produzione o della verifica e il collegamento ai materiali conservati in Σ. Nella struttura attuale alcune di queste informazioni sono registrate nei campi e nelle matrici operative; la loro formalizzazione completa come storico delle modifiche appartiene allo sviluppo tecnico della banca dati e non viene presentata come già automatizzata.

La genealogia del record corrisponde alla sequenza ricostruibile che conduce dall'individuazione iniziale all'inserimento e ai successivi aggiornamenti. Una segnalazione può essere confrontata con la cartografia, circoscritta mediante immagini aeree, verificata sul terreno, classificata per confronto tipologico e infine associata a rilievi e documenti. Conservare questa filiera permette di comprendere non soltanto quale valore è registrato, ma perché è stato adottato, quali alternative sono state escluse e quali verifiche restano aperte.

La tracciabilità è decisiva nei casi di lacuna: opere documentate ma perdute, posizioni dedotte da cartografie storiche, manufatti inglobati in proprietà non accessibili o tracciati riconoscibili soltanto in aerofotografia non devono confluire in una categoria indistinta di presenza. Il sistema può conservarne l'informazione a condizione che restino separati attestazione documentaria, permanenza materiale, ancoraggio spaziale e grado di verifica.

2.5.5 — Distinzione tra evidenza, ipotesi, interpretazione e simulazione

La qualificazione epistemica distingue contenuti che svolgono funzioni diverse nella costruzione della conoscenza. L'evidenza è un dato osservato, misurato o direttamente attestato da una fonte identificabile. L'ipotesi propone una spiegazione o un'attribuzione plausibile fondata su indizi non ancora conclusivi. L'interpretazione mette in relazione evidenze e ipotesi entro una lettura tipologica, funzionale o territoriale. La simulazione produce invece un modello derivato con cui verificare scenari, visuali, configurazioni o condizioni non direttamente osservabili.

Queste categorie non formano una scala lineare di affidabilità e possono coesistere nello stesso caso. Un manufatto può avere posizione verificata, cronologia documentata, tipologia attribuita per confronto e campo visuale simulato nel GIS. Lo statuto di ciascun contenuto deve rimanere riconoscibile: la precisione geometrica di un output non trasforma in evidenza l'ipotesi dalla quale esso deriva, così come una ricostruzione coerente non sostituisce la documentazione mancante.

Il record conserva i dati normalizzati e le qualificazioni necessarie alla loro lettura. Le interpretazioni possono essere registrate nei campi predisposti quando costituiscono attributi espliciti e controllabili; ricostruzioni, simulazioni e rappresentazioni estese restano prodotti derivati, collegati attraverso Σ o organizzati in layer analitici distinti. In nessun caso devono sovrascrivere il dato osservato o documentario da cui prendono avvio.

Il record assume così la funzione di unità critica dell'inventario: registra informazioni e le condizioni della loro produzione. Su questa base il GIS può interrogare distribuzioni, prossimità, orientamenti e intervisibilità senza appiattire la diversa qualità dei dati.

2.6 — GIS, analisi spaziale e rappresentazione del territorio

Qualificati i record, la componente geografica del sistema viene utilizzata per controllare la coerenza delle geometrie e delle appartenenze, interrogare gli attributi effettivamente disponibili e sviluppare analisi territoriali. La sezione non ridefinisce il rapporto tra modello informativo, banca dati e GIS, già stabilito nella §2.1.3, ma precisa le operazioni mediante cui i dati localizzati vengono verificati, confrontati e trasformati in prodotti analitici. Il GIS costituisce quindi l'ambiente operativo geografico del sistema informativo territoriale, non la sua totalità né un semplice stadio conclusivo di visualizzazione.

La possibilità di includere un oggetto in un'analisi dipende dalla qualità del suo ancoraggio spaziale e dalla domanda formulata. I record dotati di geometria adeguatamente determinata possono essere sottoposti a confronti metrici e relazionali; le localizzazioni incerte richiedono che approssimazione e alternative restino riconoscibili; le attestazioni non determinabili rimangono nel corpus documentario e nelle unità territoriali pertinenti, ma non generano punti dotati di precisione apparente. Su questa base si distinguono controllo della banca dati, interrogazioni operative, analisi spaziali e rappresentazioni derivate, evitando di presentare come risultati già conseguiti le sole possibilità predisposte dal modello.

2.6.1 — Il GIS come ambiente di organizzazione, interrogazione e controllo del database

Nel progetto GIS, la geometria puntuale dell'oggetto inventariato è collegata al codice, agli attributi e alle appartenenze sistemiche. I layer lineari e areali relativi a costa, viabilità, morfologia, infrastrutture e altri elementi territoriali mantengono una funzione distinta e possono essere messi in relazione con i record senza entrare nella gerarchia primaria dell'inventario. Tale organizzazione consente di leggere congiuntamente posizione, contenuti alfanumerici e livelli macroarea–settore–raggruppamento–oggetto, conservando la differenza tra unità inventariate e quadro complementare Δ. Il controllo cartografico opera come procedura diagnostica. Coordinate incompatibili con la fonte, assegnazioni esterne al settore o al raggruppamento, possibili duplicazioni, geometrie sovrapposte e discontinuità nella codifica possono emergere attraverso la visualizzazione e il confronto spaziale. Il GIS non accerta però da solo la correttezza storica del dato: una concentrazione insolita o una distanza minima possono derivare da un errore, ma anche da una configurazione effettiva. Ogni anomalia deve quindi essere verificata tornando agli attributi, alle fonti, alle immagini e, quando disponibile, al riscontro sul terreno.

Le interrogazioni operative dipendono dai campi popolati e dalla loro comparabilità. La banca dati corrente permette di filtrare e aggregare record per settore, raggruppamento, classe oggettuale, tipologia, funzione, condizione materiale, conservazione, rapporto con il suolo, armamento e grado di determinazione della localizzazione, nei casi in cui tali valori siano disponibili. La profondità diseguale dei record impedisce di applicare indistintamente ogni query all'intero corpus: un risultato quantitativo è significativo soltanto se sono dichiarati il campo utilizzato, i record esclusi, i valori ND o NA e l'estensione territoriale del campione.

Altre interrogazioni sono ammesse dalla struttura logica ma richiedono il completamento degli attributi o la formalizzazione tecnica di relazioni non ancora integralmente implementate. La distinzione tra operatività e predisposizione evita che la capacità teorica del modello venga confusa con l'effettivo stato della banca dati. Selezioni, correzioni e risultati analitici vengono conservati in

viste o layer distinti, così da non alterare i record sorgente e da mantenere ricostruibile il passaggio tra dato registrato e prodotto derivato.

2.6.2 — Distribuzioni, prossimità, relazioni territoriali e gerarchie spaziali

La lettura distributiva riconosce addensamenti, rarefazioni, allineamenti, discontinuità e differenze tra settori. Queste configurazioni costituiscono indicatori, non conclusioni automatiche: una maggiore densità può corrispondere a un dispositivo più intenso, ma può dipendere anche dalla conservazione, dall'accessibilità, dalla disponibilità delle fonti o dal diverso approfondimento della ricognizione. Le mappe distributive devono pertanto essere lette insieme alla copertura del censimento e alla qualità dei dati, evitando di trasformare le lacune conoscitive in vuoti storici.

Le analisi di prossimità mettono in rapporto gli oggetti inventariati con morfologia, margini costieri, direttrici di accesso e nodi strategici registrati in Δ. Distanze, orientamenti e continuità spaziali permettono di formulare ipotesi sul controllo di approdi, infrastrutture, soglie viarie o sistemi lagunari. La vicinanza geometrica non dimostra tuttavia una relazione funzionale: deve essere confrontata con armamento, orientamento delle aperture, appartenenza al dispositivo e documentazione storica. Anche le basi contemporanee e quelle riferite al 1942–1943 devono rimanere distinguibili, poiché linea di costa, vegetazione, tracciati e insediamenti possono essersi modificati.

La gerarchia territoriale non viene dedotta dalla sola distanza. Caposaldo, batteria, rete costiera e sbarramento sono raggruppamenti definiti mediante fonti, codici e relazioni funzionali; il GIS ne verifica la coerenza spaziale e ne confronta la configurazione. Alla scala superiore, i raggruppamenti vengono letti entro il settore e la macroarea senza dissolvere i singoli record in una nuvola indifferenziata di punti. Il passaggio di scala permette così di osservare contemporaneamente autonomia dell'oggetto, cooperazione locale e articolazione complessiva del dispositivo.

L'interpretazione deriva dalla convergenza di tali indicatori. Distribuzione delle classi, distanze reciproche, posizione rispetto alla morfologia, relazioni con Δ e continuità tra raggruppamenti consentono di confrontare assetti differenti; nessuna singola misura è però sufficiente a ricostruirne la logica. Il GIS sostiene pertanto una lettura territoriale controllata, nella quale dati, scala, fonte e limiti dell'analisi rimangono espliciti.

2.6.3 — Intervisibilità, viewshed e controllo visuale del territorio

Le relazioni visuali sono determinanti per opere destinate a osservare, segnalare, dirigere o impiegare il fuoco. La loro analisi (fig. 15) richiede tuttavia di distinguere fenomeni complementari. L'intervisibilità verifica la relazione tra due o più posizioni; la linea di vista (line of sight, LOS) descrive il segmento geometrico diretto tra osservatore e obiettivo; la viewshed, o analisi di visibilità, calcola le aree potenzialmente visibili da uno o più punti sulla base di un modello digitale del terreno o della superficie. I tre strumenti rispondono a domande differenti e non devono essere utilizzati come sinonimi. In ambito paesaggistico, questa distinzione consente di separare la delimitazione dei bacini visivi dalla loro interpretazione scenico-percettiva e dal loro eventuale impiego nella tutela e nella pianificazione (Cassatella, 2014).

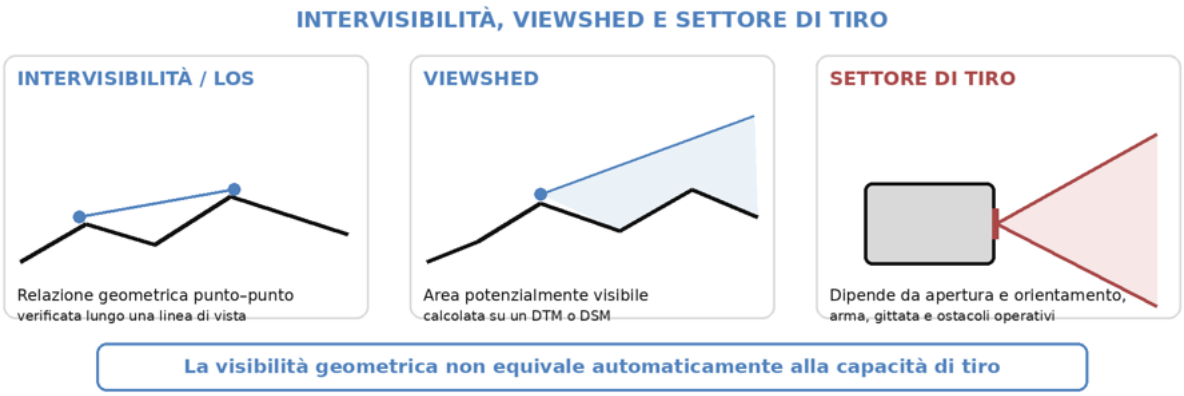


Fig. 15 — Distinzione tra linea di vista (LOS), intervisibilità, *viewshed* e settore di tiro. La linea di vista e l'intervisibilità verificano relazioni visuali tra posizioni; la *viewshed* calcola le aree potenzialmente visibili; il settore di tiro dipende anche dalla configurazione architettonica e dall'arma. Elaborazione dell'autore.

La viewshed dipende dai dati e dai parametri impiegati. Per ciascuna elaborazione devono essere riconoscibili il modello utilizzato — DTM o DSM —, la sua risoluzione, la quota e l'altezza del punto di osservazione, l'eventuale altezza dell'obiettivo, il raggio di calcolo e la data del dato territoriale. I modelli a passo metrico disponibili per le aree esaminate consentono analisi di dettaglio, ma non restituiscono automaticamente la configurazione del 1943: edificato, vegetazione e trasformazioni morfologiche possono modificare la visibilità. Quando tali condizioni non sono ricostruibili, l'output mantiene valore esplorativo e deve essere dichiarato come simulazione fondata sullo stato rappresentato dal modello. La definizione dei punti di osservazione, del modello altimetrico e dei parametri di calcolo costituisce pertanto parte integrante del risultato, non un passaggio tecnico neutro (Cassatella & Guerreschi, 2013).

Il settore di tiro appartiene a un ulteriore livello. La visibilità di un'area non implica che essa potesse essere efficacemente battuta: orientamento e ampiezza della feritoia, posizione dell'arma, escursione orizzontale e verticale, gittata, ostacoli ravvicinati e condizioni operative limitano il campo di azione. Per questa ragione, coni visuali, settori di tiro e sovrapposizioni di copertura devono essere rappresentati come elaborazioni distinte: soltanto il calcolo delle aree potenzialmente visibili, eseguito su DTM o DSM con parametri dichiarati, può essere denominato *viewshed*. Un precedente applicativo diretto è costituito dall'analisi dell'arco di contenimento di Quartu Sant'Elena, nella quale localizzazione e quota delle opere, orientamento e angoli di tiro delle feritoie, gittata delle armi e modelli DTM e DSM sono stati integrati in ambiente GIS per confrontare le coperture delle singole postazioni e la loro sovrapposizione nel sistema difensivo (Pirinu et al., 2024). Nel quadro metodologico qui formalizzato, tali risultati vengono ricondotti alla distinzione tra visibilità geometrica, settore di tiro e copertura operativa, rendendo esplicito lo statuto di ciascuna elaborazione.

Intervisibilità, viewshed e settori visuali assumono quindi lo statuto di elaborazioni derivate. Possono verificare la plausibilità di una scelta localizzativa, evidenziare aree cieche o confrontare la cooperazione tra postazioni, ma non sostituiscono le fonti storiche e non trasformano un'ipotesi in evidenza. Risultati, parametri e geometrie analitiche vengono mantenuti in layer distinti e collegati ai record o alla documentazione di Σ, senza sovrascrivere posizione, funzione o appartenenza registrate nella banca dati.

2.6.4 — Dal sistema informativo alla rappresentazione cartografica e grafica

La derivazione cartografica è una selezione controllata del modello informativo. La domanda analitica determina quali geometrie, attributi e relazioni rendere visibili; la scala stabilisce il grado di sintesi. Alla dimensione regionale prevalgono distribuzioni, classi e articolazioni tra settori; alla scala del raggruppamento diventano leggibili distanze, orientamenti, rapporti con la morfologia e relazioni tra singole opere. La mappa non coincide quindi con la semplice esposizione dei record, ma costruisce una vista dichiarata e verificabile della banca dati.

Cartografie storiche georeferenziate, ortofotografie, modelli del terreno, curve di livello e layer contemporanei vengono combinati conservandone provenienza e riferimento temporale. Il confronto fra stati diversi consente di ricostruire permanenze, trasformazioni e relazioni territoriali, ma richiede che il dato attuale non venga assunto come sostituto automatico di quello storico. Anche gli elementi di Δ mantengono uno statuto distinto dagli oggetti inventariati: concorrono all'interpretazione strategica, senza essere incorporati nella gerarchia delle architetture difensive.

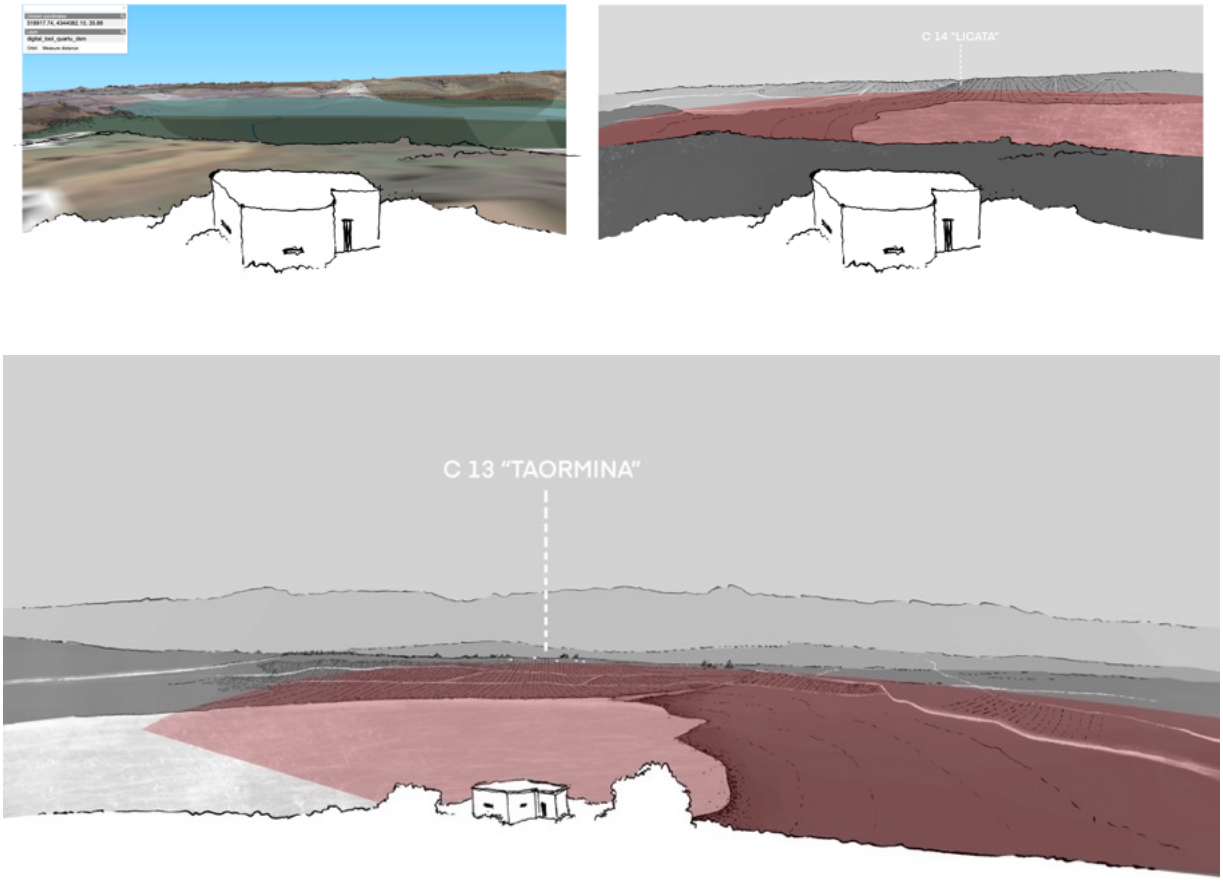


Fig. 16 — Dal GIS alla rappresentazione interpretativa: viewshed, campo visuale e restituzione grafica delle relazioni tra postazione, panorama controllato e possibili settori di tiro. Elaborazione dell'autore.

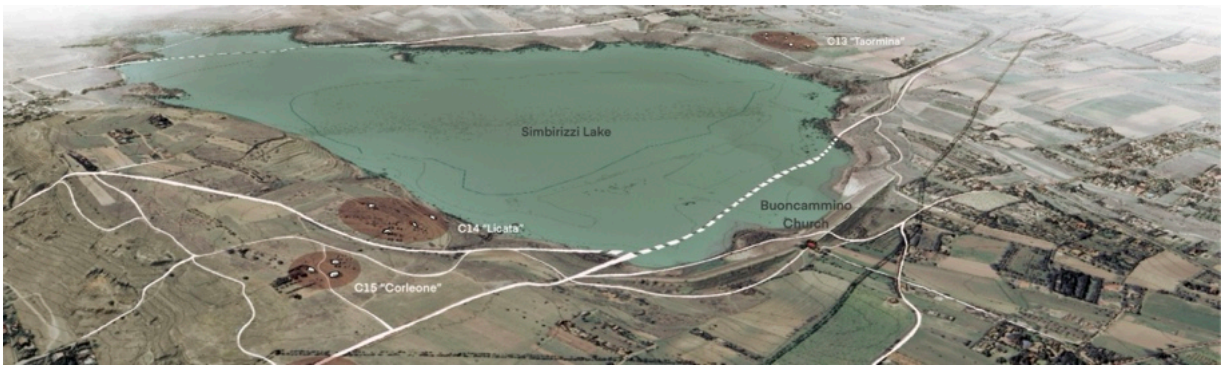


Fig. 17 — Vista obliqua GIS e interpretazione del paesaggio militare: relazione tridimensionale tra morfologia, localizzazione dei manufatti e ricostruzione dell'assetto territoriale del 1943. Elaborazione dell'autore.



F**ig. 18 —** Dalla fonte storica alla lettura territoriale: cartografia IGM del 1948, localizzazione georeferenziata delle opere e sintesi interpretativa dei raggruppamenti e delle relazioni difensive. I primi due passaggi registrano la fonte e la posizione; il terzo costituisce un'elaborazione derivata. Elaborazione dell'autore.

Le elaborazioni sviluppate (figg. 16-18) seguono due direzioni principali. Le cartografie tematiche sovrappongono fonti, localizzazioni, morfologia e nodi strategici per confrontare distribuzioni, raggruppamenti, direttrici e relazioni visuali. Le viste oblique e le sintesi tridimensionali rendono leggibile il rapporto tra opere, rilievo e paesaggio. In entrambi i casi deve restare riconoscibile il passaggio tra dato documentario o georeferenziato e interpretazione grafica: precisione del segno e coerenza compositiva non attribuiscono certezza alle informazioni di partenza.

Le basi prodotte nel GIS costituiscono il fondamento informativo del protocollo sviluppato nel Capitolo 3, ma non ne anticipano il lessico grafico. Il GIS seleziona, confronta e organizza dati spaziali; il disegno interviene successivamente mediante astrazione, gerarchia visiva, controllo della scala e scelta della tecnica. La trattazione si arresta pertanto alla costruzione degli output cartografici e analitici, mentre il protocollo di rappresentazione ne disciplina la traduzione architettonica, paesaggistica e comunicativa.

2.6.5 — Output analitici, mappe tematiche e basi per le restituzioni successive

Gli output del GIS appartengono a quattro nuclei: cartografie distributive e gerarchiche; analisi relazionali fra record, morfologia e quadro strategico Δ; verifiche visuali, linee di vista e simulazioni di visibilità; basi cartografiche o tridimensionali destinate a successive elaborazioni grafiche. A questi si aggiungono le selezioni attributive necessarie a costruire campioni confrontabili. Ogni prodotto deve dichiarare dati di ingresso, scala, esclusioni, parametri e statuto interpretativo, mantenendo distinguibile il risultato dal record sorgente.

Tali output sostengono le letture territoriali, la selezione dei casi, il protocollo grafico, l'Atlante e i confronti tipologici sviluppati nelle parti successive della ricerca. Il loro valore risiede nella possibilità di passare da un inventario esteso a insiemi analitici controllati, senza perdere la tracciabilità delle informazioni. Il collegamento tra record e materiali utilizzati o prodotti richiede infine una struttura documentaria dedicata: la sezione seguente definisce il sistema Σ e le condizioni di associazione, aggiornamento e interoperabilità della documentazione.

2.7 — Σ: documentazione associata e interoperabilità

La banca dati organizza nel record le informazioni necessarie a identificare, localizzare e interrogare ciascun oggetto, ma non può incorporare in forma estesa il corredo cartografico, fotografico, testuale, audiovisivo, metrico, tridimensionale e grafico dal quale tali informazioni derivano. Il sistema Σ costituisce la componente documentaria complementare del modello: classifica i materiali e ne formalizza l'associazione agli oggetti inventariati, ai raggruppamenti, ai livelli territoriali e, quando pertinente, agli elementi strategici Δ. L'espressione archivio georeferenziato indica quindi un corredo collegato a entità dotate di identità e ancoraggio spaziale; non implica che ogni documento possieda una propria geometria né che Σ coincida con un repository digitale autonomo.

Nella ricerca Σ è formalizzato sul piano logico e operativo attraverso categorie documentarie, livelli di elaborazione e criteri di associazione. I materiali utilizzati nel censimento, nel GIS, nel rilievo e nelle restituzioni grafiche ne costituiscono le applicazioni effettive, mentre la gestione integrata dei file, il versionamento automatizzato, i profili di accesso e lo scambio con piattaforme esterne appartengono a una successiva fase informatica. Questa distinzione consente di descrivere con precisione ciò che è stato costruito senza attribuire al modello funzioni tecniche non ancora implementate.

2.7.1 — La documentazione associata come corredo del record e del sistema

Documento, fonte, metadati e tracciabilità svolgono funzioni differenti. Il documento è l'unità conservata e identificata; assume funzione di fonte quando viene impiegato per costruire, confermare o discutere una specifica informazione. I metadati ne descrivono identità, provenienza, autore o ente produttore, datazione, formato, modalità di acquisizione ed eventuali trasformazioni. La tracciabilità ricostruisce invece il rapporto tra documento, procedura e dato registrato. Una cartografia storica può sostenere una localizzazione, un'ortofotografia verificarne la permanenza, una fotografia contemporanea documentare lo stato attuale e un rilievo fornire la base geometrica per una restituzione.

Record e documentazione associata restano pertanto distinti ma reciprocamente accessibili. Il primo conserva gli attributi normalizzati necessari alla comparazione e all'interrogazione; Σ mantiene l'identità e la consistenza dei materiali che li fondano, li approfondiscono o ne sviluppano

l'interpretazione. In questo modo il record non viene sovraccaricato da contenuti estesi e il documento non rimane un allegato privo di rapporto esplicito con l'unità conoscitiva cui contribuisce. L'associazione avviene al livello pertinente: una fotografia di dettaglio può riferirsi a un manufatto; una planimetria o una campagna di rilievo a un'opera o a un raggruppamento; una cartografia o una sequenza aerofotografica a un settore o a una macroarea. La relazione può essere multipla: uno stesso documento può interessare più entità e un'entità può essere collegata a materiali diversi. Σ mantiene l'unità documentaria e registra i collegamenti necessari, evitando duplicazioni e attribuzioni territoriali generiche.

2.7.2 — Struttura interna di Σ: materiali cartografici, fotografici, testuali, tridimensionali e grafici

La struttura di Σ combina tre criteri indipendenti (tab. 10): la categoria documentaria, che ordina i materiali secondo origine e funzione prevalente; la natura del documento, che ne qualifica la forma; il livello di elaborazione, che distingue materiali primari, derivati e interpretativi. Le quattro classi Σ1–Σ4 non costituiscono una progressione gerarchica, ma organizzano famiglie documentarie complementari prodotte o acquisite nelle diverse fasi della ricerca.

Classe	Campo documentario e materiali principali	Natura prevalente	Livello di elaborazione
Σ1	Fonti storiche e archivistiche: cartografie e aerofotografie; fotografie storiche; documenti scritti; relazioni, censimenti, progetti e disegni tipo.	cartografica / fotografica / testuale / grafica	primario
Σ2	Documentazione di ricognizione e dello stato attuale: fotografie contemporanee; note di sopralluogo; testimonianze e memorie d'uso.	fotografica / testuale / audiovisiva	primario
Σ3	Documentazione tecnico-strumentale: nuvole di punti; mesh e modelli 3D; ortofoto e ortomosaici; DTM, DSM e restituzioni grafico-metriche.	tridimensionale / fotografica / cartografica / grafica	primario / derivato
Σ4	Elaborati di rappresentazione: disegni analogici; elaborati ibridi; tavole narrative, comparative e interpretative.	grafica / testuale / ibrida	interpretativo

Tab. 10 — Struttura operativa del sistema Σ. La natura descrive la forma prevalente del materiale; il livello di elaborazione ne qualifica lo statuto nel processo conoscitivo. Le due informazioni rimangono distinte. Elaborazione dell'autore.

La natura documentaria viene espressa mediante un vocabolario controllato: cartografica, fotografica, testuale, audiovisiva, tridimensionale, grafica o ibrida. Si assegna normalmente un solo valore; una combinazione di due valori è ammessa soltanto quando la natura mista del materiale non sia riducibile senza perdita a una forma prevalente. Il livello di elaborazione registra invece se il contenuto costituisca un'evidenza acquisita, un prodotto derivato mediante trasformazione tecnica o un'elaborazione interpretativa. Una nuvola di punti e la mesh ottenuta dalla sua elaborazione appartengono entrambe a Σ3, ma non condividono lo stesso statuto.

Ogni unità documentaria richiede almeno un identificativo, una denominazione sintetica, la categoria Σ, la natura, il livello di elaborazione, la provenienza, l'autore o ente produttore, la datazione, il formato e le entità associate. Modalità di acquisizione, trasformazioni, versione e collocazione del file completano i metadati quando pertinenti. Nel modello tali elementi costituiscono i requisiti per un'associazione controllata; la loro traduzione in campi di un repository, in percorsi persistenti o in identificative digitali stabili dipende dall'ambiente tecnico adottato nella fase implementativa.

2.7.3 — Relazione tra record sintetico, documenti associati e tracciabilità

La presenza di un documento in Σ non ne determina automaticamente la funzione rispetto al record. Uno stesso materiale può essere utilizzato per individuare o localizzare un'opera, confermarne l'esistenza, descriverne i caratteri, misurarne la geometria, interpretarne il ruolo, rappresentarne le relazioni o documentarne un aggiornamento. La funzione deve quindi essere registrata nella relazione tra unità documentaria ed entità, non dedotta dalla sola categoria del file.

La tracciabilità (fig. 19) collega il documento alla specifica informazione che ha contribuito a produrre e alla procedura impiegata per estrarla, verificarla o trasformarla. L'identificazione corretta di una fonte non garantisce l'esattezza di ogni dato che se ne ricava: una carta storica può essere certa nella provenienza ma approssimativa nella posizione, mentre un rilievo può misurare con precisione lo stato attuale senza confermare cronologia e funzione originaria. Il grado di determinazione qualifica la localizzazione sostenuta dal documento; per le altre informazioni rilevano la fonte, la procedura di acquisizione e lo statuto del contenuto registrato.

Σ sostiene materialmente la genealogia del dato definita nel §2.5.4 senza duplicarne la registrazione nel record. Il documento conserva identità e metadati; l'associazione esplicita l'entità interessata, la funzione svolta e l'eventuale stato del collegamento; il record mantiene l'esito normalizzato e la relativa qualificazione. Questa separazione rende interrogabile il dato, consultabile il materiale e ricostruibile il passaggio tra evidenza e informazione registrata.

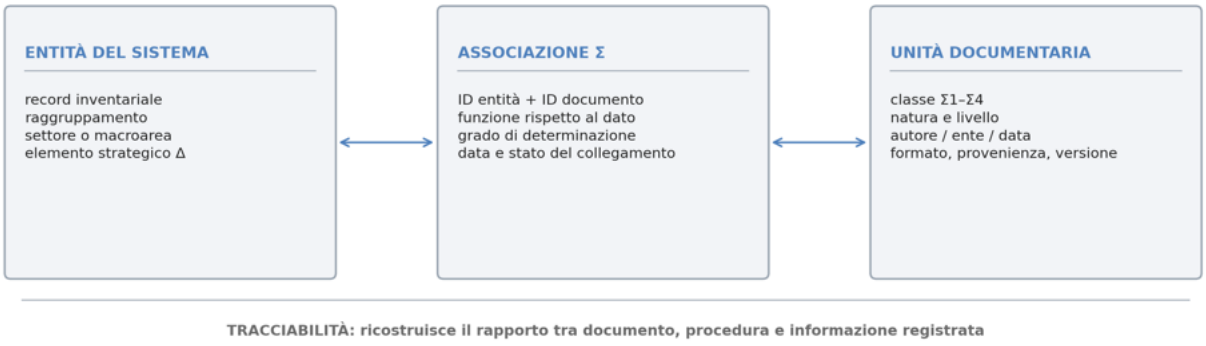


Fig. 19 — Relazione tra entità del sistema, associazione Σ e unità documentaria. I metadati descrivono il documento; la funzione e il grado di determinazione qualificano il suo rapporto con l'informazione registrata. Elaborazione dell'autore.

2.7.4 — Aperture interoperabili: aggiornamento, integrazione e sviluppo del sistema

L'aggiornamento riguarda l'intera architettura informativa: può introdurre nuovi oggetti o raggruppamenti, correggere appartenenze, integrare attributi, consolidare vocabolari, aggiungere relazioni con Δ o collegare ulteriori documenti in Σ. La continuità tra le diverse versioni dipende dalla

stabilità degli identificativi e dalla registrazione delle modifiche significative. Soggetto responsabile, data, motivazione, procedura e stato della revisione permettono di aggiornare il contenuto senza rendere opaca la storia del record. Le regole sono definite dal modello; autorizzazioni, profili utente e versionamento automatizzato richiedono invece un'applicazione informatica dedicata.

L'interoperabilità viene assunta come capacità di trasferire e riutilizzare contenuti conservandone identità, significato, provenienza e relazioni. La dimensione semantica è sostenuta da classi distinte, vocabolari controllati e qualificazione dei dati; la dimensione strutturale dall'articolazione tra entità territoriali, raggruppamenti, oggetti, attributi e documenti. Un sistema esterno non deve riprodurre la gerarchia della ricerca in forma identica, ma deve poter riconoscere l'unità inventariata e ricostruirne le appartenenze senza perdere il rapporto con il dispositivo difensivo.

Sul piano tecnico, record georeferenziati, tabelle strutturate, geometrie GIS, schede e file KML costituiscono implementazioni differenziate del modello, non sistemi informativi autonomi. La loro organizzazione rende possibile una successiva traduzione in un geodatabase, in un DBMS o in un WebGIS, ma non equivale a un riversamento automatizzato già disponibile. Sul piano istituzionale, il confronto sviluppato nel §2.4.6 con MODI, Scheda A e SIGECweb dimostra la mappabilità di diversi nuclei informativi. Tale corrispondenza predispone allo scambio con il sistema ICCD; non attesta una conformità integrale né un'integrazione già conseguita.

La compilazione multidisciplinare opera entro il modello e deve essere distinta dall'interoperabilità tra sistemi. Acquisizione, compilazione, revisione specialistica e validazione sono responsabilità differenti, anche quando vengono assunte dalla stessa persona. Registrare autore del contributo, data e funzione svolta permette a competenze storiche, architettoniche, territoriali, catalografiche, metriche e conservative di concorrere alla costruzione del dato senza produrre archivi paralleli o cancellare le revisioni precedenti. La validazione tecnica interna non coincide, inoltre, con l'eventuale validazione istituzionale.

In questo processo Σ conserva una funzione circoscritta: rende disponibili e riutilizzabili fonti, rilievi ed elaborati collegati alle entità del sistema. I medesimi materiali possono sostenere verifiche, mappe, schede di Atlante, confronti tipologici e rappresentazioni multiscalari, purché restino riconoscibili origine e livello di elaborazione. L'interoperabilità dipende tuttavia dall'intera architettura A–G, Δ e Σ: categorie documentarie e metadati non possono compensare campi incoerenti, identificativi instabili o relazioni territoriali non esplicitate.

Il risultato raggiunto è quindi un modello informativo formalizzato e parzialmente implementato, dotato di una struttura semantica e relazionale predisposta a sviluppi ulteriori. Il censimento e il GIS ne verificano le componenti necessarie alla costruzione, al controllo e all'analisi del dato; Σ definisce il corredo documentario e le condizioni della sua associazione. Repository integrato, procedure automatiche di scambio e raccordo istituzionale completo costituiscono estensioni possibili, non requisiti assunti come già soddisfatti.

Il Capitolo 2 definisce così una base conoscitiva nella quale oggetti, raggruppamenti e sistemi territoriali sono identificati, georeferenziati, qualificati e collegati alle evidenze che ne sostengono la lettura. La banca dati ordina il censimento, il GIS ne interroga le relazioni spaziali, Δ esplicita il quadro strategico e Σ conserva il rapporto con le fonti e gli elaborati. Su questa architettura si innesta il protocollo del Capitolo 3, che traduce dati e documenti in una sequenza controllata di rilievo, analisi e rappresentazione multiscalare.

CAPITOLO 3
Protocollo di documentazione e rappresentazione del paesaggio militare

3.1 — Finalità, campo e funzioni del protocollo

3.1.1 Oggetto, necessità e impostazione del protocollo

Il presente capitolo definisce il protocollo di documentazione e rappresentazione elaborato per l'architettura difensiva della Seconda guerra mondiale in Sardegna, con particolare riferimento ai paesaggi fortificati costieri. Esso si colloca nel punto in cui la filiera metodologica della ricerca, già fondata sulla costruzione di una base informativa interrogabile e su una lettura territoriale, tipologica e comparativa del sistema difensivo, si concentra sulla trasformazione del dato in rappresentazione. Il Capitolo 3 non introduce quindi un metodo autonomo rispetto all'impianto complessivo della tesi, ma formalizza il segmento deputato a convertire dati metrici e strutturati, verifiche in situ, fonti documentarie e osservazioni dirette in elaborati capaci di restituire forma, impianto, relazione suolo–opera e logiche insediative del paesaggio militare secondo criteri di leggibilità, comparabilità e trasferibilità.

La necessità di un protocollo deriva dalla natura stessa del patrimonio considerato. Le architetture difensive costiere non si presentano come oggetti isolati e pienamente leggibili, ma come componenti di un sistema multiscalare e discontinuo, nel quale manufatto, caposaldo, infrastruttura, morfologia e paesaggio concorrono a produrre un campo di lettura unitario ma non immediatamente evidente. A questa complessità si aggiungono il carattere spesso mimetico delle opere, la loro incorporazione nel terreno, la frequente alterazione degli assetti originari per degrado, riusi, interramenti, trasformazioni infrastrutturali e rinaturalizzazione, nonché la loro condizione di patrimonio dissonante o scomodo, legato a memorie conflittuali e spesso privo di un corpus iconografico stabile e condiviso (Atanasio Guisado, 2017; Tunbridge & Ashworth, 1996). La permanenza materiale delle opere non coincide dunque automaticamente con la loro riconoscibilità architettonica, culturale e paesaggistica.

In tali condizioni, una sola prospettiva non risulta sufficiente. La descrizione metrico-geometrica è necessaria, perché consente di stabilire dimensioni, geometrie, rapporti spaziali e condizioni di verificabilità; tuttavia, essa non esaurisce la comprensione di un patrimonio il cui significato dipende anche da relazioni tra opere, suolo, visualità, accessi, dispositivi di controllo e trasformazioni intervenute nel tempo. In direzione opposta, una restituzione esclusivamente percettiva o narrativa rischia di indebolire la confrontabilità fra casi, rendere opache le soglie tra dato rilevato e interpretazione e compromettere la controllabilità degli elaborati. Il protocollo nasce come risposta a questa duplice insufficienza: non come somma di tecniche, ma come dispositivo metodologico capace di correlare dati spaziali e semantici, fonti archivistiche e cartografiche, rilievi metrici, osservazioni dirette e costruzione grafica, mantenendo esplicita la distinzione tra evidenza, ipotesi, interpretazione e simulazione.

Assunto in questi termini, il protocollo si configura come struttura regolativa dell'intero passaggio che conduce dal dato agli elaborati comparabili e comunicabili. Esso non coincide con un set di software né con una sequenza tecnica chiusa, ma con un framework operativo che organizza procedure, passaggi di scala, criteri di leggibilità, condizioni di tracciabilità e regole di trasformazione del dato. La sua funzione consiste nel rendere governabile un processo nel quale acquisizione, selezione, restituzione e interpretazione non procedono in modo lineare, ma si correggono reciprocamente entro una filiera iterativa. Il protocollo non è quindi un apparato accessorio della ricerca: costituisce il dispositivo che rende possibile la traduzione della base informativa in un sistema coerente di elaborati e, al tempo

stesso, predispone le condizioni perché tale sistema diventi un primo principio di riconoscibilità, comunicazione e valorizzazione critica del paesaggio militare.

La questione non è soltanto documentare l'esistente, ma definire una soglia metodologica comune capace di sostenere casi differenti senza perdere rigore né adattabilità. Da qui deriva la necessità di stabilire, per ciascun manufatto, un nucleo minimo di documentazione che assicuri continuità, comparabilità e scalabilità del sistema, lasciando al contempo spazio a livelli di approfondimento differenziati in rapporto agli obiettivi della ricerca, alle condizioni operative e alla qualità delle evidenze disponibili.

3.1.2 Nucleo minimo di documentazione e struttura incrementale del protocollo

Se il protocollo deve operare su un patrimonio esteso, disomogeneo e sottoposto a condizioni di accessibilità, conservazione e leggibilità fortemente differenziate, la sua tenuta non può dipendere dall'applicazione uniforme di un medesimo pacchetto di elaborati. Deve invece stabilire una soglia documentaria comune che consenta a ciascun manufatto di entrare nel sistema conoscitivo secondo regole omogenee, senza occultare le differenze nella quantità, nella qualità e nello statuto delle evidenze disponibili. Tale soglia non coincide pertanto con un'identica completezza grafica, ma con una base informativa controllata, capace di rendere espliciti tanto i dati acquisiti quanto le lacune e i limiti della documentazione.

Il nucleo minimo di documentazione è costituito dalla registrazione del manufatto nel sistema informativo della ricerca. Esso comprende il codice identificativo, la localizzazione e il relativo grado di attendibilità, l'appartenenza territoriale e sistemica, la categoria dell'oggetto inventariato, la condizione materiale e di accesso, nonché le fonti e i materiali documentari effettivamente disponibili. Queste informazioni sono distribuite fra database, GIS, documentazione fotografica, osservazioni ricognitive e materiali associati al record. Il rilievo diretto o strumentale, quando praticabile, integra e approfondisce questa base, ma non costituisce una condizione necessaria per l'inclusione del manufatto nell'inventario. Opere distrutte, inglobate, interrate, interdette o note soltanto attraverso fonti indirette rimangono quindi registrate nel sistema senza essere ricondotte artificialmente a un grado di conoscenza non raggiunto.

All'interno di questa base comune, la **Scheda minima BKC** assume uno statuto distinto. Essa costituisce la sintesi grafica del record inventariale dei bunker da combattimento direttamente accessibili e sufficientemente rilevati, per i quali sia possibile ricostruire una pianta attendibile attraverso acquisizione diretta o strumentale. La scheda coordina una testata alfanumerica derivata dal database, la restituzione planimetrica del manufatto e una fotografia documentaria selezionata in funzione della sua riconoscibilità architettonica. Non rappresenta quindi il nucleo documentario obbligatorio di ogni oggetto censito, né la semplice impaginazione di un record incompleto: è un'unità grafica comparativa fondata sulla disponibilità di un dato metrico controllabile. Per questa ragione non vengono introdotte piante sostitutive derivate da manufatti apparentemente analoghi, poiché anche le configurazioni maggiormente standardizzate presentano variazioni negli accessi, nelle feritoie, nei vani serventi, negli spessori e nel rapporto con il terreno.

Nel Golfo di Cagliari la produzione delle Schede minime BKC (fig. 1) è stata estesa alla quasi totalità dei bunker che, alla data delle campagne di rilevamento, risultavano materialmente conservati, accessibili e rilevabili. Il repertorio ottenuto è pertanto sistematico rispetto al sottoinsieme direttamente rilevabile, ma non coincide con la consistenza complessiva delle opere inventariate. I bunker non accessibili, distrutti, profondamente alterati o non più leggibili nella loro configurazione geometrica restano

documentati attraverso il record georeferenziato, le fotografie, le fonti storiche, le ricognizioni esterne e gli inquadramenti territoriali disponibili.

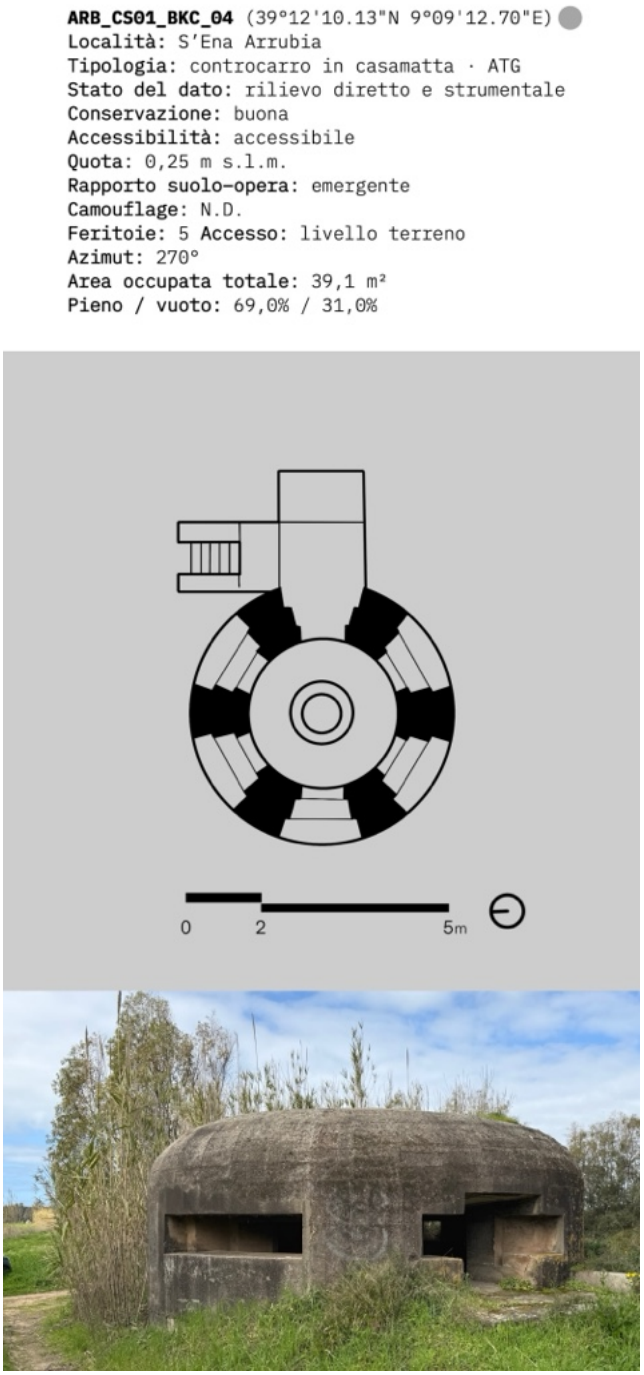


Fig. 1 — ARB_CS01_BKC_04, ad Arborea presso lo stagno S'Ena Arrubia: esempio di Scheda minima BKC. La pagina coordina la testata alfanumerica derivata dal record inventariale con i dati essenziali per la comprensione del manufatto difensivo, la pianta restituita orientata rispetto al fronte operativo prevalente e la fotografia documentaria del manufatto; la scala grafica è selezionata in rapporto alla configurazione tipologica. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

Le due soglie svolgono funzioni complementari. Il nucleo minimo di documentazione garantisce l'estensione inventariale, la continuità del sistema e la tracciabilità delle evidenze disponibili; la Scheda minima BKC stabilizza invece il sottoinsieme direttamente rilevato come repertorio architettonico riconoscibile e confrontabile. Questa distinzione impedisce sia di assimilare la documentazione del patrimonio alla sola disponibilità di rilievi completi, sia di attribuire alla scheda grafica un'esaustività che non le appartiene. La comparabilità viene assicurata dalla stabilità delle categorie, delle convenzioni e delle condizioni di ammissibilità del dato, non dall'imposizione della stessa quantità di elaborati a tutti i casi.

A partire dalla soglia inventariale comune e, dove disponibile, dalla Scheda minima BKC, il protocollo si sviluppa secondo una struttura incrementale. Ulteriori livelli di acquisizione, analisi e restituzione vengono attivati in funzione degli obiettivi della ricerca, della disponibilità delle fonti, della qualità del dato, delle condizioni operative e della rilevanza del caso rispetto alle linee analitiche della tesi. L'incremento non procede per accumulo indifferenziato, ma attraverso operazioni selettive e motivate: un raggruppamento può essere ricostruito alla scala territoriale anche quando alcune opere non risultano accessibili; un bunker direttamente rilevato può invece essere approfondito attraverso derivati metrici, elaborati percettivi o rappresentazioni multilivello quando tali operazioni producono un effettivo avanzamento conoscitivo.

La struttura incrementale rende così compatibili estensione e profondità, evitando tanto la dispersione documentaria quanto l'imposizione di un modello unico estraneo alle condizioni reali dei luoghi. Essa consente inoltre di distinguere ciò che è direttamente rilevato, ciò che deriva da fonti documentarie, ciò che è georeferenziato o strutturato per il confronto e ciò che richiede un'elaborazione interpretativa ulteriore, mantenendo controllabile il passaggio dall'inventario alla rappresentazione architettonica e territoriale.

3.1.3 Il disegno come strumento di ricerca e la struttura del capitolo

Entro il protocollo qui definito, il disegno non è assunto come semplice esito figurativo della ricerca né come momento conclusivo della restituzione, ma come strumento di conoscenza che partecipa attivamente alla costruzione del quadro interpretativo. Il suo ruolo si colloca all'intersezione tra osservazione diretta, fonti documentarie, rilievo e organizzazione del dato, contribuendo a rendere esplicite relazioni, gerarchie e scarti che la sola acquisizione metrica o la sola descrizione archivistica non restituiscono automaticamente. In questa prospettiva, il disegno non sostituisce il rilievo né si sovrappone alla banca dati georeferenziata: opera piuttosto come dispositivo di selezione, ordinamento e formalizzazione delle relazioni che rendono il patrimonio leggibile.

Questo ruolo è particolarmente rilevante nel caso dei paesaggi militari costieri, dove la forma del manufatto non può essere separata dal suolo, dalla vegetazione, dalle condizioni di visibilità e dalle trasformazioni intervenute nel tempo. Il bunker, la casamatta o il caposaldo non si offrono quasi mai come oggetti pienamente evidenti: emergono per frammenti, si confondono con la morfologia, riutilizzano elementi del paesaggio ordinario o sono stati alterati da processi successivi.

La natura stratificata del paesaggio militare trova corrispondenza in una rappresentazione capace di lavorare per livelli, scale e registri differenti. In questa prospettiva, il paesaggio può essere letto come palinsesto, non perché ogni traccia sia immediatamente disponibile alla lettura, ma perché la configurazione presente deriva da sovrapposizioni, cancellazioni e riusi che la rappresentazione deve

rendere distinguibili (Corboz, 1985). L'esperienza maturata nello studio dell'Atlantikwall come paesaggio di archeologia militare mostra, inoltre, come l'architettura difensiva del XX secolo richieda una lettura che tenga insieme manufatto, infrastruttura, morfologia e memoria culturale (Bassanelli & Postiglione, 2011). Il protocollo assume questa esigenza e la traduce in una sequenza di elaborati orientati a rendere confrontabili dati metrici, letture territoriali, osservazioni situate e rappresentazioni interpretative.

La struttura del capitolo risponde a tale impostazione. La Parte I definisce il rilievo integrato e gli output metrici e analitici che ne derivano, stabilendo scale, convenzioni, criteri di restituzione e famiglie di elaborati alla scala del manufatto, del caposaldo e del paesaggio. La Parte II formalizza il livello percettivo come componente di conoscenza situata, governando la componente individuale della produzione grafica mediante criteri dichiarabili e tracciabili. La Parte III definisce le modalità di integrazione tra questi registri, trasformando l'insieme degli output in rappresentazioni ibride e dispositivi di comunicazione della complessità del paesaggio militare. Tale articolazione non risponde a una ripartizione meramente espositiva, ma alla necessità di distinguere funzioni differenti della rappresentazione senza perdere l'unità del protocollo.

Il disegno può quindi essere riconosciuto come il luogo in cui la ricerca rende controllabile il passaggio dalla disponibilità del dato alla sua efficacia conoscitiva e comunicativa (fig. 2). La collaborazione tra base informativa, dato archivistico, osservazione, rilievo, restituzione e costruzione grafica non produce soltanto un sistema più robusto sul piano metodologico, ma costituisce già una prima forma di valorizzazione critica, nella misura in cui rende il patrimonio riconoscibile, leggibile e discutibile entro un quadro coerente di rappresentazioni.

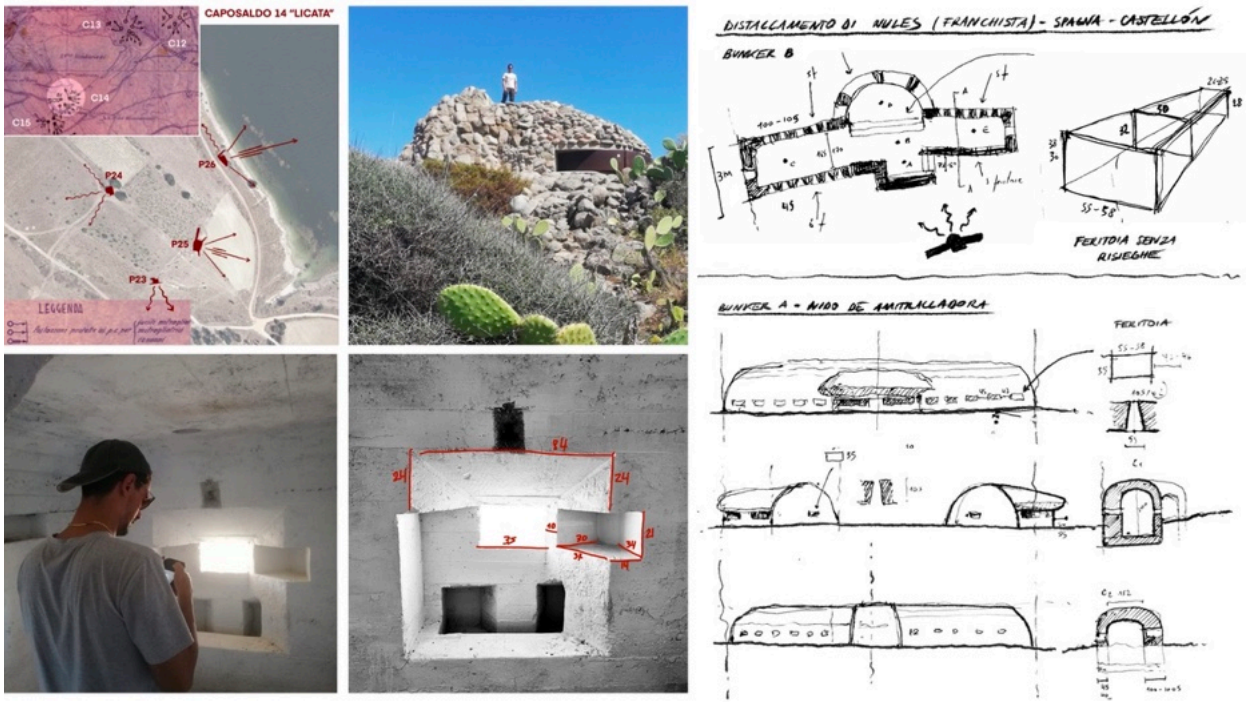


Fig. 2 — Rilievo diretto e annotazione metrica sul campo: misure a supporto del rilievo integrato e della verifica del dato digitale presso la postazione QSE_CS14_BKC58. Elaborazioni e foto di Andrea Pirinu e dell'autore.

3.1.4 Il protocollo come dispositivo metodologico e le quattro funzioni del disegno

Nel presente lavoro il protocollo non coincide con un insieme di strumenti, né con una sequenza di operazioni tecniche. Esso va inteso come dispositivo metodologico che organizza, rende espliciti e governa i passaggi attraverso cui la ricerca trasforma dati eterogenei in un sistema coerente di elaborati. In questa accezione, il protocollo definisce una filiera di operazioni che va dalla raccolta e dal consolidamento del dato alla scelta del livello di approfondimento, fino alla produzione degli elaborati e alla loro composizione in forme comparabili e comunicabili. A tale funzione regolativa appartengono anche la definizione di standard grafici, criteri di leggibilità, gerarchie informative e soglie di certezza, che consentono di mantenere distinta la natura dei materiali impiegati — dato rilevato, dato documentario, ipotesi, interpretazione, simulazione — senza rinunciare alla loro integrazione entro un quadro unitario.

In questo quadro, il disegno assume un ruolo centrale non perché esaurisca da solo il processo di rappresentazione, ma perché ne rende operativa la struttura. È nel disegno — analogico, digitale o ibrido — che il protocollo verifica la propria capacità di selezionare, ordinare e restituire relazioni complesse senza dissolverle in un accumulo indifferenziato di dati. Per questa ragione, il protocollo attribuisce al disegno quattro funzioni complementari, che non corrispondono a momenti rigidamente separati, ma a modalità differenti e interrelate di costruzione della conoscenza e della sua comunicazione.

La prima è una funzione analitica. Il disegno opera come strumento di conoscenza e di produzione concettuale, capace di isolare invarianti, chiarire rapporti tra le parti, rendere controllabili geometrie funzionali e relazioni tra manufatto, morfologia e assetto locale. In questa prospettiva esso non si limita a tradurre misure in immagini, ma rende leggibili configurazioni che, pur presenti nei dati, non risultano immediatamente evidenti senza un'operazione di ordinamento e messa in relazione. Al tempo stesso, il disegno svolge una funzione diagnostica e di controllo, perché orienta la pianificazione dell'osservazione, registra incongruenze, consente verifiche in corso d'opera e fissa decisioni operative, rendendo il processo più trasparente e rivedibile (Docci & Chiavoni, 2017; Docci et al., 2011; Evans, 1995; Schön, 1983).

La seconda è una funzione percettiva. Il disegno registra l'esperienza situata del luogo e ne organizza la leggibilità attraverso punti di vista, sequenze di avvicinamento, soglie di visibilità, condizioni atmosferiche e qualità materiali. In tale prospettiva, luce, colore, ombra, opacità, texture e densità ambientale non costituiscono effetti accessori, ma variabili che modulano l'esperienza del manufatto e ne condizionano la riconoscibilità. Il disegno rende queste variazioni osservabili e discutibili, trasformando la componente individuale della percezione in un campo di conoscenza controllato, dichiarabile e confrontabile, senza ridurla a impressione soggettiva indeterminata (Arnheim, 1974; Pallasmaa, 2009).

La terza è una funzione sintetica. Ogni rappresentazione efficace del paesaggio militare richiede una riduzione controllata della complessità, capace di rendere leggibili gerarchie e relazioni con un numero finito di segni. In questo senso, il disegno non semplifica genericamente il reale, ma costruisce sintesi ragionate attraverso selezione, omissione, discretizzazione e ordinamento. La sintesi non è perdita di informazione, ma operazione critica che trasforma dati multiscalari e pluristratificati in immagini operative, mantenendo esplicite le priorità di lettura e rendendo possibile la comparazione tra casi differenti (Bertin, 1983; Docci & Maestri, 1987).

La quarta è una funzione narrativa e diacronica. Il disegno consente di costruire sequenze coerenti di stati, permanenze, trasformazioni e scarti, rendendo intelligibile il modo in cui processi differenti concorrono alla configurazione presente del paesaggio militare. In questa accezione, la diacronia non è

una semplice successione cronologica di immagini, ma un dispositivo narrativo controllato che connette evidenze, fonti, ipotesi e scenari entro una costruzione grafica seriale. La funzione narrativa non sostituisce l'analisi né la verifica, ma ne costituisce un'estensione ordinata, capace di rendere comunicabili le trasformazioni e di restituire il paesaggio come esito di stratificazioni e adattamenti successivi (Emmons et al., 2016; McGuire, 2014).

Considerate nel loro insieme, queste quattro funzioni mostrano che il disegno non agisce nel protocollo come supporto illustrativo, ma come dispositivo di mediazione tra acquisizione, interpretazione e comunicazione. La sua centralità dipende dalla possibilità di mantenere controllabili le soglie tra evidenza, costruzione critica e trasmissione dei risultati, evitando sia la riduzione della rappresentazione a puro dato tecnico sia la sua deriva verso una libertà espressiva non verificabile. Nel caso di patrimoni scomodi, marginali e scarsamente rappresentati, tale collaborazione assume anche una valenza culturale specifica: la produzione di un corpus iconografico coerente non svolge soltanto una funzione documentaria, ma costruisce condizioni di riconoscibilità, rendendo visibili e discutibili forme, relazioni e scarti percettivi rimasti ai margini. La rappresentazione non coincide ancora con la valorizzazione in senso pieno, ma ne costituisce un principio attivo, perché rende praticabile una risignificazione critica del patrimonio e predispone il passaggio verso forme future di tutela, fruizione e comunicazione. In questa prospettiva, l'atto di osservare, ridisegnare e strutturare graficamente il paesaggio militare può essere inteso come forma di cura (fig. 3): non come compensazione simbolica dell'assenza di gestione, ma come costruzione delle condizioni di accesso culturale al bene (Manganaro, 2011).



Fig. 3 — Disegno a penna BIC di uno dei bunker del parco di Molentargius (CAG_CS17_BKC_75). Disegno dell'autore.

Parte I — Rilievo integrato e output metrici e analitici

3.2 — Acquisizione e rilievo integrato: dal dato alla restituzione grafica

3.2.1 Il rilievo integrato come costruzione coordinata del dato

Nel quadro del presente protocollo, il rilievo integrato non è inteso come semplice affiancamento di tecniche differenti, né come incremento quantitativo delle acquisizioni disponibili. Esso si configura come processo coordinato di costruzione del dato, nel quale osservazione diretta, verifica in situ, fonti documentarie, cartografie, fotografie, acquisizioni strumentali e struttura informativa georeferenziata concorrono alla produzione di output metrici e analitici controllabili. Il suo valore non dipende dalla molteplicità degli strumenti impiegati, ma dalla capacità di mettere in relazione dati di natura diversa entro una filiera coerente, orientata alla lettura architettonica, tipologica e territoriale del manufatto difensivo.

Il rilievo integrato risponde a una necessità specifica del paesaggio militare. Le architetture difensive qui considerate non si lasciano comprendere pienamente attraverso il solo dato metrico né attraverso la sola documentazione storica, perché la loro intelligibilità dipende dal rapporto tra manufatto, morfologia del sito, assetto del raggruppamento, campo visivo, accessi, trasformazioni successive e condizioni attuali di leggibilità. Una pianta o una sezione possono restituire la geometria dell'opera, ma non spiegano da sole il suo posizionamento entro il dispositivo; allo stesso modo, una fonte archivistica può chiarire funzioni originarie o assetti perduti, ma necessita di confronto con le permanenze materiali e con le trasformazioni del contesto. Il rilievo integrato opera in questa soglia, trasformando dati eterogenei in un quadro conoscitivo verificabile.

La logica integrata implica un rapporto non lineare tra acquisizione, verifica e organizzazione del dato. Le operazioni di sopralluogo, le misure dirette o strumentali, il confronto con le fonti archivistiche e cartografiche, l'inserimento nella base informativa georeferenziata e la produzione di derivati metrici non costituiscono fasi isolate, ma momenti reciprocamente correttivi. Una misura può confermare o correggere una classificazione preliminare; una fotografia storica può orientare il riconoscimento di una lacuna; un modello tridimensionale può rendere leggibile un rapporto con il suolo non immediatamente evidente durante la ricognizione; una sezione può rivelare incoerenze tra interpretazione tipologica e assetto reale. Il dato non è pertanto assunto come materiale grezzo da tradurre meccanicamente in disegno, ma come esito progressivo di una costruzione critica.

Questa impostazione consente di ricondurre le diverse tecnologie di acquisizione a funzioni conoscitive precise, senza trasformare il protocollo in un repertorio strumentale. Il rilievo diretto, la fotografia, la fotogrammetria UAS, il laser scanning terrestre, il mobile LiDAR e le elaborazioni GIS entrano nel processo secondo la scala dell'indagine, l'accessibilità, lo stato di conservazione, la densità della vegetazione, il tipo di output previsto e il livello di precisione necessario. Il laser scanning terrestre è stato impiegato in campagne circoscritte, quando la configurazione del caso e gli obiettivi del rilievo ne giustificavano l'impiego; la fotogrammetria UAS ha assunto maggiore rilevanza alla scala del raggruppamento e del paesaggio, per documentare morfologia, distribuzione delle opere e relazione con il terreno.

Alla scala architettonica, il mobile LiDAR mediante smartphone e applicazione Scaniverse ha costituito lo strumento ricorrente delle campagne estese (fig. 4). La scelta è dipesa dalla corrispondenza fra

caratteristiche operative del dispositivo e condizioni del corpus: dimensioni generalmente contenute dei bunker, numerosità e dispersione territoriale dei casi, necessità di acquisizioni rapide e ripetibili e frequente presenza di ambienti angusti, interrati o prossimi a condizioni quasi speleologiche. La maneggevolezza dello strumento ha consentito di mantenere, quando le condizioni materiali lo permettevano, la continuità di acquisizione fra involucro esterno, accesso e spazi interni, documentando camere operative, corridoi, ricoveri e vani serventi difficilmente percorribili con apparecchiature più ingombranti. Questa strategia ha reso sostenibile l'estensione del rilievo a un numero elevato di manufatti, senza assumere il mobile LiDAR come sostituto generalizzato di strumenti caratterizzati da portata o accuratezza superiore.

Il rilievo integrato costruisce così il dato da cui derivano gli output metrici e analitici, ma non coincide ancora con la loro restituzione. Prima di giungere agli elaborati è necessario distinguere le famiglie di informazioni che entrano nel protocollo, chiarirne lo statuto conoscitivo e stabilire in che modo la loro integrazione possa produrre rappresentazioni verificabili e proporzionate agli obiettivi della ricerca.



Fig. 4 — Selezione di modelli tridimensionali texturizzati prodotti nelle campagne di rilievo dei bunker del Golfo di Cagliari visualizzati attraverso l'applicazione mobile Scaniverse su IPhone 16 Pro Max. Rilievi ed acquisizioni digitali dell'autore.

3.2.2 Le famiglie di dato in ingresso al protocollo

Il rilievo integrato non produce un dato omogeneo, ma mette in relazione una pluralità di informazioni differenziate per provenienza, statuto e funzione. La sua efficacia dipende dalla possibilità di mantenere esplicita tale differenziazione, evitando che l'integrazione si traduca in una sovrapposizione indistinta di materiali eterogenei. Nel protocollo si distinguono quattro famiglie principali: dato metrico, dato rilevato/osservato, dato documentario e dato strutturato. La distinzione non introduce compartimenti rigidi, ma definisce le condizioni attraverso cui ciascun materiale può essere usato in modo controllato.

Il dato metrico comprende le informazioni quantitative derivate da misure dirette o da acquisizioni strumentali, assunte come base per la definizione geometrica del manufatto e per la costruzione di materiali misurabili utili alla restituzione tecnica. Esso riguarda dimensioni, rapporti spaziali, quote, orientamenti, spessori, profili, sezioni e più in generale tutti gli elementi che consentono di controllare la forma costruita. Il dato metrico può derivare da rilievo diretto, fotogrammetria, laser scanning, mobile mapping, modelli digitali del terreno, ortofoto o altri derivati, ma il suo valore non coincide con la densità dell'acquisizione: dipende dalla sua capacità di alimentare output verificabili e pertinenti rispetto alla domanda conoscitiva.

Il dato rilevato/osservato deriva dalla verifica diretta del luogo e riguarda le informazioni che non si riducono a misure quantitative, ma risultano decisive per comprendere condizioni di accesso, soglie di leggibilità, rapporti visuali, integrazione nella morfologia, permanenze, lacune, interferenze vegetazionali, riusi, tracce d'uso e stato materiale dell'opera. Questa famiglia di dati mantiene un carattere situato, perché dipende dalle condizioni concrete dell'osservazione; tuttavia, non coincide con impressione soggettiva. Per entrare nel protocollo, l'osservazione deve essere registrata, motivata e resa confrontabile attraverso fotografie, eidotipi, note di campo, schemi di relazione e annotazioni sulle condizioni di acquisizione.

Il dato documentario comprende le informazioni desunte da fonti archivistiche, cartografiche, manualistiche, iconografiche, fotografiche e bibliografiche, ossia da testimonianze indirette che consentono di collocare l'opera entro una genealogia progettuale, costruttiva e territoriale più ampia. Attraverso tali fonti divengono leggibili assetti perduti, denominazioni, funzioni, cronologie, tipologie previste, configurazioni originarie e relazioni con altri elementi del sistema. Il dato documentario non può però essere trasferito automaticamente nella rappresentazione: deve essere confrontato con le permanenze materiali e qualificato secondo il proprio livello di attendibilità, soprattutto quando riguarda opere distrutte, trasformate o non verificabili.

Il dato strutturato è costituito dalle informazioni già organizzate entro la base informativa della ricerca, correlate a record, attributi, georeferenziazione, codici, relazioni sistemiche e classificazioni tipologiche. A differenza delle altre famiglie, esso non coincide con una fonte primaria in senso stretto, ma con la forma ordinata e interrogabile assunta dai dati una volta normalizzati. Il suo ruolo è decisivo perché consente di collegare il singolo manufatto al settore, al caposaldo, alla rete difensiva, alla batteria o al sistema territoriale di appartenenza. Il dato strutturato rende possibile il passaggio dalla documentazione puntuale alla comparazione e prepara gli elaborati che operano a scala di caposaldo, settore e paesaggio.

La distinzione tra queste famiglie risponde a una necessità metodologica. Solo mantenendo esplicita la differenza tra dato metrico, dato rilevato/osservato, dato documentario e dato strutturato è possibile governare il passaggio dalla disponibilità delle informazioni alla loro trasformazione in materiale conoscitivo e rappresentativo. L'integrazione non annulla le differenze tra le fonti, ma le rende operative

entro un sistema controllato: ogni elaborato deve poter dichiarare su quale combinazione di dati si fonda e quali soglie di certezza sostiene.

3.2.3 Livelli di approfondimento del rilievo e condizioni operative

Il protocollo non presuppone un'applicazione uniforme del rilievo a tutti i manufatti, ma ne regola l'intensità secondo un principio di proporzionalità metodologica. In una ricerca che opera su un patrimonio esteso, disomogeneo e distribuito su scale differenti, l'approfondimento non può essere stabilito una volta per tutte in termini astratti, né applicato con la stessa densità a ogni caso. Deve essere commisurato agli obiettivi della ricerca, allo statuto del manufatto nel sistema, alle condizioni di accesso, allo stato di conservazione e alla qualità delle evidenze disponibili.

La proporzionalità del rilievo può essere espressa attraverso una relazione operativa fra domanda conoscitiva, tecnica di acquisizione, densità del dato e output previsto. La domanda stabilisce quali relazioni debbano essere chiarite; la tecnica determina le modalità attraverso cui acquisirle; la densità definisce il grado di dettaglio necessario; l'output orienta fin dall'inizio le operazioni di campo e di elaborazione. La sequenza non deve essere intesa come processo rigidamente lineare, poiché i risultati intermedi possono correggere la domanda iniziale o richiedere acquisizioni integrative, ma impedisce che la disponibilità dello strumento determini autonomamente forma ed estensione del rilievo.

Questa differenziazione risponde anzitutto alla funzione assunta dal caso entro la strategia analitica della tesi. Non tutti i manufatti occupano la medesima posizione nella costruzione del caso guida, nella comparazione tipologica o nella lettura territoriale del sistema difensivo. I casi centrali per la verifica del protocollo, per l'analisi del Golfo di Cagliari, per la costruzione dell'Atlante o per il riconoscimento di una configurazione tipologica richiedono un livello di approfondimento maggiore. Altri casi, pur censiti e documentati, possono rimanere entro la soglia inventariale o ricevere elaborati sintetici quando una restituzione più densa non produrrebbe un effettivo avanzamento conoscitivo.



Fig. 5 — Campagna di rilevamento mediante UAS alla scala del raggruppamento e del paesaggio. La distribuzione delle traiettorie di acquisizione è orientata alla costruzione del modello fotogrammetrico e alla lettura coordinata di manufatti, morfologia, vegetazione e contesto insediativo. Rilievo ed elaborazione di Nicola Paba, Andrea Pirinu e dell'autore.

Alla documentazione minima corrisponde la costruzione del record inventariale mediante localizzazione, fotografie, fonti e osservazioni disponibili, senza presupporre necessariamente un'acquisizione tridimensionale. Il rilievo metrico alla scala del manufatto richiede invece misure dirette o strumentali sufficienti a restituire impianto, spessori, aperture, articolazione interna e rapporto immediato con il terreno. Quando la domanda riguarda l'organizzazione del caposaldo o la relazione fra opere e morfologia, l'acquisizione si estende alla scala del raggruppamento attraverso fotogrammetria UAS (fig. 5), dati topografici, ortofoto, GIS e ricognizione sul terreno.

Un ulteriore grado riguarda le acquisizioni finalizzate alle tavole D, nelle quali il dato deve consentire la costruzione coordinata di viste zenitali, proiezioni ortogonali, piante, sezioni e altri derivati metrici alla scala del manufatto. Le tavole M richiedono invece la disponibilità e l'integrazione di strati differenziati — acquisizione tridimensionale, ridisegno, terreno, dati documentari o ricostruzioni controllate — quando l'obiettivo consiste nel rendere leggibili relazioni non esauribili attraverso un'unica proiezione. D e M non corrispondono pertanto a due tecniche di rilievo autonome: rappresentano differenti destinazioni conoscitive del dato, la cui architettura editoriale sarà formalizzata nella Parte III.

Le condizioni operative incidono in modo decisivo su questa modulazione. Accessibilità, praticabilità del sito, possibilità di percorrenza degli spazi interni ed esterni, sicurezza delle operazioni, densità della vegetazione, presenza di interramenti, interferenze dovute agli usi attuali o a proprietà non accessibili orientano concretamente il livello di acquisizione possibile. Il protocollo non interpreta tali condizioni come eccezioni esterne al metodo, ma come variabili da registrare. Una documentazione limitata può essere metodologicamente valida se dichiara le proprie condizioni e mantiene esplicita la distanza tra dato acquisito, dato non verificabile e ipotesi interpretativa.

Anche lo stato di conservazione determina il regime di rilievo applicabile. Opere integre o ancora leggibili nella loro articolazione spaziale consentono acquisizioni più dense dei rapporti tra impianto, distribuzione, spessori, aperture, relazione con il terreno e connessioni con l'intorno. Manufatti lacunosi, interrati, crollati o trasformati richiedono invece un regime orientato alla distinzione tra permanenze accertate, parti non leggibili e possibili inferenze. La lacuna non viene neutralizzata mediante un completamento grafico immotivato, ma registrata come parte del dato.

Il protocollo configura quindi una progressione selettiva che comprende documentazione inventariale, rilievo metrico del manufatto, acquisizione multiscalare del raggruppamento, integrazione con GIS e derivati territoriali e, nei casi prescelti, costruzione di tavole D e M. Tale progressione non è lineare né obbligatoria per ogni caso, ma rende controllabile il rapporto tra estensione del censimento e profondità del rilievo e chiarisce le ragioni per cui alcuni manufatti ricevono una restituzione più articolata mentre altri rimangono entro un livello documentario più sintetico.

3.2.4 Il disegno come supporto operativo all'osservazione e al rilievo

All'interno del rilievo integrato, il disegno svolge una funzione operativa preliminare e trasversale. Non interviene soltanto nella fase finale della restituzione, ma accompagna l'osservazione, orienta le scelte di acquisizione, registra condizioni di campo e costruisce una prima gerarchia delle informazioni rilevanti. In questa funzione, il disegno non coincide ancora con l'elaborato conclusivo, ma con una pratica di supporto al processo conoscitivo: eidotipi, schizzi planimetrici, diagrammi di relazione, schemi di visibilità, annotazioni e logbook costituiscono strumenti attraverso cui il rilievo diventa procedura controllata.

Nel pre-rilievo e nella ricognizione iniziale, il disegno contribuisce a dare ordine a contesti spesso frammentari, privi di planimetrie aggiornate e segnati da trasformazioni che ne rendono instabile la lettura. Schizzi e annotazioni permettono di individuare accessi, dislivelli, soglie, zone di occlusione, elementi emergenti, rapporti tra manufatto e morfologia, interferenze vegetazionali e possibili punti di acquisizione. In questa fase il disegno svolge una funzione di selezione: chiarisce quali requisiti informativi siano necessari rispetto agli obiettivi del rilievo e quali componenti possano essere trattate per sintesi. Esso opera come dispositivo di anticipazione, evitando che la potenza degli strumenti digitali produca un dato ad alta densità ma scarsamente orientato (Bertocci & Bini, 2012; Docci et al., 2011).

Durante la campagna di rilievo, il disegno analogico non sostituisce gli strumenti digitali, ma ne potenzia la funzionalità come supporto di controllo. Nel caso della fotogrammetria UAS, anche quando il volo sia supportato da modelli digitali del terreno e da procedure semi-automatizzate, i paesaggi militari richiedono decisioni legate alla leggibilità di allineamenti, coperture difensive, relazioni tra opere e morfologia, mascheramenti e occlusioni prodotti dalla vegetazione. Uno schema di riprese, anche essenziale, consente di orientare l'acquisizione verso ciò che serve a comprendere e non soltanto a ricostruire. Nel laser scanning terrestre, soprattutto in interni articolati o in contesti instabili, la qualità del dato dipende dalla strategia di posizionamento delle stazioni e dalla gestione delle occlusioni. Nel rilievo mobile LiDAR, invece, il risultato è sensibile alla continuità del percorso, alla coerenza della scansione e alla chiusura dei loop. In tutti questi casi, il ridisegno a partire dalla nuvola di punti, intesa come base metrica controllata, risulta essere un passaggio fondamentale (fig. 6).

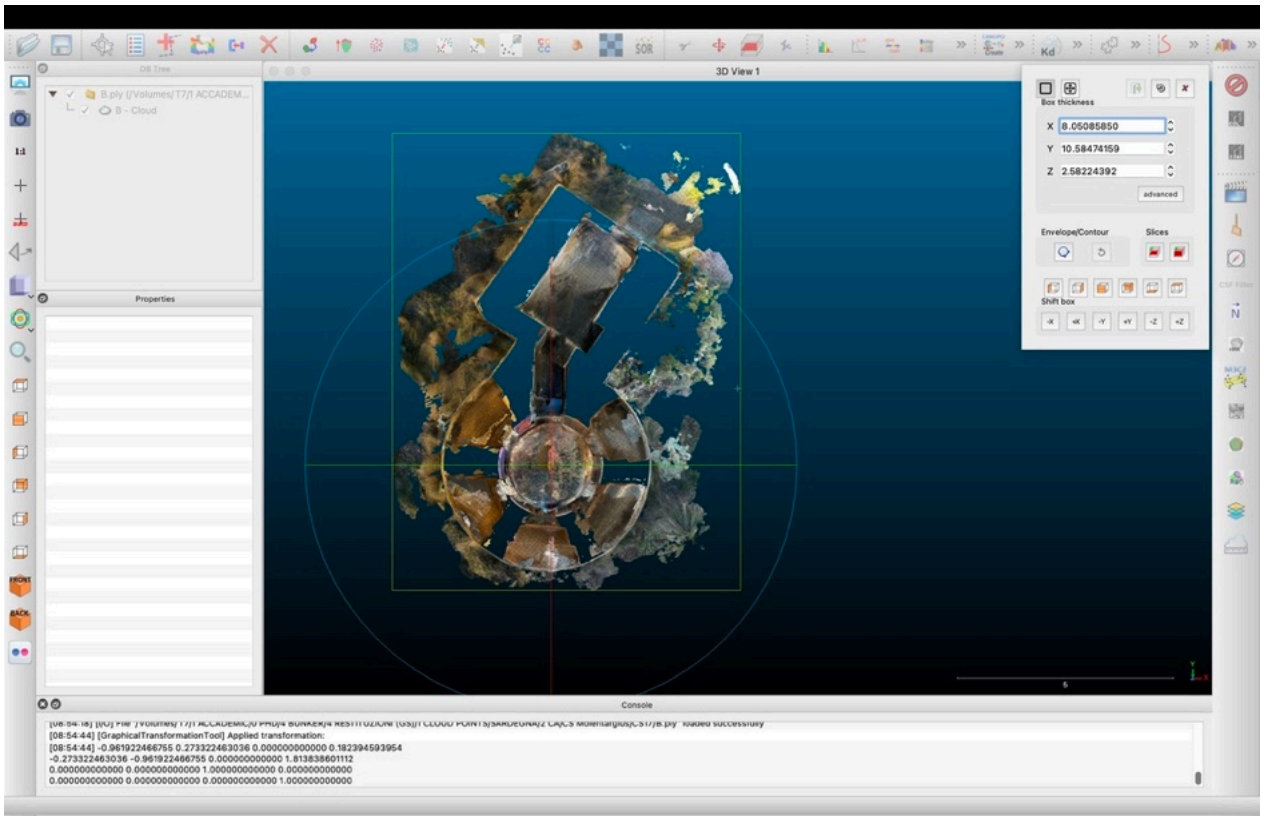


Fig. 6 — Screenshot che mostra una sezione planimetrica di una nuvola di punti di bunker circolare monoarma all'interno dello spazio di lavoro di CloudCompare: lettura del rapporto tra massa muraria e spazio interno praticabile. Elaborazione dell'autore

Il disegno supporta anche la registrazione di dati qualitativi che i dataset digitali non incorporano in modo nativo: condizioni di luce, cromie percepite, matericità, tracce d'uso, ostacoli locali, criticità di accesso, soglie tra visibile e nascosto, densità della vegetazione e variazioni percettive del sito. Questa funzione può essere intesa come dispositivo di iscrizione, cioè come passaggio attraverso cui l'esperienza sul campo viene tradotta in una rappresentazione organizzata e dotata di valore analitico e comunicativo (Latour, 1986). La funzione di logbook è metodologicamente decisiva perché documenta non solo i risultati, ma anche le condizioni e le scelte che li hanno prodotti.

Superata la fase di acquisizione, quando nuvole di punti, ortofoto, mesh e altri derivati metrici vengono processati e integrati, il disegno assume una funzione di sintesi critica. Il dato digitale può risultare eccedente o ridondante; il disegno consente di costruire gerarchie interpretative, esplicitare relazioni qualitative e rendere intelligibile la complessità senza banalizzarla. In questa prospettiva esso non è mera descrizione, ma atto di ordinamento del rilevante, capace di mediare tra registrazione tecnica e comprensione architettonica del luogo (Amoruso, 2010).

3.2.5 Dal dato acquisito ai derivati metrici e alla restituzione tecnica

Il passaggio dal dato acquisito alla restituzione tecnica non è automatico. Tra acquisizione e rappresentazione si colloca una filiera di verifica, elaborazione e selezione attraverso cui misure, fotografie, nuvole di punti, mesh, dati GIS e note di campo vengono trasformati in materiali metrici utilizzabili. Tale filiera comprende, con adattamenti dipendenti dalla tecnica e dal caso, l'acquisizione sul campo, il controllo preliminare della copertura, la verifica metrica, la pulizia e l'eventuale allineamento del dato, la produzione della nuvola o della superficie tridimensionale, l'estrazione di ortoproiezioni e sezioni, il ridisegno e la costruzione della restituzione tecnica. Ciascun passaggio modifica la forma dell'informazione e deve quindi rimanere riconoscibile e controllabile.

Il controllo inizia durante la campagna di rilevamento. La verifica della continuità geometrica, della copertura delle superfici e della leggibilità degli spazi consente di individuare tempestivamente occlusioni, disallineamenti o parti non acquisite. Misure dirette riferite a dimensioni riconoscibili — larghezze degli accessi, sviluppo dei vani, spessori leggibili o distanze fra punti stabili — forniscono riferimenti indipendenti con cui confrontare il dato digitale. Il controllo prosegue durante l'elaborazione attraverso il confronto fra sezioni, proiezioni, fotografie, eidotipi e geometrie ricorrenti, evitando che la densità del dataset venga assunta come prova automatica della sua accuratezza.

È necessario distinguere i principali prodotti intermedi. La nuvola di punti (fig. 7) registra la geometria mediante un insieme discreto di punti nello spazio e costituisce una base misurabile, ma non una superficie continua. La mesh interpola il dato attraverso una struttura di facce triangolari e rende leggibile l'involucro, introducendo tuttavia operazioni di ricostruzione delle superfici che possono amplificare lacune o rumore. Il modello tridimensionale texturizzato associa alla geometria una componente fotografica che facilita il riconoscimento di materiali, aperture, alterazioni e relazioni con il contesto. Questi prodotti non sono equivalenti e devono essere denominati in funzione della loro effettiva natura, evitando di utilizzare "nuvola di punti", "mesh" e "modello tridimensionale" come termini intercambiabili.

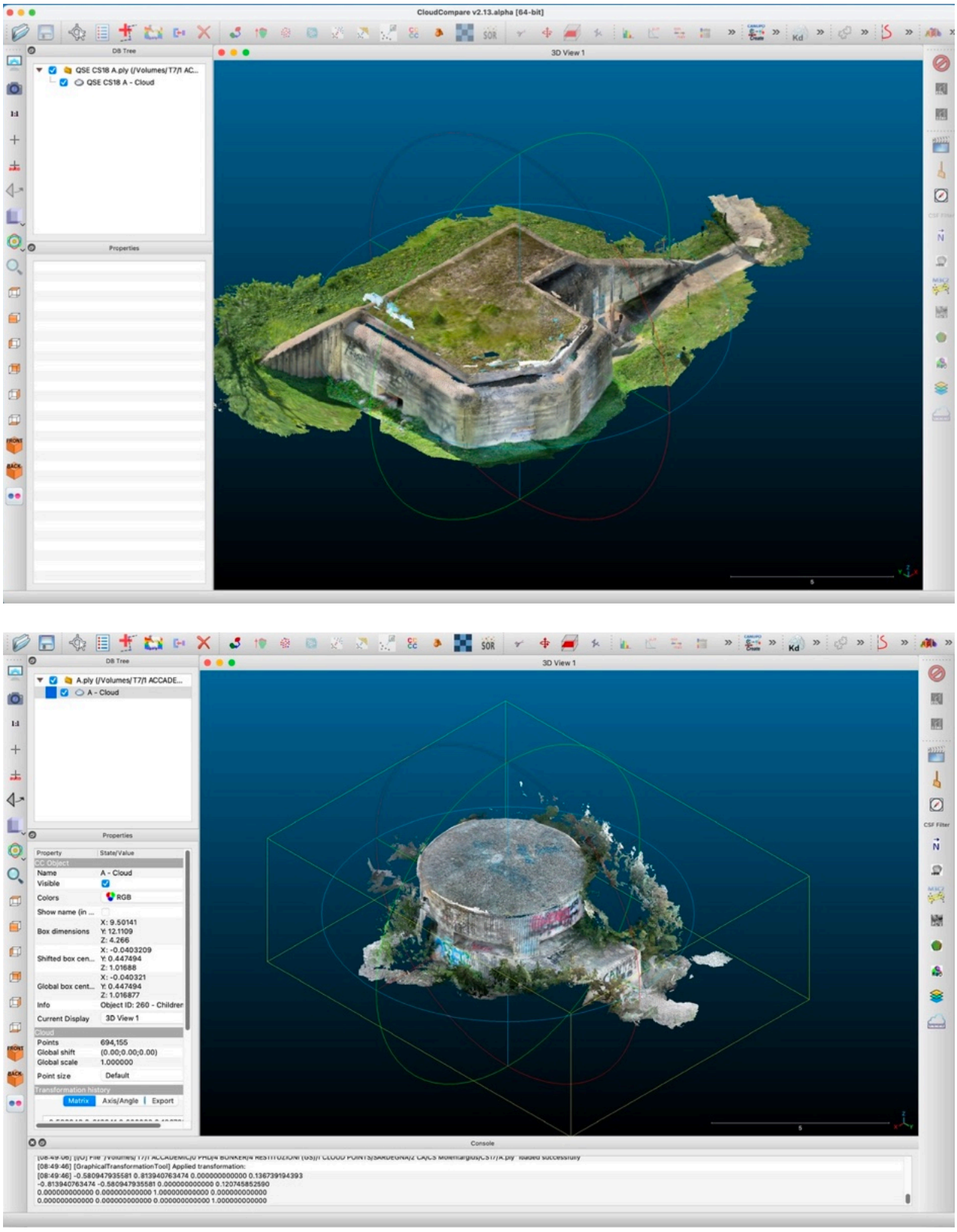


Fig. 7 — Modelli tridimensionali di bunker del Golfo di Cagliari visualizzati nell'ambiente di elaborazione CloudCompare. Le viste consentono di verificare la copertura delle superfici, le lacune del dato e il rapporto fra involucro architettonico e contesto prossimo prima dell'estrazione dei derivati metrici. Rilievi ed elaborazione dell'autore.



Fig. 8 — Applicazione del rilevamento digitale a scale differenti. Il primo pannello coordina modello tridimensionale e proiezioni di un bunker; il secondo integra acquisizioni terrestri e aeree per la costruzione di un profilo alla scala del paesaggio. La variazione di scala modifica estensione, densità e funzione del dato acquisito. In basso: sezione derivata dal modello tridimensionale di un bunker (QSE_CS14_BKC_58) e utilizzata come base metrica per la restituzione planimetrica. La proiezione conserva le informazioni acquisite sulle superfici visibili. Rilievi di Raffaele Argiolas, Nicola Paba e dell'autore.

Nuvole, mesh e modelli vengono interrogati in rapporto alla scala e all'output previsto. Alla scala del manufatto possono essere sezionati secondo piani orizzontali e verticali, proiettati ortogonalmente o isolati dal contesto per produrre basi metriche destinate a piante, sezioni e prospetti (fig. 8). Alla scala del raggruppamento o del paesaggio possono invece concorrere alla costruzione di profili del terreno, modelli di superficie, ortofoto e letture coordinate della distribuzione delle opere. Il ridisegno non riproduce integralmente il dataset, ma lo trasforma in un elaborato architettonico verificabile attraverso convenzioni grafiche e criteri di sintesi.

La restituzione tecnica comprende piante, sezioni, prospetti, profili e schemi geometrici costruiti a partire dai derivati metrici. Tali elaborati devono mantenere un rapporto controllabile con i dati di origine, ma non possono essere considerati trascrizioni neutrali. La loro costruzione comporta decisioni relative al piano di sezione, alla scala, al grado di dettaglio, alle gerarchie di linea e al trattamento delle parti non acquisite. Il passaggio dal dato all'elaborato implica quindi una responsabilità interpretativa: ciò che viene rappresentato, ciò che viene omesso e ciò che viene posto in evidenza devono rispondere a una funzione conoscitiva dichiarabile.

Nelle tavole D, la filiera viene resa leggibile attraverso il coordinamento dei derivati metrici del rilievo digitale: viste zenitali, proiezioni ortogonali, piante, sezioni, spaccati o confronti tra superficie acquisita e ridisegno. La tavola non viene definita genericamente come rappresentazione della "nuvola di punti", ma attraverso i prodotti effettivamente impiegati e il rapporto che essi stabiliscono con la restituzione. Le proiezioni ortogonali vengono coordinate alla stessa scala quando la struttura dell'elaborato lo consente; assonometrie e spaccati possono invece rispondere a un diverso regime dimensionale, da dichiarare nella scala grafica o nella didascalia.

Le tavole M intervengono quando la domanda richiede di integrare registri o strati differenti. Il dato acquisito può essere correlato al ridisegno del terreno, alla ricostruzione di parti non direttamente leggibili, alla distinzione fra involucro e spazi interni o al confronto fra stati temporali. Il modello geometrico interpretativo utilizzato in questi elaborati deve rimanere distinto dal modello tridimensionale derivato dall'acquisizione: il primo deriva da un processo di astrazione, regolarizzazione o ricostruzione; il secondo conserva un rapporto diretto, seppure incompleto e mediato, con le superfici rilevate. La compresenza dei due registri è ammissibile soltanto quando la loro differenza viene resa esplicita.

I derivati metrici e le restituzioni dialogano infine con il dato strutturato. Il rilievo di un manufatto non produce soltanto immagini della sua forma, ma materiali associati a un record identificato mediante codice, localizzazione, attributi, tipologia, stato di conservazione, livello di confidenza e relazioni con il raggruppamento di appartenenza. La filiera che conduce dall'acquisizione alle tavole D e M rimane così connessa alla medesima infrastruttura conoscitiva costituita dal database e dal GIS, senza confondere il dato metrico con la sua successiva formalizzazione grafica e interpretativa (De Luca, 2014).

3.2.6 Limiti, soglie e incompletezze del rilievo

Il rilievo delle architetture difensive costiere è strutturalmente esposto a limiti, soglie e incompletezze. Tali condizioni non rappresentano anomalie del processo, ma circostanze ordinarie del lavoro su un patrimonio spesso abbandonato, parzialmente interrato, trasformato, degradato o difficilmente accessibile. Il protocollo non deve occultarle né compensarle mediante restituzioni apparentemente

complete; deve renderle esplicite e trasformarle in informazioni controllate, distinguendo ciò che è rilevato, ciò che è documentato, ciò che è inferito e ciò che rimane non verificabile.

Una prima famiglia di limiti riguarda la condizione materiale dei manufatti. Interramenti, crolli, occlusioni, vegetazione densa, detriti, allagamenti, trasformazioni edilizie, chiusure improprie o riusi possono impedire la lettura completa degli spazi interni ed esterni. Le feritoie, gli accessi protetti e gli spessori profondi generano zone d'ombra difficili da acquisire da una sola posizione o traiettoria; analogamente, le superfici controterra e le parti ricoperte non possono essere ricostruite sulla base della sola continuità apparente delle porzioni visibili. In questi casi il rilievo documenta esclusivamente le parti accessibili o osservabili, lasciando lacune che non devono essere colmate senza evidenze indipendenti.

Una seconda famiglia riguarda le condizioni operative. Sicurezza del sito, proprietà privata, limitazioni di accesso, impossibilità di percorrere alcuni vani o di acquisire determinati punti di vista possono ridurre la completezza del rilievo. La parzialità non invalida il dato, purché sia dichiarata e non venga trasformata in un'immagine di completezza. Un'acquisizione circoscritta può risultare scientificamente utile se rende riconoscibili la propria estensione, le superfici effettivamente documentate e le parti non verificabili.

Il mobile LiDAR impiegato nelle campagne presenta inoltre limiti strumentali specifici. La portata utile contenuta lo rende efficace soprattutto alla scala del manufatto e del suo intorno prossimo, ma non sostitutivo delle acquisizioni territoriali o di sistemi caratterizzati da maggiore portata e accuratezza. La qualità geometrica dipende dalla continuità del percorso e dalla capacità di mantenere relazioni stabili fra le superfici acquisite. Percorsi frammentati, ritorni insufficienti o traiettorie troppo estese possono produrre errori cumulativi e fenomeni di deriva; la chiusura di percorsi ad anello, quando la configurazione spaziale lo consente, permette di controllare ma non di eliminare automaticamente tali deformazioni. Vegetazione, detriti, superfici non raggiungibili e occlusioni profonde introducono inoltre discontinuità che la generazione della mesh può soltanto interpolare, non documentare.

Per queste ragioni la nuvola di punti o il modello tridimensionale non vengono assunti come riproduzioni complete e autosufficienti del manufatto. Il dato digitale viene verificato attraverso misure dirette riferite a distanze riconoscibili, confronto fra dimensioni interne ed esterne, coerenza di sezioni e proiezioni, controllo dei ritorni del percorso e riscontro con fotografie, eidotipi e osservazioni di campo. Eventuali incongruenze non vengono corrette mediante regolarizzazioni tacite: devono essere risolte attraverso un controllo ulteriore oppure mantenute come limiti del dato. La restituzione può regolarizzare il rumore dell'acquisizione, ma non può attribuire certezza geometrica a parti non rilevate.
A tali limiti si aggiungono quelli documentari e conoscitivi. La disponibilità disomogenea delle fonti, la perdita di documentazione originaria, la frammentarietà delle carte e le contraddizioni fra evidenze possono ridurre la possibilità di mettere in relazione lo stato attuale dell'opera con la configurazione di guerra, le trasformazioni successive o il contesto funzionale di appartenenza. L'assenza di dato non deve essere colmata artificialmente: se correttamente registrata, contribuisce alla valutazione del livello di confidenza e determina l'estensione legittima dell'elaborato.

Il riconoscimento dei limiti non costituisce quindi una giustificazione preventiva, ma una componente strutturale del metodo. Solo rendendo esplicite condizioni di acquisizione, lacune, soglie di precisione e operazioni di controllo è possibile mantenere verificabile il rapporto tra dato, interpretazione e rappresentazione. Il limite concorre a definire la forma della documentazione possibile e governa il passaggio alle convenzioni di restituzione degli elaborati metrici e analitici.

3.3 — Scale, convenzioni e criteri di restituzione

3.3.1 Regimi di scala della restituzione tecnica

La restituzione tecnica del paesaggio militare non si sviluppa entro una scala unica, ma secondo regimi di scala distinti, ciascuno dei quali seleziona un diverso campo di leggibilità e rende visibili relazioni differenti tra opera, contesto e sistema. La scala non va intesa soltanto come rapporto numerico di riduzione, ma come dispositivo di selezione: stabilisce quali informazioni siano pertinenti, quale grado di dettaglio sia necessario e quali relazioni possano essere restituite senza produrre opacità grafica. In questo senso, la scala è parte del metodo e non una semplice proprietà dell'elaborato.

Il primo regime è quello della scala del manufatto, nella quale la restituzione tecnica è orientata alla leggibilità dell'impianto, della distribuzione spaziale, dei rapporti tra pieni e vuoti, della relazione tra spessori, aperture, percorsi interni e connessione con il suolo immediato. A questa scala, il problema principale non è l'estensione territoriale del sistema, ma la comprensione dell'organismo architettonico nella sua configurazione costruita. La pianta, la sezione e il profilo consentono di leggere il manufatto come unità tipologica, tecnica e spaziale.

Il secondo regime è quello della scala del caposaldo, nel quale il manufatto cessa di essere letto come unità isolata e viene restituito entro un assetto locale costituito da relazioni tra opere, tracciati, quote, accessi, campi di copertura e connessioni con la morfologia circostante. Qui la rappresentazione deve rendere leggibili non solo le caratteristiche dei singoli bunker, ma la loro disposizione reciproca, la loro funzione entro il raggruppamento e il modo in cui l'insieme costruisce una struttura difensiva coordinata.
Il terzo regime è quello della scala territoriale e paesaggistica, nella quale la restituzione tecnica è chiamata a rendere leggibili le relazioni tra capisaldi, settori, morfologia costiera, linee di accesso, nodi strategici e struttura complessiva del sistema difensivo. A questa scala l'attenzione non si concentra più sulla definizione analitica del singolo manufatto, ma sulle configurazioni territoriali che rendono interpretabile la distribuzione delle opere. Il GIS, le carte tematiche, le viste zenitali e le sezioni territoriali diventano strumenti per leggere densità, continuità, discontinuità e gerarchie spaziali.

La distinzione tra questi regimi non produce compartimenti chiusi, ma articola un sistema di passaggi controllati tra scale differenti. Ogni regime individua una soglia di leggibilità specifica, ma la loro efficacia dipende dalla capacità del protocollo di mantenerli reciprocamente coerenti, evitando sia la riduzione del paesaggio a somma di manufatti sia la dissoluzione del manufatto in una rappresentazione territoriale troppo generale.

3.3.2 Criteri di scelta della scala e del livello di approfondimento

La scelta della scala non può essere definita in modo automatico. Essa dipende dalla funzione dell'elaborato, dalla natura del caso, dal livello di approfondimento richiesto e dalla qualità dei dati disponibili. Ogni rappresentazione deve essere costruita a partire da una domanda: che cosa deve rendere leggibile? La scala viene quindi scelta in rapporto alla relazione da chiarire, non come formato predefinito applicabile indistintamente a tutti i casi.

Alla scala del manufatto, il livello di dettaglio deve consentire la lettura dell'impianto, della distribuzione interna, delle aperture, degli spessori, delle soglie, dei percorsi e del rapporto con il terreno immediato. In questo caso la scala deve rendere misurabili gli elementi necessari all'analisi tipologica e alla comparazione tra varianti. Un eccesso di riduzione comprometterebbe la comprensione della struttura spaziale; un eccesso di dettaglio, al contrario, rischierebbe di saturare l'elaborato con informazioni non pertinenti alla lettura richiesta.

Alla scala del caposaldo, la scelta deve privilegiare la comprensione delle relazioni tra opere. L'elaborato deve permettere di riconoscere distanze, orientamenti, quote, percorsi, posizioni relative, accessi e rapporti con morfologia e vegetazione. Il dettaglio architettonico del singolo manufatto viene necessariamente ridotto, perché la funzione dell'elaborato è chiarire l'assetto locale e non ripetere la restituzione analitica già svolta alla scala del bunker. La semplificazione non indica perdita di rigore, ma adeguamento del dettaglio alla funzione conoscitiva della scala.

Alla scala territoriale, la selezione riguarda soprattutto distribuzioni, gerarchie, soglie morfologiche, direttrici di accesso, rapporti tra settori e configurazioni di sistema. Il singolo manufatto può essere rappresentato attraverso simboli, codici o segni sintetici, purché la sua appartenenza a un raggruppamento e a un settore rimanga chiara. La scala territoriale richiede quindi un passaggio ulteriore di astrazione, necessario per rendere leggibili relazioni che sarebbero opache in una rappresentazione troppo descrittiva.

Il livello di approfondimento dipende anche dallo statuto del caso entro la ricerca. Casi guida, manufatti tipologicamente rilevanti, capisaldi particolarmente leggibili o settori strategici possono richiedere una maggiore densità di elaborati; casi marginali, non accessibili o gravemente lacunosi possono essere documentati attraverso restituzioni più sintetiche, purché la soglia minima sia rispettata. La scelta della scala diventa così parte della strategia di costruzione dell'Atlante e del repertorio, perché consente di distribuire in modo proporzionato le risorse conoscitive.

3.3.3 Convenzioni generali degli elaborati metrici e analitici

La comparabilità degli elaborati richiede convenzioni grafiche condivise. Nel protocollo, le convenzioni non hanno funzione meramente estetica, ma regolano il rapporto tra dato, scala, interpretazione e leggibilità. Esse stabiliscono gerarchie di linea, criteri di rappresentazione delle sezioni, modalità di distinzione tra parti rilevate e parti ipotizzate, trattamento del terreno, indicazione delle quote, segnalazione degli orientamenti, rapporto tra pieno e vuoto, rappresentazione della vegetazione e gestione delle informazioni non verificabili. La convenzione è quindi parta della tracciabilità del disegno.

Un primo criterio riguarda la distinzione tra evidenza e interpretazione. Le parti rilevate direttamente devono essere rappresentate con un regime grafico diverso rispetto alle parti desunte da fonti, dedotte per confronto tipologico o ricostruite in forma ipotetica. Tale distinzione è essenziale per evitare che l'elaborato produca falsa certezza. Nel caso di manufatti lacunosi, interrati o trasformati, l'uso di tratteggi, campiture differenziate, retini, livelli di trasparenza o note può rendere esplicito lo statuto delle informazioni rappresentate.

Un secondo criterio riguarda la gerarchia degli elementi. Alla scala del manufatto, devono emergere impianto, spessori, aperture, accessi, soglie, rapporto con il terreno e dispositivi funzionali. Alla scala del caposaldo, devono essere prioritari posizione reciproca, orientamento, morfologia, percorsi, linee di relazione e componenti del sistema locale. Alla scala territoriale, la gerarchia deve privilegiare settori, raggruppamenti, densità, direttrici e relazioni con la struttura morfologica. Ogni elaborato deve quindi assumere una gerarchia coerente con il proprio regime di scala.

Un terzo criterio riguarda l'integrazione tra base tecnica e sintesi rappresentativa. La base metrica deve rimanere riconoscibile e controllabile, ma non deve impedire la leggibilità del risultato. L'elaborato tecnico non coincide con l'esportazione integrale del dato acquisito: richiede selezione, pulizia, riduzione

del rumore, scelta del dettaglio e costruzione di una sintassi grafica. Questa impostazione è coerente con una tradizione del disegno e del rilievo architettonico che considera la restituzione come operazione interpretativa controllata, non come trascrizione neutra della realtà (Bertin, 1983; Docci & Maestri, 1987).

Le convenzioni devono infine garantire continuità tra elaborati diversi. Piante, sezioni, profili, assonometrie, viste zenitali, diagrammi e mappe non possono adottare logiche grafiche reciprocamente contraddittorie. La coerenza interna del sistema non implica uniformità assoluta, ma riconoscibilità delle regole: il lettore deve poter passare da una scala all'altra senza perdere l'orientamento e senza dover rinegoziare ogni volta il significato dei segni.

3.3.4 Principi di costruzione dei tagli, delle tracce e degli orientamenti

La costruzione di piante, sezioni e profili richiede la definizione controllata di tagli, tracce e orientamenti. Nel caso delle architetture difensive, questi elementi non possono essere scelti secondo criteri puramente geometrici o convenzionali, perché devono rendere leggibili relazioni funzionali e morfologiche specifiche. La traccia di una sezione, l'orientamento di una pianta o la direzione di un profilo devono rispondere a una domanda conoscitiva: chiarire l'impianto, il rapporto con il suolo, la direzione di tiro, la soglia di accesso, l'inserimento nella morfologia o la relazione con altri manufatti.

Alla scala del manufatto, i tagli devono privilegiare le relazioni strutturali e funzionali più rilevanti: ingresso, camera di combattimento, feritoia, spessori, coperture, parti interrate, rapporto tra quota interna ed esterna. Nel bunker, la sezione non è soltanto uno strumento per rappresentare l'altezza degli spazi, ma un dispositivo per chiarire la logica di protezione, esposizione e selezione visuale. La scelta del taglio deve quindi rendere leggibile il modo in cui la massa costruita media tra interno protetto ed esterno controllato.

Alla scala del caposaldo, le tracce devono attraversare relazioni e non solo oggetti. Una sezione paesaggistica può collegare più manufatti, seguire una linea di pendenza, intercettare una soglia morfologica, mettere in relazione opere poste a quote differenti o chiarire la funzione di un margine naturale. La sua efficacia dipende dalla capacità di mostrare ciò che la pianta non può rendere pienamente evidente: dislivelli, occultamenti, campi visuali, rapporti tra emergenze e parti interrate, ruolo della vegetazione e continuità del terreno.

Gli orientamenti degli elaborati devono essere coerenti con la funzione difensiva e con la leggibilità del sistema. La convenzione di orientare la tavola secondo il nord resta necessaria per il controllo cartografico, ma non sempre coincide con la migliore condizione di lettura. In alcuni casi può essere utile orientare l'elaborato secondo la linea di costa, la direttrice di accesso, il fronte di tiro, l'asse del caposaldo o la sequenza di avvicinamento.

La costruzione dei tagli e degli orientamenti non è quindi un'operazione secondaria, ma parte della struttura argomentativa dell'elaborato. Essa stabilisce quale relazione viene resa visibile e con quale grado di controllo. Un taglio mal scelto può occultare il dato più rilevante; una traccia coerente, al contrario, può trasformare un insieme di presenze frammentarie in una struttura leggibile.

3.3.5 Criteri di leggibilità e soglie di semplificazione

La leggibilità degli elaborati metrici e analitici non dipende dalla quantità di informazioni rappresentate, ma dalla capacità di selezionare e ordinare quelle pertinenti. Nel caso del paesaggio militare, l'eccesso di

dato può produrre opacità: nuvole di punti, ortofoto dense, modelli complessi, trame vegetazionali, curve di livello, tracce e annotazioni possono saturare l'immagine fino a rendere meno chiara la relazione che l'elaborato dovrebbe esplicitare. La semplificazione controllata è quindi una condizione della precisione comunicativa, non un abbassamento del livello scientifico.

Ogni elaborato deve stabilire una soglia di dettaglio adeguata alla propria funzione. Alla scala del manufatto (fig. 9), alcuni elementi minuti possono essere necessari per la lettura tipologica o per il confronto tra varianti; alla scala del caposaldo, gli stessi elementi possono diventare rumore grafico e devono essere sostituiti da segni sintetici. Alla scala territoriale (fig. 10), il singolo dettaglio costruttivo perde centralità a favore della posizione, della relazione e dell'appartenenza sistemica. La semplificazione è dunque relativa alla scala e alla domanda conoscitiva.

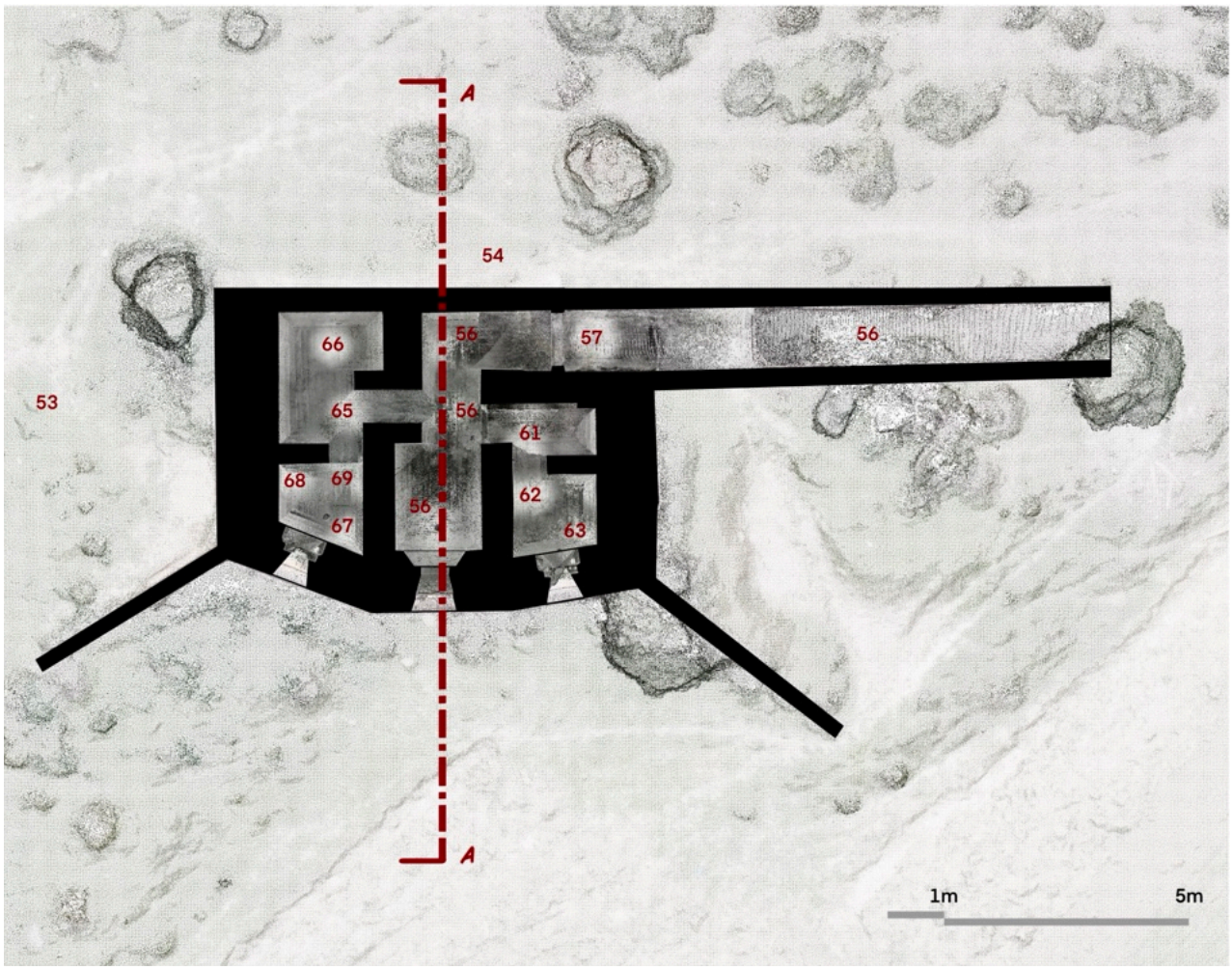


Fig.9— Restituzione della pianta di un bunker poliarma (QSE_CS14_BKC_58) sul lato ovest del lago di Simbirizzi a Quartu Sant'Elena. Traccia della linea di sezione e posizionamento delle stazioni di scansione laser. Elaborato a cura di Raffaele Argiolas e dell'autore.



Fig. 10 — Pianificazione delle traiettorie di volo per acquisizione aerofotogrammetrica del paesaggio del caposaldo QSE_CS02 "Alcamo"mediante drone. Questo passaggio è essenziale per ottenere una maggiore comprensione della relazione tra morfologia e manufatto difensivo. Elaborazione di Nicola Paba e dell'autore.

La soglia di semplificazione deve però restare controllata. Non è ammissibile eliminare elementi che incidono sulla comprensione dell'impianto, della funzione o della relazione con il paesaggio. La vegetazione, per esempio, può essere ridotta se ostacola la lettura del terreno, ma non può essere cancellata quando costituisce fattore di mimetizzazione, schermatura o trasformazione della leggibilità. Allo stesso modo, una lacuna può essere graficamente sintetizzata, ma non assimilata a una parte rilevata. La semplificazione deve quindi mantenere esplicito il rapporto con il dato di partenza.

Il criterio di leggibilità riguarda anche la gestione dei diversi livelli informativi. Quando un elaborato integra dati metrici, cartografici, fotografici, storici e interpretativi, esso deve ordinare tali livelli secondo una gerarchia chiara. Non tutti gli strati possono avere lo stesso peso visivo. La qualità dell'elaborato dipende dalla capacità di distinguere ciò che fonda la rappresentazione, ciò che la orienta e ciò che la completa. La chiarezza espressiva non è un fatto stilistico autonomo, ma la conseguenza di una gerarchia metodologica.

In questa prospettiva, la leggibilità diventa un criterio di controllo del protocollo. Un elaborato è efficace quando permette di comprendere una relazione senza nascondere il proprio grado di costruzione; quando riduce la complessità senza falsificarla; quando mantiene distinguibili dato rilevato, dato documentario, interpretazione e ipotesi. La semplificazione controllata è quindi il dispositivo che consente al protocollo di passare dal dato complesso alla restituzione condivisibile.

3.3.6 Coerenza e standardizzazione interna del sistema di elaborati

La standardizzazione interna del sistema di elaborati è necessaria per garantire comparabilità tra casi, continuità tra scale e tracciabilità delle scelte rappresentative. Essa non deve essere confusa con l'applicazione rigida di un formato unico, perché il patrimonio considerato presenta condizioni differenziate per tipologia, accessibilità, stato di conservazione e qualità del dato. Standardizzare significa piuttosto definire regole comuni, convenzioni stabili e criteri di adattamento controllato.

Un primo livello di standardizzazione riguarda le famiglie di elaborati. Piante, sezioni, prospetti, profili, modelli tridimensionali, viste zenitali, sezioni paesaggistiche e restituzioni territoriali devono essere riconoscibili come parti di uno stesso sistema. Ciò implica coerenza nelle scale, nelle simbologie, nelle gerarchie grafiche, nei codici di distinzione tra evidenza e ipotesi, nelle indicazioni di orientamento e nelle modalità di rappresentazione del rapporto opera–suolo. La coerenza consente al lettore di confrontare casi differenti senza dover reinterpretare ogni volta il sistema dei segni.

Un secondo livello riguarda la relazione tra elaborati e database. Ogni output deve poter essere ricondotto a record, attributi, localizzazione, tipologia, stato di conservazione, livello di confidenza e documentazione associata. La restituzione grafica non deve diventare un oggetto separato dalla struttura informativa, ma una sua attivazione visiva e interpretativa. Questo collegamento garantisce che l'elaborato mantenga tracciabilità rispetto al dato e che possa essere aggiornato o verificato nel tempo.

Un terzo livello riguarda l'adattabilità. Il protocollo deve ammettere variazioni quando il caso lo richiede: un manufatto interrato, una batteria costiera, un caposaldo lacunoso o una rete di opere costiere non possono essere restituiti attraverso la medesima combinazione di elaborati. Tuttavia, l'adattamento deve avvenire entro regole dichiarate. Ogni variazione deve rispondere a una ragione conoscitiva e non a una scelta grafica arbitraria.

La standardizzazione interna consente infine di predisporre il passaggio dalla restituzione tecnica alla costruzione di repertori e atlanti. Solo se gli elaborati mantengono criteri comuni, è possibile confrontare manufatti, famiglie tipologiche, capisaldi e settori senza dissolvere le differenze. La Parte I stabilisce quindi le condizioni metriche e analitiche che rendono possibile la costruzione di un sistema rappresentativo più ampio, sviluppato nelle parti successive attraverso letture percettive, disegno ibrido e dispositivi di comunicazione.

3.4 — Elaborati metrici 2D/3D alla scala del manufatto

3.4.1 Il manufatto difensivo come organismo architettonico a scala contenuta

Alla scala del manufatto, il bunker o la casamatta vengono analizzati come organismi architettonici a scala contenuta, nei quali forma, funzione, massa, distribuzione interna e rapporto con il suolo concorrono a definire un impianto riconoscibile. La ridotta dimensione dell'opera non ne diminuisce la complessità: al contrario, concentra in uno spazio compatto esigenze di protezione, osservazione, tiro, accesso, occultamento e resistenza. La restituzione metrica deve quindi rendere leggibile questa densità funzionale, evitando di ridurre il manufatto a semplice volume in calcestruzzo armato.

Il manufatto difensivo è caratterizzato da un rapporto stretto tra geometria e prestazione. Spessori, aperture, orientamenti, quote, ingressi, camere interne e parti controterra non sono elementi indipendenti, ma componenti di un dispositivo costruito per proteggere e al tempo stesso controllare un settore di spazio esterno. La feritoia, in particolare, non è soltanto un'apertura: organizza la relazione tra interno ed esterno, seleziona il campo visivo, orienta la funzione difensiva e condiziona l'impianto complessivo. La restituzione deve quindi mostrare come l'architettura produca un regime visuale e operativo specifico.

La scala del manufatto consente inoltre di distinguere ricorrenze e variazioni tipologiche. Bunker monoarma, poliarma, postazioni controcarro, osservatori, nuclei fissi e altre configurazioni possono presentare elementi comuni, ma anche adattamenti significativi legati a sito, funzione, armamento, morfologia e grado di mimetizzazione. La restituzione metrica costruisce il presupposto per riconoscere tali variazioni senza separarle dalla serie tipologica. In questo senso, la pianta, la sezione e il modello non sono semplici documenti descrittivi, ma strumenti per articolare il rapporto tra standardizzazione e adattamento.

L'analisi alla scala del manufatto deve infine mantenere il rapporto con il contesto immediato. Anche quando l'elaborato si concentra sull'organismo architettonico, esso non può isolare completamente

l'opera dal terreno, dalla quota di imposta, dalle parti interrate, dagli accessi, dalla vegetazione e dagli elementi di mascheramento. La scala contenuta non coincide con una lettura autoreferenziale del bunker: costituisce il livello necessario per comprendere come la singola cellula difensiva si costruisca fisicamente e come possa essere confrontata con altre unità del sistema.

3.4.2 Piante e schemi d'impianto

La pianta costituisce il primo elaborato di restituzione tecnica alla scala del manufatto. Essa permette di leggere l'impianto dell'opera, la distribuzione degli spazi, il rapporto tra pieni e vuoti, la posizione degli accessi, l'orientamento delle feritoie, lo spessore delle masse murarie e la relazione tra camera di combattimento, eventuali vani di servizio e parti di collegamento. Nel caso dei bunker, la pianta assume un ruolo particolarmente rilevante perché consente di riconoscere la logica tipologica dell'organismo e la sua adattabilità alle condizioni del sito.

La costruzione della pianta deve fondarsi su un dato metrico controllabile. Misure dirette, ortofoto, sezioni di nuvole di punti, rilievi fotogrammetrici o laser scanner possono concorrere alla sua definizione, ma l'elaborato finale richiede una selezione interpretativa. Non tutto ciò che è visibile nel dataset deve essere riportato con la stessa intensità: la pianta deve privilegiare gli elementi che chiariscono la struttura dell'impianto, distinguendo parti rilevate, parti non accessibili, lacune e integrazioni fondate su evidenze documentarie o confronti tipologici.

Accanto alla pianta metrica, lo schema d'impianto svolge una funzione diversa. Esso riduce la complessità del manufatto a relazioni essenziali: posizione degli accessi, direzione del tiro, configurazione della camera, rapporto con il terreno, eventuale simmetria o asimmetria, sviluppo monoarma o poliarma. Lo schema non sostituisce la pianta, ma la interpreta. La sua efficacia consiste nel rendere confrontabili manufatti differenti attraverso un livello grafico più astratto, capace di isolare invarianti e variazioni.

La pianta e lo schema d'impianto concorrono così alla costruzione del repertorio tipologico. Attraverso la ripetizione controllata delle convenzioni grafiche, manufatti appartenenti a settori diversi possono essere confrontati sul piano dell'organizzazione spaziale, della funzione e del rapporto con il suolo. La comparabilità richiede però che gli schemi non cancellino le differenze locali: le variazioni significative — adattamenti alla morfologia, ingressi modificati, ampliamenti, interramenti, alterazioni o mascheramenti — devono rimanere riconoscibili quando incidono sulla lettura architettonica.

3.4.3 Sezioni e relazione suolo–opera

La sezione è l'elaborato che chiarisce con maggiore evidenza la relazione tra manufatto e suolo. Nel caso delle architetture difensive in calcestruzzo armato, questa relazione non è accessoria: molte opere sono parzialmente interrate, addossate al terreno, incorporate nella morfologia, schermate da riporti o mascherate attraverso configurazioni che riducono l'esposizione della massa costruita. La sezione consente di leggere tali condizioni, mostrando il rapporto tra quota interna ed esterna, copertura, spessori, parti emergenti, parti controterra e soglie di accesso.

Alla scala del manufatto, la sezione non deve limitarsi a tagliare il volume. Deve rendere esplicita la logica di protezione e osservazione che governa l'organismo. Il rapporto tra feritoia, camera interna, massa muraria e terreno chiarisce il modo in cui l'opera seleziona la visuale, protegge l'operatore e

orienta la funzione difensiva. In questa prospettiva, la sezione diventa uno strumento essenziale per comprendere la natura del bunker come dispositivo spaziale e visuale.
La scelta della traccia di sezione deve essere guidata dalla relazione da chiarire. In alcuni casi è necessario attraversare la feritoia e l'asse principale di tiro; in altri, l'ingresso, il vano interno, il rapporto con il pendio o il punto di massima interrazione. Quando il manufatto presenta più funzioni o geometrie articolate, possono essere necessarie sezioni multiple, purché ciascuna abbia una funzione conoscitiva distinta. L'obiettivo non è moltiplicare i tagli, ma rendere controllabili le relazioni non leggibili attraverso la sola pianta.

La sezione (fig. 11-12) è inoltre lo strumento più adatto a dichiarare le lacune. Parti non accessibili, interrate o crollate possono essere rappresentate attraverso convenzioni differenziate, evitando di confondere ciò che è stato rilevato con ciò che viene dedotto. Nei casi in cui il dato metrico sia parziale, la sezione può mantenere aperta la lacuna e indicare il livello di confidenza, anziché proporre un completamento non verificato. Questa cautela è decisiva per impedire che la restituzione assuma un grado di certezza superiore alle evidenze disponibili.

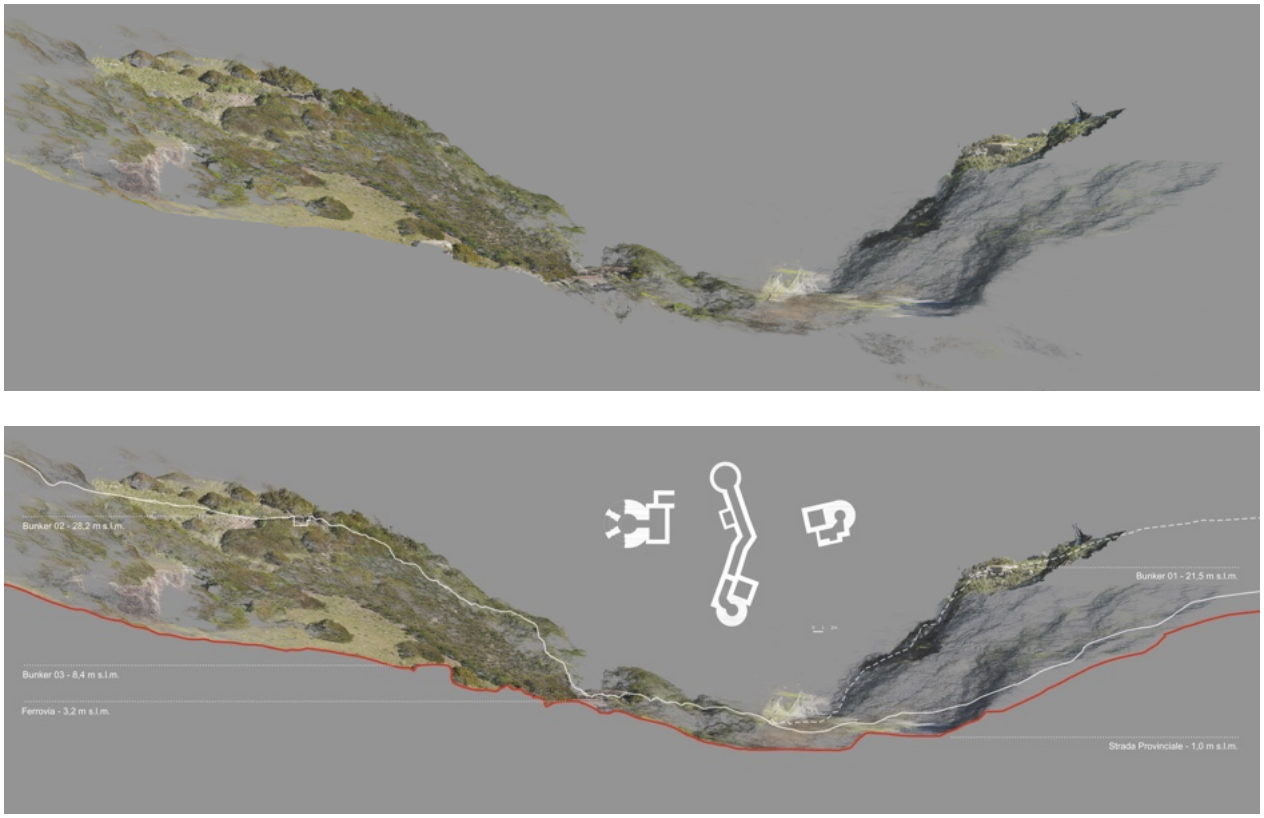


Fig. 11 — Nuvola di punti e restituzione paesaggistica della valle di Turas, presso Bosa, attraversata dalla ferrovia e dal corso d'acqua e interessata da un caposaldo di sbarramento. In alto, nuvola di punti non trattata; in basso, piante dei bunker e profili del paesaggio con le quote delle strutture difensive della Seconda guerra mondiale. Elaborazione grafica di Nicola Paba e dell'autore.

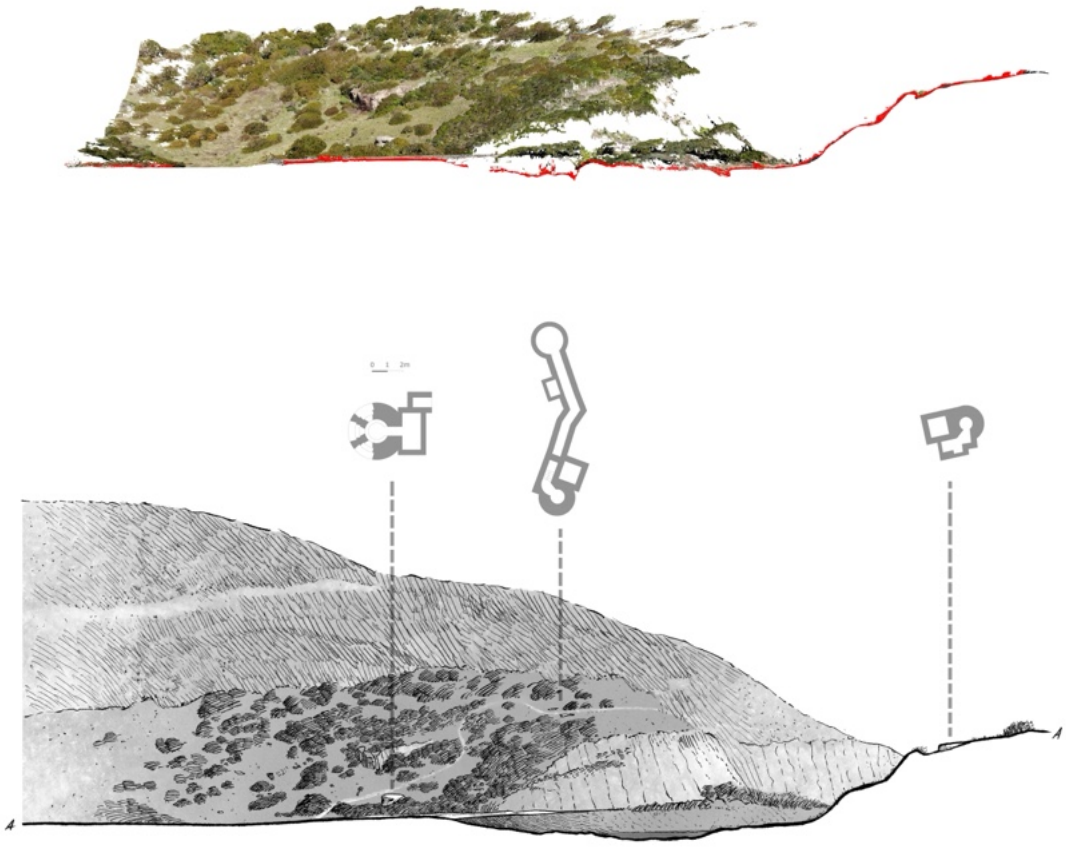


Fig. 12 — Nuvola di punti incompleta e restituzione interpretativa in sezione della valle di Turas, presso Bosa. In alto, dato grezzo osservato da una diversa angolazione; in basso, ridisegno costruito mediante il confronto con Google Earth e con il DTM della Regione Autonoma della Sardegna, a dimostrazione del passaggio dal dato acquisito alla rappresentazione del paesaggio militare. Ricognizione UAS di Nicola Paba; elaborazione grafica dell'autore.

3.4.4 Prospetti, profili e masse emergenti

Prospetti e profili completano la lettura metrica del manufatto perché permettono di osservare il modo in cui l'opera si presenta nello spazio esterno. Nel caso delle architetture difensive costiere, la facciata non può essere interpretata secondo categorie compositive tradizionali: ciò che emerge è spesso una massa ridotta, parzialmente interrata, tagliata da aperture funzionali o assorbita nella morfologia. Il prospetto deve quindi chiarire la relazione tra corpo costruito, terreno, aperture, parti visibili e dispositivi di mascheramento.

Il profilo assume particolare importanza quando il manufatto opera per integrazione nel suolo. La linea di contatto tra calcestruzzo, terreno e vegetazione consente di comprendere come la massa costruita sia stata ridotta, occultata o resa compatibile con il paesaggio. In alcuni casi il profilo evidenzia la sagoma del bunker come corpo emergente; in altri, mostra quasi l'annullamento della sua presenza visibile. Questa variabilità è centrale per comprendere le strategie di inserimento e di camouflage.

Prospetti e profili devono essere costruiti in rapporto alla funzione dell'opera. Un prospetto orientato verso la feritoia rende leggibile il fronte operativo del manufatto; un profilo laterale può chiarire lo spessore della massa, l'accesso o la relazione con il pendio; una vista del retro può mostrare la modalità

di ingresso, il rapporto con trincee o percorsi protetti, oppure le trasformazioni successive. La scelta del punto di restituzione deve quindi essere motivata dalla relazione che l'elaborato deve evidenziare.

Anche in questo caso, la restituzione richiede un equilibrio tra precisione e sintesi. Il prospetto non deve registrare indiscriminatamente ogni dettaglio superficiale, ma selezionare elementi utili alla comprensione della forma costruita e del suo rapporto con il contesto. Lesioni, degradi, vegetazione aderente, tracce di riuso o alterazioni devono essere rappresentati quando incidono sulla lettura del manufatto o sullo stato di conservazione; possono invece essere sintetizzati quando costituirebbero rumore grafico non pertinente.

3.4.5 Modelli tridimensionali e sintesi della complessità spaziale

Il modello tridimensionale consente di ricomporre in forma sintetica rapporti spaziali che piante, sezioni e prospetti restituiscono separatamente. Alla scala del manufatto, esso è particolarmente utile per comprendere la relazione tra volume costruito, parti interrate, aperture, coperture, terreno e articolazione interna. Non deve però essere considerato come sostituto degli elaborati bidimensionali: la sua funzione è complementare, perché consente di visualizzare e verificare relazioni complesse mantenendo un rapporto controllabile con il dato metrico.

Il modello può derivare da acquisizioni fotogrammetriche, laser scanning terrestre, mobile LiDAR, modellazione interpretativa o integrazione di più fonti. In ogni caso, il suo statuto deve essere dichiarato. Un modello prodotto a partire da un'acquisizione tridimensionale conserva un rapporto diretto con le superfici rilevate, ma può presentare lacune, rumore, interpolazioni o parti non leggibili; un modello geometrico ricostruito a partire da piante e sezioni può risultare più chiaro sul piano formale, ma contiene un grado maggiore di astrazione e interpretazione. Il protocollo distingue pertanto i diversi prodotti, evitando di assimilare ogni rappresentazione tridimensionale a un'unica categoria di certezza.

La modellazione tridimensionale è particolarmente efficace quando l'opera presenta condizioni spaziali difficili da comunicare attraverso elaborati separati: ingressi a scala o a pozzo, camere di combattimento articolate, variazioni di quota, corpi controterra, volumi parzialmente emergenti, feritoie orientate, raccordi con trincee o accessi protetti. In questi casi, il modello permette di verificare la coerenza fra le restituzioni bidimensionali e di costruire una sintesi leggibile dell'organismo.

Il modello può inoltre sostenere ulteriori elaborazioni analitiche: assonometrie, esplosi, sezioni prospettiche, viste dall'alto, schemi del rapporto suolo–opera, confronti fra varianti e visualizzazioni della massa emergente. Tali operazioni devono mantenere il legame con la base metrica e con il livello di certezza del dato. La tridimensionalità non autorizza il completamento arbitrario della forma, ma consente di rendere più chiaro ciò che il rilievo e le fonti permettono effettivamente di sostenere.

Fra questi derivati, lo spaccato assonometrico ricompone in un'unica immagine l'articolazione planimetrica, lo sviluppo verticale, la massa costruita e il rapporto con il terreno. Il piano di taglio viene selezionato in funzione della relazione da chiarire, e non della sola efficacia visuale: può attraversare la camera operativa, mostrare il collegamento con un ricovero, rendere leggibile un accesso protetto oppure evidenziare il rapporto fra parti emergenti e controterra. Nei manufatti asimmetrici o composti, le porzioni non sezionate possono essere mantenute in trasparenza o mediante un segno attenuato, evitando che il taglio occulti camere, feritoie, percorsi o connessioni rilevanti. Le superfici rilevate, le parti ridisegnate e le eventuali integrazioni interpretative devono rimanere graficamente distinguibili.

Lo spaccato assume pertanto uno statuto di sintesi e verifica tridimensionale. Permette di controllare la corrispondenza fra pianta, sezioni e sviluppo volumetrico e di rendere comprensibile l'organizzazione spaziale del manufatto senza separarne artificialmente le componenti. Non sostituisce tuttavia la pianta restituita quale base primaria della comparazione morfo-funzionale: la visione assonometrica privilegia infatti la comprensione dell'organismo nello spazio, mentre il confronto tipologico richiede proiezioni, orientamenti, scale e livelli di astrazione omogenei.

In questa prospettiva, il modello tridimensionale non costituisce un'immagine conclusiva, ma uno strumento di verifica e sintesi. Esso controlla la coerenza geometrica dell'opera, chiarisce rapporti spaziali complessi e predispone il passaggio verso rappresentazioni multistrato o multilivello. La sua efficacia dipende dalla capacità di restare ancorato al dato e, al tempo stesso, di tradurre la complessità spaziale in una forma leggibile.

3.4.6 Elaborati planimetrici analitici e matrici per la lettura morfologica

La pianta restituita costituisce la base di una serie coordinata di elaborati analitici destinati a isolare parametri differenti del manufatto. Questi elaborati (fig. 13) non rappresentano variazioni grafiche equivalenti della medesima pianta: ciascuno opera una riduzione controllata del dato, eliminando alcune informazioni per rendere più leggibili geometria, impronta esterna, spazio interno, massa costruita, distribuzione e funzione armata. La loro applicazione è modulata secondo il principio di proporzionalità del protocollo e dipende dalla qualità del rilievo, dalla leggibilità dell'opera e dalla domanda conoscitiva posta al caso.

La pianta restituita mantiene il rapporto più diretto con la base metrica. Essa registra la configurazione effettivamente rilevata, conservando spessori, aperture, vani, accessi, discontinuità e adattamenti riconoscibili. La normalizzazione riguarda scala, orientamento, convenzioni e grado di dettaglio, non la regolarizzazione geometrica del manufatto: asimmetrie, deformazioni costruttive, variazioni degli spessori e adattamenti al terreno devono essere mantenuti quando incidono sull'organizzazione dell'opera. Parti non accessibili, ricostruzioni documentarie e integrazioni interpretative devono rimanere distinte dal dato direttamente rilevato.

Lo schema geometrico-proporzionale costituisce il primo livello di astrazione. Deriva dalla pianta restituita e individua figure elementari, assi, allineamenti, simmetrie e asimmetrie, partizioni ricorrenti, facce operative e modalità di aggregazione dei corpi. Cerchio, quadrato, rettangolo, pentagono, semiesagono, figura sfaccettata o impianto radiale non vengono assunti come tipologie autonome, ma come strutture mediante le quali verificare l'ordine compositivo del manufatto. La geometria può rendere riconoscibile una matrice formale, ma non determina da sola il tipo: sagome analoghe possono corrispondere a organizzazioni funzionali differenti, mentre funzioni affini possono assumere configurazioni geometriche diverse.

La silhouette planimetrica isola il perimetro esterno e riduce l'opera alla propria impronta planimetrica. I due termini assumono pertanto funzioni distinte: "silhouette planimetrica" denomina l'elaborato grafico, mentre "impronta planimetrica" indica l'oggetto geometrico isolato. L'elaborato consente di confrontare compattezza apparente, allungamento, sfaccettatura, sviluppo radiale o direzionale, regolarità, deformazioni e presenza di appendici. Il suo statuto è esclusivamente morfologico: non restituisce spessori, distribuzione interna o funzione dei vani e non può essere assunto, isolatamente, come prova di appartenenza tipologica.

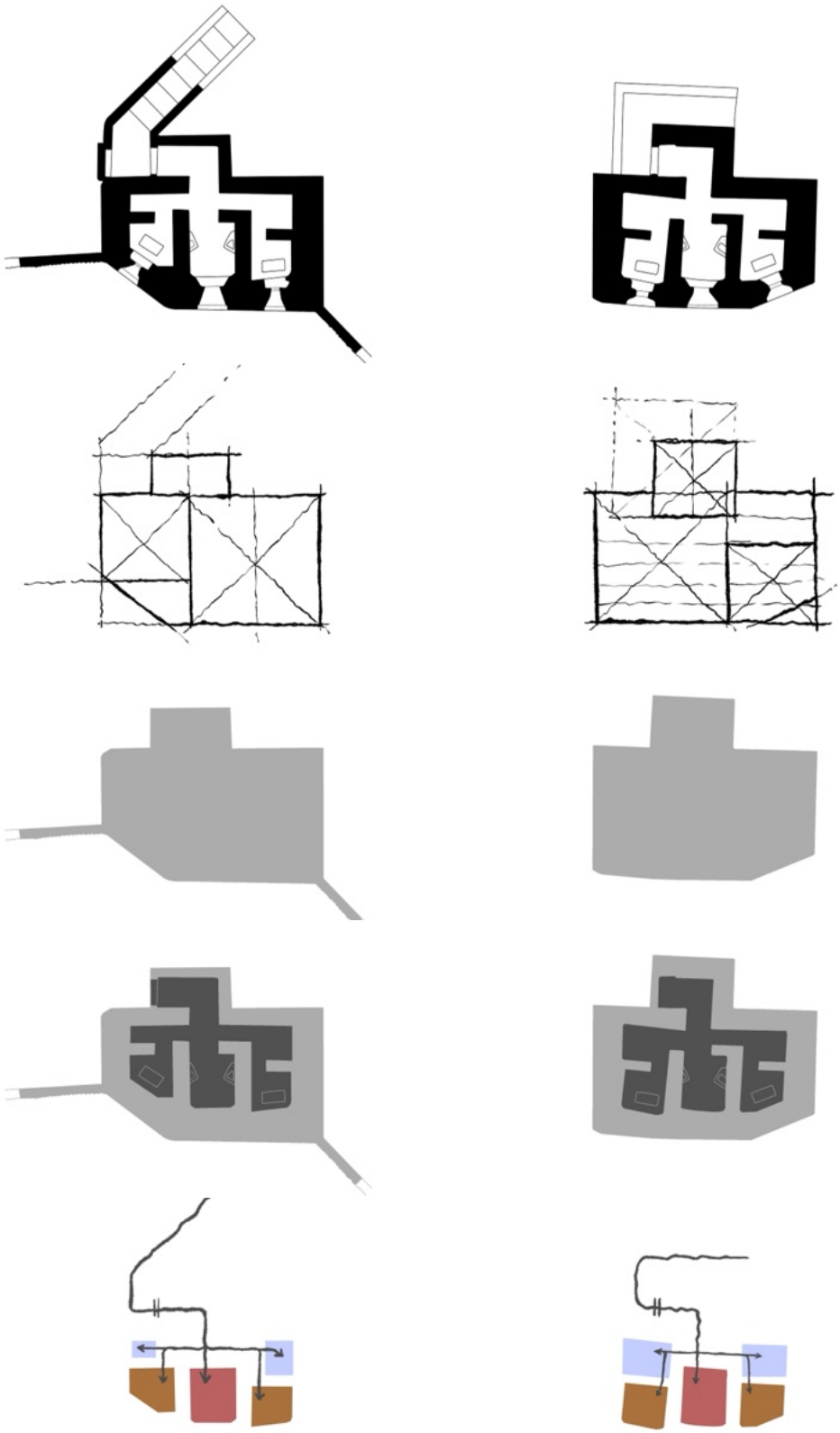


Fig. 13 — Sequenza di elaborati planimetrici applicata a due bunker poliarma. Dall'alto: restituzione in pianta, schemi geometrici ed eidotipi, impronta della silhouette, diagramma del rapporto tra massa muraria e spazio praticabile, schema distributivo-funzionale. Elaborazione dell'autore.

Lo schema dello spazio interno o praticabile compie un'operazione complementare: sottrae la massa costruita e isola i vuoti effettivamente leggibili nella pianta. Camere operative, ricoveri, anticamere, riservette, corridoi, tunnel, scale e dispositivi di accesso possono essere rappresentati come articolazione spaziale continua, ramificata o discontinua. L'elaborato descrive la configurazione del vuoto prima della sua completa attribuzione funzionale e permette di riconoscere cellule uniche, organismi composti, strozzature, nodi distributivi e relazioni fra vani che la prevalenza grafica della massa muraria può rendere meno evidenti.

Il diagramma massa–vuoto ricompone entro un'unica maschera l'impronta coperta del manufatto, la massa costruita e il vuoto interno. Esso rende leggibili distribuzione e variazione degli spessori, concentrazione del pieno attorno ai fronti esposti e alle feritoie, compressione degli ambienti e relazione fra protezione e spazio praticabile. Il diagramma costituisce un elaborato grafico; l'indice di compattezza ne rappresenta invece la traduzione quantitativa secondo una regola comune.

Il diagramma massa–vuoto ricompone entro una rappresentazione sintetica la massa costruita e gli spazi interni riconoscibili nella pianta. Esso rende leggibili la distribuzione e la variazione degli spessori, la concentrazione del pieno attorno ai fronti esposti e alle feritoie, la compressione degli ambienti e il rapporto fra protezione e spazio praticabile. A differenza dello schema dello spazio interno, che isola la configurazione del vuoto, il diagramma mantiene compresenti le due componenti e ne mostra la relazione all'interno dell'organismo.

La costruzione del diagramma richiede un piano di sezione, un orientamento e un perimetro analitico coerenti fra i casi posti a confronto. Esso costituisce tuttavia un elaborato grafico e non coincide con l'indicatore quantitativo eventualmente derivato dalle medesime maschere. La definizione dell'indice di compattezza, delle grandezze impiegate, delle regole di delimitazione e dei relativi limiti interpretativi appartiene al Capitolo 6, dove il parametro viene applicato alla comparazione fra famiglie e configurazioni tipologiche. Nel presente capitolo è sufficiente stabilire la funzione del diagramma e la sua derivazione controllata dalla pianta restituita.

L'indice costituisce un parametro comparativo della massività planimetrica e dell'economia interna della protezione. Valori elevati indicano una maggiore incidenza della massa muraria entro l'impronta coperta; valori inferiori possono dipendere dall'inserimento di ricoveri, corridoi o altri spazi che ampliano l'organismo senza aumentare proporzionalmente il pieno. Il dato può contribuire alla lettura della protezione rispetto ad azioni dirette prevalentemente laterali, ma non equivale a una classe di resistenza e non consente, isolatamente, valutazioni strutturali. Trattandosi di un indice bidimensionale, non considera spessori delle coperture e delle platee, sviluppo verticale, quantità volumetrica di calcestruzzo, parti controterra, caratteristiche dei materiali o condizioni di degrado. Una possibile estensione volumetrica appartiene pertanto a sviluppi successivi della ricerca.

Lo schema distributivo-funzionale attribuisce infine un ruolo alle parti riconosciute nella pianta. L'elaborato distingue camere operative, spazi serventi e dispositivi di accesso o collegamento, associando alle camere le feritoie e, quando sostenibile, gli armamenti e le direzioni operative. Nelle opere elementari la struttura può ridursi alla successione fra accesso, eventuale raccordo o ricovero e unica camera armata; negli organismi composti assume invece configurazioni ramificate, nelle quali più camere operative sono connesse da nodi distributivi e orientate verso settori differenti. La legenda deve mantenere stabili le categorie rappresentate e graduare le attribuzioni armamentistiche secondo il livello di evidenza disponibile.

Dettagli puntuali possono isolare la relazione fra arma, feritoia e camera operativa. Tali elaborati non vengono prodotti sistematicamente per tutti i manufatti, ma attivati quando basamenti, riscontri, nicchie, conformazione delle aperture o dimensioni del vano consentono di formulare un'attribuzione funzionale. Il dettaglio deve rimanere ancorato alla pianta e alla documentazione metrica o fotografica, evitando di ricostruire armamenti e dispositivi non sostenuti da evidenze sufficienti. La sua funzione è chiarire il rapporto fra componente tecnica e organizzazione dell'organismo, non sostituire mediante analogia ciò che non è stato rilevato.

Il montaggio coordinato di pianta restituita (fig. 14), schema geometrico-proporzionale , silhouette planimetrica, spazio praticabile, diagramma massa–vuoto, schema distributivo-funzionale ed eventuali dettagli costruisce la matrice morfo-funzionale. La matrice non coincide necessariamente con un ulteriore disegno autonomo: può assumere la forma di una serie sinottica nella quale ciascun elaborato conserva il proprio statuto e viene posto in relazione con gli altri mediante scale, orientamenti e convenzioni coerenti. Il confronto permette di distinguere analogia formale e appartenenza tipologica, configurazione ricorrente e variante locale, organismo composto e cellula unica pluriferitoia.

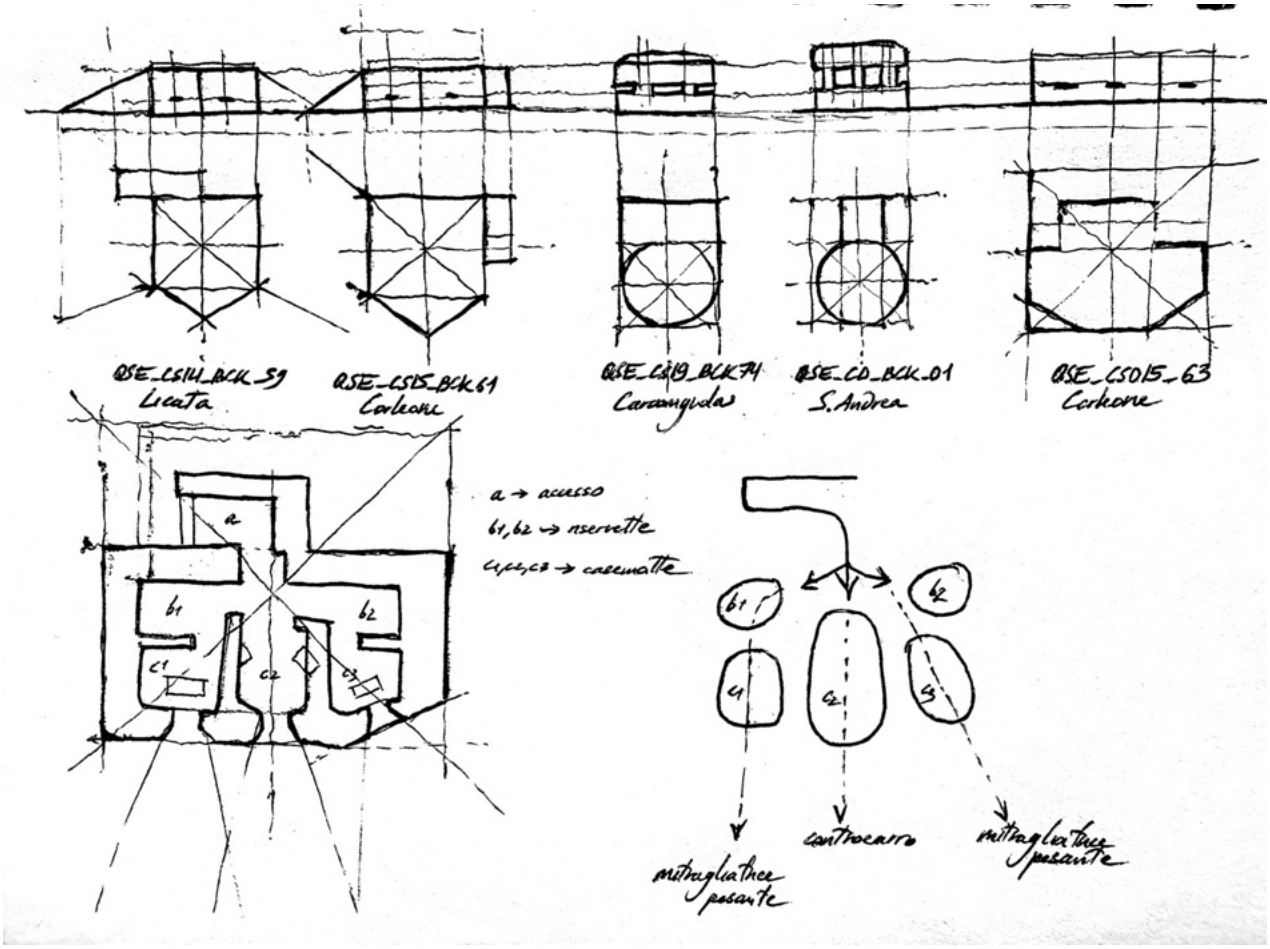


Fig. 14 — Studi sugli eidotipi dei bunker di Quartu Sant'Elena e sperimentazione delle modalità di restituzione in pianta e in prospetto. In basso a destra, schema preliminare della matrice morfo-funzionale per il confronto tra configurazioni planimetriche e articolazioni distributive. Disegni dell'autore.

Gli elaborati descritti non costituiscono una nuova famiglia editoriale dell'Atlante, ma operazioni analitiche trasversali del protocollo. Il Capitolo 3 ne definisce costruzione, funzione, condizioni di applicazione e limiti; il Capitolo 6 li attiva entro le piante comparative e le matrici genealogico-tipologiche per distinguere famiglie, varianti e configurazioni morfo-funzionali. Il Capitolo 5 documenta invece la consistenza e l'articolazione del caso guida attraverso le famiglie di tavole dell'Atlante e non applica tali derivati come sequenza genealogica.
La comparabilità dipende dalla stabilità delle regole, non dalla regolarizzazione dei casi. Scale, orientamenti, piani di sezione, codici cromatici, criteri di inclusione e gradi di semplificazione devono rimanere coerenti; asimmetrie, adattamenti al terreno, lacune e trasformazioni devono invece essere conservati quando incidono sulla configurazione dell'opera. Posti in serie, gli elaborati rendono riconoscibili invarianti, scarti, attribuzioni dubbie e soglie intermedie e predispongono il passaggio dalla restituzione del manufatto alla lettura tipologica sviluppata nel Capitolo 6.

3.5 — Elaborati 2D/3D alla scala del caposaldo e del paesaggio

3.5.1 Il caposaldo come assetto locale e struttura relazionale

Se alla scala del manufatto il bunker può essere restituito come organismo architettonico autonomo, alla scala del caposaldo esso cambia statuto e diviene uno dei nodi di una configurazione più ampia, definita da relazioni spaziali, funzionali e morfologiche che non coincidono con la semplice somma delle singole opere. Il caposaldo va quindi letto come assetto locale, cioè come sistema di manufatti, percorsi, quote, campi di copertura, accessi, elementi naturali e componenti complementari organizzati entro una logica difensiva coordinata.

Questo cambio di scala implica anche un mutamento del problema rappresentativo. Il caposaldo non si presenta come un insieme pienamente visibile e continuo, ma come una costellazione spesso discontinua di presenze emergenti, semi-interrate, occultate dalla vegetazione o trasformate da usi successivi. La leggibilità del sistema non è immediata: richiede una rappresentazione capace di ricostruire relazioni tra elementi che sul terreno possono apparire separati, frammentari o non riconoscibili come parti di uno stesso dispositivo.

La nozione di assetto locale consente di superare una lettura episodica delle singole opere. Il bunker, osservato isolatamente, può essere compreso nella propria tipologia e nella propria articolazione interna; tuttavia, è solo alla scala del caposaldo che diventano leggibili le relazioni di copertura reciproca, controllo degli accessi, distribuzione lungo soglie morfologiche, adattamento a quote diverse e coordinamento con altri manufatti. Il valore della rappresentazione consiste nel rendere visibile questa struttura relazionale.

A tale struttura concorrono anche elementi che non appartengono alla sola costruzione muraria. Il terreno, la vegetazione, i corsi d'acqua, i margini, le strade, le trincee, le piazzole, gli ostacoli e le soglie visuali costituiscono componenti attive della leggibilità del caposaldo. Il verde, in particolare, non è un semplice sfondo neutro: può costituire schermatura, limite, ostacolo, mascheramento o fattore di opacizzazione successiva. La rappresentazione deve quindi trattare il paesaggio non come contorno decorativo, ma come parte del funzionamento e della percezione del dispositivo.
In questa prospettiva, la rappresentazione del caposaldo non può limitarsi a descrivere la presenza di più manufatti nello stesso luogo. Deve ordinare un patrimonio spesso disperso, sotterraneo o parzialmente sottratto alla vista, costruendo un campo di leggibilità capace di rendere intelligibili tanto le presenze

manifeste quanto le relazioni latenti. Il caposaldo diventa così il livello intermedio attraverso cui il protocollo collega la cellula difensiva al paesaggio militare.

3.5.2 Piante del caposaldo e organizzazione del sistema locale

Alla scala del caposaldo, la pianta costituisce il principale strumento di chiarificazione dell'assetto locale. Se nel caso del manufatto la restituzione planimetrica rende leggibile l'impianto interno dell'opera, qui la pianta è chiamata a mostrare la disposizione reciproca dei bunker e degli altri elementi del dispositivo, il loro rapporto con le quote, i percorsi, la vegetazione, i margini morfologici e le direttrici di accesso. Essa opera come base di sintesi tra rilievo architettonico e lettura territoriale.

La sua efficacia dipende dalla capacità di integrare, entro una stessa base rappresentativa, elementi di natura diversa. I manufatti architettonici, già restituiti alla scala del bunker, vengono qui ricondotti a una forma più sintetica, sufficiente a renderne riconoscibile l'impianto e la posizione senza saturare l'elaborato. Le curve di livello, i percorsi, le quote, le aree vegetate, le trincee, le piazzole o gli ostacoli vengono invece selezionati in funzione della loro capacità di chiarire l'organizzazione del sistema locale.

La pianta del caposaldo non è una cartografia territoriale ingrandita né una somma di piante architettoniche. Deriva da una costruzione intermedia, nella quale il ridisegno tecnico riorganizza materiali provenienti da basi differenti: rilievi alla scala del manufatto, dati da drone, modelli digitali del terreno, ortofoto, cartografie, osservazioni in situ e dati strutturati nel GIS. Il risultato deve mantenere ancoraggio metrico, ma assumere una sintesi sufficiente a rendere leggibili relazioni altrimenti disperse.

Un aspetto decisivo riguarda il rapporto con il terreno e con la vegetazione. Le curve di livello non svolgono una funzione meramente topografica, ma consentono di chiarire il modo in cui il caposaldo si dispone sulle pendenze, sfrutta margini, quote e dislivelli, costruisce campi di copertura e relazioni tra opere poste a livelli differenti. La vegetazione, a sua volta, deve essere rappresentata quando incide sulla leggibilità del dispositivo: come schermatura originaria o attuale, come fattore di occultamento, come limite alla percezione o come elemento che modifica le condizioni contemporanee di accesso.
Proprio in ragione della natura parzialmente interrata, dispersa o discontinua di questo patrimonio, la pianta del caposaldo può richiedere l'uso controllato di sovrapposizioni, trasparenze o layer differenziati. Tali strumenti devono servire a chiarire relazioni che altrimenti resterebbero opache: parti visibili e invisibili, tracciati perduti, connessioni ipotizzate, quote, campi visuali o rapporti con il sistema viario. Il loro impiego è legittimo solo se la distinzione tra dato rilevato, dato documentario e interpretazione rimane esplicita.

La funzione principale di questo elaborato resta quella di chiarire l'organizzazione del caposaldo come sistema locale. Attraverso la pianta divengono leggibili relazioni tra opere, orientamenti reciproci, connessioni con i percorsi, distribuzione rispetto ai margini morfologici e posizione entro un campo difensivo più ampio. La pianta del caposaldo costituisce quindi il passaggio necessario tra la restituzione del manufatto e la lettura paesaggistica dell'insieme.

3.5.3 Sezioni paesaggistiche e relazione tra opere, quote e morfologia

Se la pianta del caposaldo rende leggibile la distribuzione delle opere e la loro organizzazione reciproca sul piano, la sezione paesaggistica chiarisce il rapporto tra tali elementi e la struttura verticale del sito. A questa scala, la sezione non è più centrata sull'organismo del singolo bunker, ma sul campo relazionale che connette manufatti, quote, pendii, margini, linee visuali, parti interrate e morfologia del terreno. Essa consente di leggere il caposaldo come dispositivo inserito in una sezione di paesaggio.

La sua necessità deriva dal fatto che il caposaldo non può essere compreso pienamente attraverso la sola pianta. La disposizione reciproca dei manufatti, per quanto leggibile sul piano, non restituisce da sola il modo in cui ciascuna opera si rapporta al pendio, ai salti di quota, all'orizzonte visivo, alla distribuzione della vegetazione e alla profondità del terreno. La sezione paesaggistica rende esplicite tali relazioni, mostrando come la morfologia partecipi alla costruzione del dispositivo difensivo.

La costruzione della sezione richiede una scelta di taglio fortemente selettiva. Non si tratta di attraversare il terreno secondo un criterio neutro, ma di individuare una linea capace di rendere visibili le relazioni morfologiche e insediative più significative del caso. In alcuni contesti il taglio può seguire una direttrice di avvicinamento; in altri, collegare opere poste a quote diverse; in altri ancora, attraversare una soglia tra costa e retroterra, una valle, un margine lagunare o una linea di cresta. La sezione deve essere costruita in funzione del problema che intende chiarire.

A differenza della sezione del manufatto, qui il bunker non è il centro esclusivo del taglio, ma uno degli elementi attraverso cui si costruisce la lettura dell'insieme. Il taglio deve includere una porzione significativa di territorio circostante, così da chiarire non solo la collocazione dell'opera, ma le relazioni che ne motivano posizione e orientamento. In questo senso, la sezione paesaggistica non descrive soltanto una condizione topografica: interpreta il rapporto tra architettura difensiva e morfologia.

La sezione svolge inoltre una funzione decisiva nei casi in cui il patrimonio sia parzialmente interrato, occultato o frammentario. In tali condizioni, il semplice affioramento dei manufatti non consente di comprendere la struttura complessiva del sistema, mentre la sezione può chiarire il rapporto tra ciò che emerge, ciò che resta nascosto e ciò che può essere dedotto. Essa rende leggibile la continuità tra superficie e sottosuolo, tra massa costruita e terreno, tra presenza materiale e logica operativa.

3.5.4 Viste sintetiche, assonometrie e visualizzazioni zenitali del caposaldo

Accanto a piante e sezioni, il protocollo prevede elaborati sintetici capaci di rendere leggibile il caposaldo come configurazione spaziale complessa. Viste zenitali, assonometrie, voli d'uccello e visualizzazioni tridimensionali del sito consentono di tenere insieme impianto, morfologia, posizione reciproca delle opere e rapporto con il paesaggio. La loro funzione non è sostituire gli elaborati metrici, ma fornire una sintesi controllata del sistema locale.

La vista zenitale (fig. 15) è particolarmente utile per leggere la disposizione delle opere rispetto al terreno, ai percorsi, alla vegetazione e ai margini morfologici. A differenza della cartografia pura, essa può integrare ortofoto, rilievi, dati GIS e ridisegno selettivo, costruendo un'immagine in cui le presenze difensive emergono con maggiore chiarezza. La sua efficacia dipende dalla capacità di mantenere la precisione della base senza rinunciare alla gerarchia grafica necessaria alla lettura.

L'assonometria di contesto consente invece di rendere visibile la tridimensionalità del caposaldo, il rapporto tra opere e quote, l'inserimento dei manufatti nel terreno e la relazione tra elementi visibili e parti occultate. Essa assume particolare valore quando la pianta e la sezione, pur necessarie, non bastano a comunicare la complessità spaziale dell'insieme. L'assonometria può mostrare simultaneamente rapporti di posizione, dislivelli, orientamenti e condizioni di emergenza della massa costruita.



Fig. 15 — Confronto alla medesima scala tra la nuvola di punti acquisita mediante ricognizione UAS e il ridisegno sintetico di un caposaldo. A sinistra, dato fotogrammetrico; a destra, restituzione grafica selettiva delle opere e del loro rapporto con il terreno. Ricognizione UAS di Nicola Paba; elaborazione grafica dell'autore.

Le visualizzazioni sintetiche devono però restare ancorate al dato. Il rischio di questi elaborati è quello di scivolare verso immagini evocative, nelle quali la chiarezza grafica prevale sulla controllabilità. Il protocollo evita questa deriva mantenendo esplicito il rapporto tra base rilevata, dati GIS, semplificazione grafica e interpretazione. Ogni vista deve poter essere ricondotta a un sistema di fonti e di elaborazioni, anche quando assume una forma più comunicativa.

Questi elaborati svolgono una funzione di raccordo tra restituzione tecnica e rappresentazione interpretativa. Alla scala del caposaldo, permettono di riconoscere il sistema locale come struttura spaziale e non solo come elenco di opere; al tempo stesso, preparano il passaggio verso il disegno ibrido e verso l'Atlante, nei quali la chiarezza espressiva e la comunicazione della complessità diventeranno componenti centrali del protocollo.

3.5.5 Dal caposaldo al paesaggio: restituzioni territoriali e configurazioni GIS

Quando il campo di lettura si estende oltre il caposaldo e investe il settore, l'arco di contenimento (fig. 16) o l'organizzazione territoriale più ampia del sistema difensivo, la restituzione cambia nuovamente statuto. A questa scala, l'elaborato non è più orientato alla comprensione analitica del singolo manufatto né alla sola chiarificazione dell'assetto locale, ma alla rappresentazione di configurazioni spaziali estese, nelle quali morfologia, distribuzione delle opere, direttrici di accesso, densità, margini e relazioni tra raggruppamenti costruiscono il paesaggio militare come organismo territoriale.

Gli elaborati a scala territoriale assumono il carattere di restituzioni configurative controllate del dato. La loro base principale è costituita dal GIS e dai suoi derivati (fig. 16), cioè da quell'infrastruttura informativa che rende interrogabili georeferenziazione, distribuzione delle opere, relazioni topografiche, densità insediative, margini morfologici e campi di visibilità. Il disegno, a questa scala, opera come

selezione e gerarchizzazione del dato territoriale, evitando che la rappresentazione si riduca a una semplice esportazione cartografica.

Curve di livello, linee di costa, viabilità, distribuzione dei capisaldi, densità delle opere, relazioni tra settori, margini naturali, direttrici di accesso e soglie morfologiche non possono essere trasferiti integralmente nello stesso piano senza compromettere la leggibilità dell'elaborato. La restituzione territoriale richiede quindi una sintesi selettiva, orientata a chiarire quali relazioni strutturino il dispositivo. In questo senso, il mapping non è una semplice descrizione dello spazio, ma una pratica critica di costruzione della leggibilità territoriale (Corner, 1999).

La funzione conoscitiva di questi elaborati consiste nel rendere visibile il passaggio dal locale al sistemico. Se la pianta del caposaldo chiarisce l'assetto di un insieme coordinato di opere e la sezione paesaggistica ne mostra la relazione con quote e morfologia, la restituzione territoriale evidenzia il modo in cui tali assetti locali si distribuiscono entro una struttura più ampia di archi difensivi, settori, nodi, batterie, reti costiere e linee di presidio. A questa scala il paesaggio non compare come sfondo, ma come campo organizzativo del sistema difensivo.



Fig. 16 — Tavola territoriale di settore elaborata in ambiente GIS per il sistema difensivo di Arborea. La rappresentazione mette in relazione difesa costiera, capisaldi, batterie e obiettivi strategici, rendendo leggibile il paesaggio militare come sistema di posizioni reciprocamente connesse. Elaborazione dell'autore.

Parte II — Rilievo percettivo e conoscenza situata

3.6 Il Disegno analogico del bunker e del suo paesaggio

3.6.1 Perché si impiega il disegno analogico per lo studio del paesaggio militare?

Nel quadro contemporaneo della rappresentazione architettonica e del paesaggio, il rilievo è attraversato da una crescente centralità delle tecniche digitali di acquisizione, modellazione e gestione del dato: fotogrammetria automatizzata, laser scanning, rilievo LiDAR, modelli tridimensionali e integrazione in ambiente GIS permettono di produrre basi metriche ad alta densità informativa, replicabili e analizzabili a posteriori. Entro questo scenario, la persistenza del disegno analogico (fig. 17) e del disegno in situ non va interpretata come residuo pre-tecnologico né come scelta nostalgica, ma come componente specifica del protocollo conoscitivo. Il suo valore consiste nel generare un tipo di informazione che il dato strumentale, pur accurato, non produce automaticamente: gerarchie percettive, selezioni, rapporti di soglia, condizioni di apparizione, scarti tra visibile e riconoscibile. La disponibilità di un modello tridimensionale digitale può suggerire che la conoscenza del luogo coincida con la sua descrizione geometrica. Nel caso delle architetture militari costiere del XX secolo, tale equivalenza risulta insufficiente. I manufatti sono spesso mimetizzati, incorporati nella morfologia, parzialmente interrati, alterati da degrado e riusi, resi intermittenti nella percezione da vegetazione, luce, distanza e condizioni atmosferiche. La forma misurata non esaurisce quindi la comprensione dell'opera. Il disegno interviene precisamente in questo scarto: non sostituisce la misura, ma integra il dato metrico con una lettura situata delle condizioni che rendono il manufatto leggibile, ambiguo o temporaneamente invisibile. Per chiarire la specificità del contributo analogico occorre distinguere due livelli complementari. Il primo riguarda la presenza in situ come condizione del conoscere. Nel rilievo strumentale la "sonda" è delegata a dispositivi esterni e a traiettorie di acquisizione ottimizzate — volo UAS, posizionamento delle stazioni, percorsi di scansione, sequenze LiDAR — mentre nel disegno la sonda coincide con il corpo dell'osservatore. Postura, distanza, quota dello sguardo, tempi di stazionamento e condizioni ambientali entrano direttamente nella costruzione del dato. Questa differenza non introduce un discorso sensibile autonomo, ma spiega perché il disegno richieda una verifica continua di soglie, occlusioni, intermittenze e discontinuità che rendono il manufatto riconoscibile o illeggibile nel paesaggio.

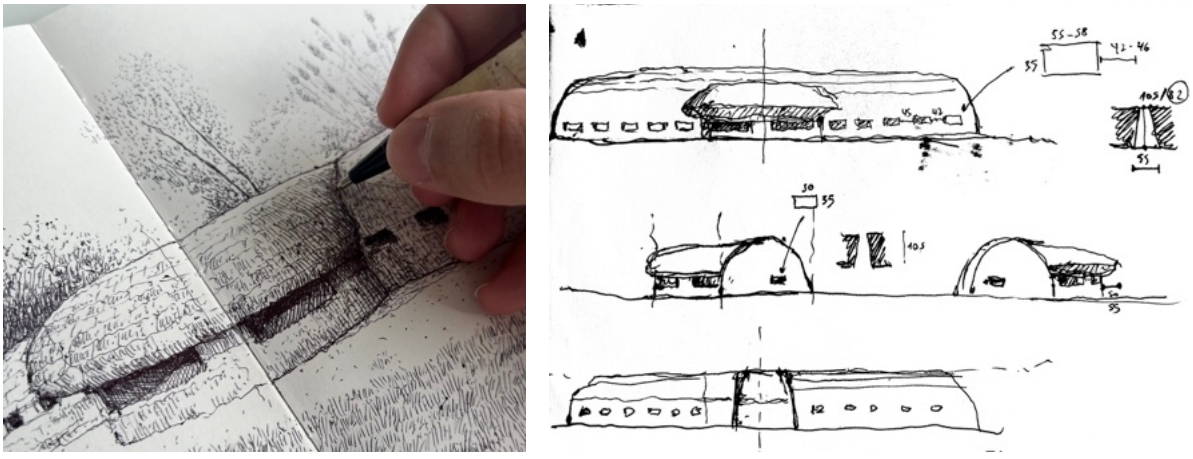


Fig. 17 — Disegno in situ a penna BIC dei bunker del complesso fortificato di Nules, presso Castellón, lungo la costa valenciana. A sinistra, esecuzione sul campo per la restituzione della forma e della consistenza materica; a destra, eidotipi e annotazioni dimensionali dei manufatti. Disegni dell'autore.

Il secondo livello riguarda il disegno come traduzione operativa dell'esperienza. Disegnare in situ non significa registrare passivamente ciò che appare, ma selezionare, ordinare, confrontare e interpretare. La sua efficacia deriva anche da una componente strutturale: il tempo. Il disegno implica una durata non comprimibile, durante la quale l'osservatore verifica proporzioni, rapporti tra parti, gerarchie tra segni, stabilità degli indizi e coerenza delle proprie scelte. In questa prospettiva, il pensiero grafico si avvicina a quella forma di conoscenza incorporata in cui mano, occhio e mente cooperano nella costruzione del significato (Pallasmaa, 2009). Il disegno può essere inteso come un pensare attraverso il fare: il sapere non precede interamente il gesto, ma prende forma nella relazione tra osservazione, decisione e segno (Frascari, 1991).

La diversa logica cognitiva del disegno analogico emerge con particolare evidenza nel confronto con la modellazione digitale. Il modello digitale tende a richiedere precisione, completezza e connessioni univoche tra elementi; lo schizzo e il disegno analogico operano invece anche attraverso incompletezza, ellissi, sospensione e non-finito. Questa condizione non costituisce un difetto, ma una risorsa epistemica: mantiene il segno aperto, rende leggibile la genealogia del pensiero e consente di formulare inferenze senza cristallizzarle subito in una forma conclusiva (Trevisan, 2013). Nel paesaggio militare, dove la leggibilità del manufatto dipende da vegetazione, luce, atmosfera, degrado e camouflage, tale apertura è particolarmente utile. Il segno non definito, l'acquerello, la sintesi per masse, i valori tonali e gli spazi negativi possono restituire non solo ciò che è visibile in una condizione specifica, ma anche il margine di variabilità percettiva entro cui l'opera appare, scompare o cambia statuto.

Questa funzione è decisiva per evitare l'effetto di falsa certezza che può accompagnare le rappresentazioni iperdefinite. Una restituzione fotorealistica o tecnicamente molto rifinita rischia di rappresentare come pienamente determinato ciò che, per natura, è congetturale: una traccia interrotta, una vegetazione ipotizzata, un assetto mimetico non più presente, una relazione visiva dedotta. La non-definizione controllata del disegno consente invece di distinguere il piano dell'evidenza dal piano dell'ipotesi e da quello della simulazione, rendendo l'incertezza non un limite occultato, ma una qualità dichiarata dell'elaborato (Bettetini, 1991).

Nel caso di un patrimonio bellico dissonante, collocato in una zona ambigua tra testimonianza materiale, rimozione culturale e possibile estetizzazione, la rappresentazione comporta inoltre una responsabilità specifica. Il disegno proprio perché rende visibili selezioni, omissioni e gerarchie, può operare come dispositivo critico (fig. 18): non celebra il manufatto, ma lo rende leggibile nel rapporto con il paesaggio, con la memoria e con le condizioni di occultamento che ne hanno determinato forma e presenza. In questo senso, il disegno mantiene una natura speculativa controllata: può formulare ipotesi, rendere confrontabili stati diversi e attivare un pensiero progettuale-interpretativo senza dissolvere il vincolo documentario (Evans, 1995; Pérez-Gómez, 2006).

All'interno della cultura italiana del disegno, tale posizione assume un rilievo particolare. La pratica analogica, pur pienamente integrata con gli strumenti digitali, conserva una capacità specifica nel restituire atmosfera, materia, stratificazione percettiva e rapporto tra corpo e luogo (Chiavoni & Tacchi, 2014; Docci & Chiavoni, 2017). Questi aspetti sono centrali quando l'oggetto è un'architettura che vive di integrazione paesaggistica, occultamento, tracce temporali e ambivalenza patrimoniale. L'atto di disegnare può quindi essere assunto anche come postura di cura: non come compensazione simbolica dell'assenza di gestione, ma come attenzione critica verso un bene la cui accessibilità culturale dipende dalla possibilità di essere osservato, riconosciuto e restituito senza semplificazioni improprie.

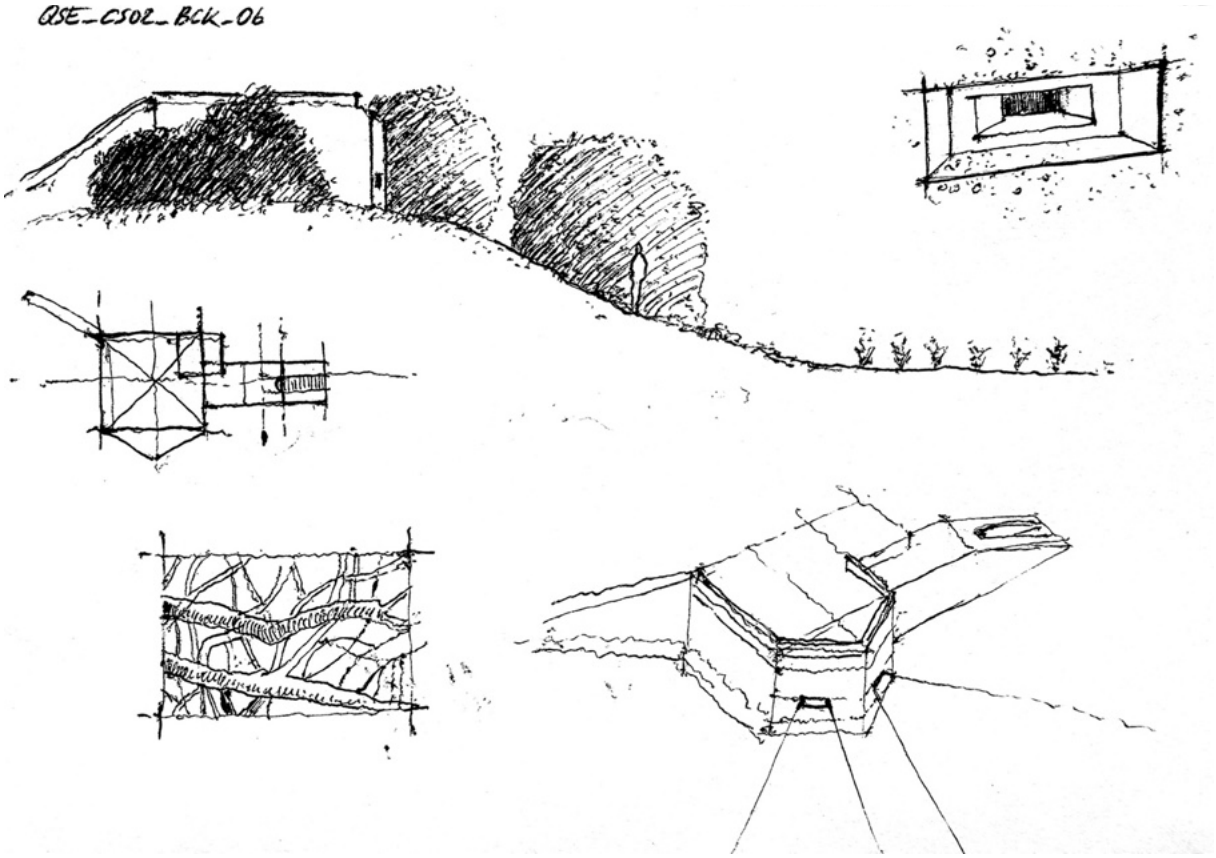


Fig. 18 — Il disegno come strumento di lettura integrata del bunker: dal rapporto con il paesaggio e la vegetazione alla configurazione tipologica, dal dettaglio architettonico alla volumetria e alla strategia militare. Disegni dell'autore.

Nel presente lavoro, il disegno analogico viene quindi assunto come pratica contemporanea pienamente legittima, non alternativa ma complementare al rilievo metrico e digitale. Esso produce un surplus conoscitivo: una conoscenza situata, temporale e corporea, necessaria per indagare architetture belliche incorporate nel paesaggio e continuamente trasformate. Il disegno non sostituisce la misura; la interroga, la orienta e la completa, dichiarando le condizioni dell'osservazione e traducendo l'esperienza del luogo in elaborati confrontabili, utili alla documentazione e alla valorizzazione critica del paesaggio militare.

3.6.2 Il disegno analogico come pratica operativa nel rilievo

Nel protocollo, il disegno analogico agisce come infrastruttura operativa del rilievo integrato. Esso orienta l'osservazione, anticipa le strategie di acquisizione e registra condizioni e decisioni lungo il lavoro di campo. La sua utilità non coincide necessariamente con la produzione di elaborati finali: eidotipi, diagrammi, appunti e schemi di percorrenza possono operare come strumenti di previsualizzazione, controllo e tracciabilità anche quando non confluiscono direttamente nelle tavole dell'Atlante. Nel pre-rilievo, il disegno costruisce una prima struttura del sito, spesso privo di planimetrie aggiornate o leggibile soltanto per frammenti. Schizzi planimetrici e annotazioni consentono di individuare accessi, dislivelli, soglie, zone di occlusione, elementi emergenti, coperture vegetali e relazioni fra manufatti. In questa fase il disegno seleziona i requisiti informativi necessari rispetto alla domanda conoscitiva e prepara il percorso di ricognizione, riducendo il rischio che l'acquisizione produca un dataset denso ma privo di un orientamento analitico (Docci et al., 2011).

Nelle acquisizioni alla scala del raggruppamento, gli schemi di campo coordinano percorrenze a terra, traiettorie UAS (fig.19), punti di controllo e relazioni altimetriche. Nel laser scanning terrestre, impiegato in casi circoscritti, eidotipi e diagrammi consentono di pianificare la posizione delle stazioni, anticipare le principali zone d'ombra e mettere in relazione le scansioni con la struttura spaziale del manufatto. Il disegno non garantisce la copertura del dato, ma rende esplicita la sequenza delle decisioni attraverso cui essa viene ricercata.

Durante il rilievo diretto, l'eidotipo (fig. 20) permette di associare le misure alla struttura riconosciuta sul posto, distinguendo vani, setti, accessi, feritoie e parti non percorribili. Il suo valore non risiede nella precisione grafica autonoma, ma nella capacità di registrare la relazione fra misura e componente architettonica, fornendo un riferimento per il controllo dei successivi derivati digitali e per la restituzione planimetrica.

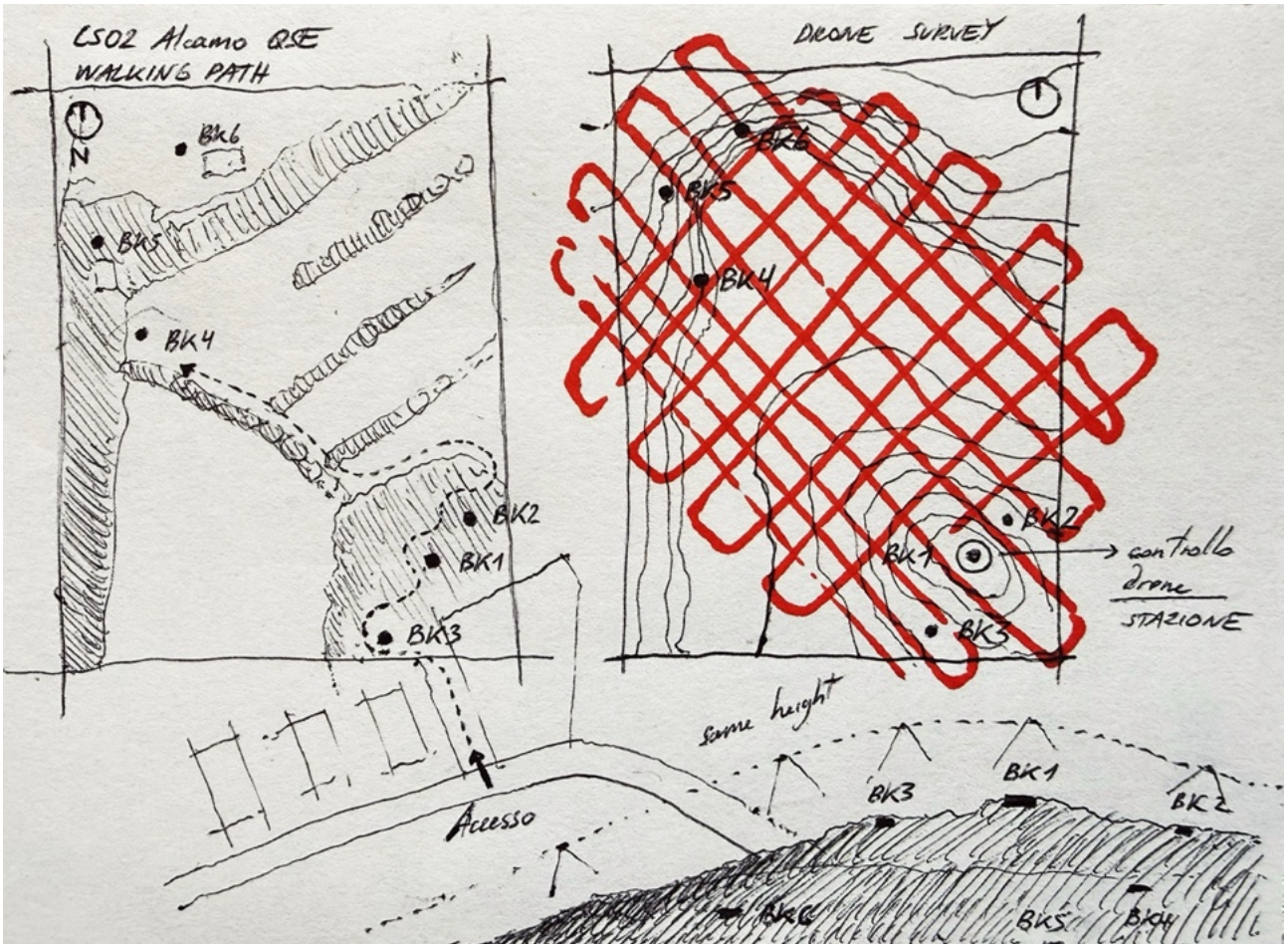


Fig. 19 — Schemi operativi per il rilievo del CS II «Alcamo», Quartu Sant'Elena. Gli eidotipi coordinano il percorso di ricognizione a terra, la distribuzione dei bunker, la maglia delle riprese UAS e il profilo altimetrico del raggruppamento, traducendo la pianificazione della campagna in un logbook grafico. Disegni a penna BIC dell'autore.

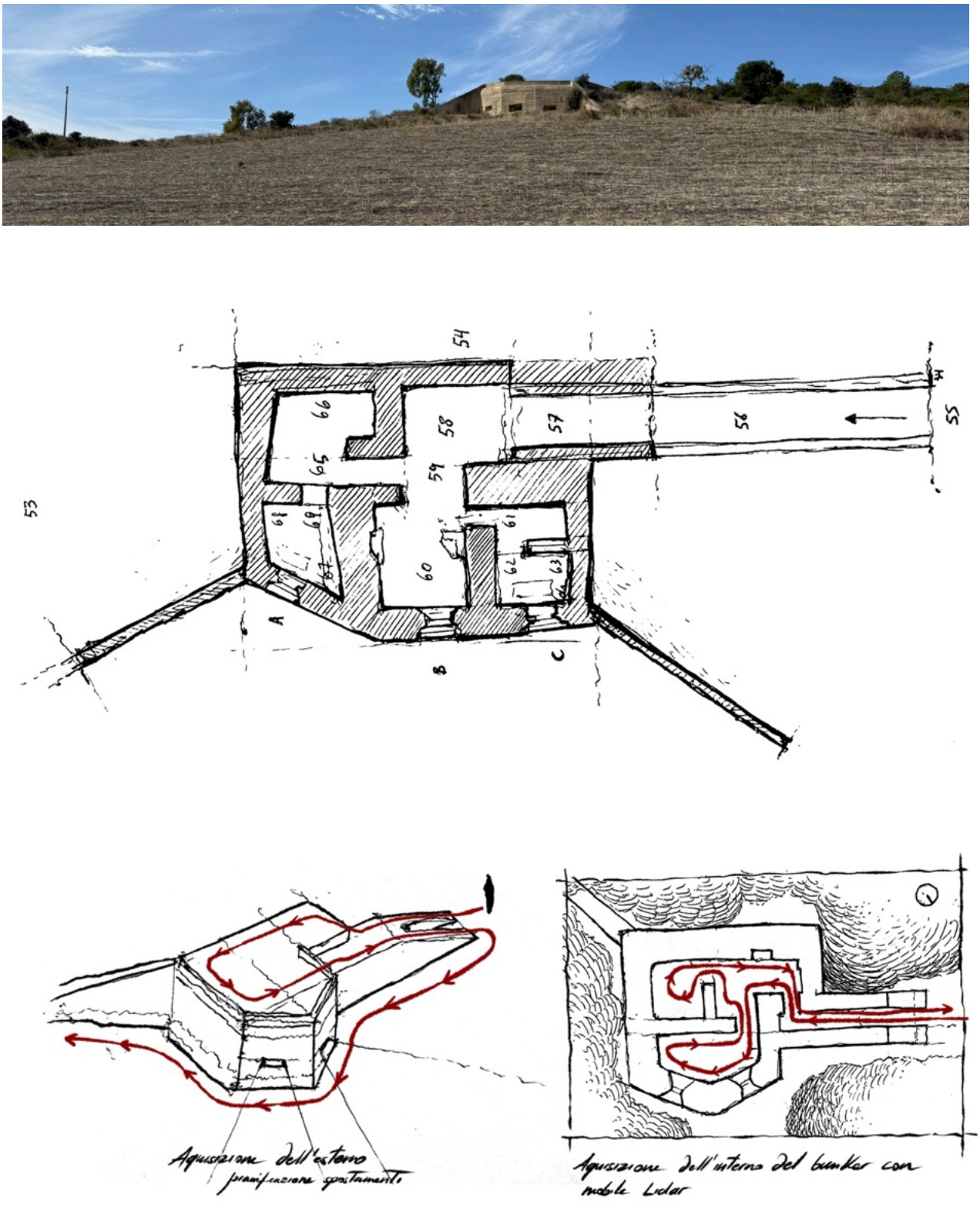


Fig. 20 — Eidotipo e pianificazione del rilievo integrato di un bunker poliarma. In alto, rapporto tra manufatto e paesaggio; al centro, planimetria di campo con misure, ambienti, accessi e feritoie; in basso, schemi delle traiettorie esterne e interne per il rilievo mobile LiDAR. Disegni dell'autore.

Nel rilievo mobile LiDAR, la funzione del disegno è circoscritta alla pianificazione della traiettoria. Lo schema di percorrenza stabilisce il punto di avvio, l'ordine di acquisizione dell'esterno e degli ambienti interni, i passaggi attraverso accessi e corridoi, i punti di ritorno e, dove possibile, la chiusura del percorso. La traiettoria disegnata non descrive il funzionamento tecnico del dispositivo, già trattato nella Parte I, ma rende leggibile l'azione dell'operatore e la relazione fra configurazione spaziale e strategia di acquisizione.

Il disegno registra inoltre informazioni che i dataset digitali non incorporano in modo nativo: condizioni di luce, cromie percepite, matericità, tracce d'uso, ostacoli, criticità di accesso, densità vegetale e soglie fra visibile e nascosto. Può essere inteso, in questo senso, come dispositivo di iscrizione attraverso cui l'esperienza di campo viene tradotta in una rappresentazione organizzata e analiticamente utilizzabile (Latour, 1987). Il logbook grafico documenta non soltanto i risultati, ma anche le condizioni e le decisioni che li hanno prodotti. Superata la fase di acquisizione, il disegno assume una funzione di sintesi critica. Nuvole di punti, ortoproiezioni, mesh e altri derivati possono risultare eccedenti, ridondanti o opachi; il ridisegno costruisce invece gerarchie, seleziona le componenti pertinenti e rende intellegibili le relazioni architettoniche senza occultare le lacune del dato. Il disegno analogico opera quindi come strumento di orientamento, selezione, controllo e registrazione, collocandosi fra esperienza del luogo, acquisizione strumentale e formalizzazione conoscitiva (Amoruso, 2010; De Rubertis, 2002).

3.6.3 Disegnare per apprendere e per leggere l'architettura militare

Nel processo di conoscenza del patrimonio architettonico, il disegno a mano non opera soltanto come strumento di rappresentazione o supporto al rilievo, ma come pratica di apprendimento. L'atto del disegnare forma lo sguardo, incrementa la consapevolezza spaziale e trasforma l'osservazione in interpretazione controllata. Esso produce conoscenza non solo dell'oggetto, ma anche delle condizioni cognitive attraverso cui l'oggetto viene compreso: selezione, verifica, correzione, gerarchizzazione, riconoscimento degli indizi. Il passaggio dal percepire al capire non è immediato; viene costruito attraverso il segno.

La letteratura sul disegno come forma di pensiero individua un nodo decisivo nella convergenza tra gesto, percezione e decisione. In Pallasmaa, mano, occhio e mente costituiscono un circuito unico che non coincide con la trascrizione grafica del visibile, ma con una costruzione attiva del significato (Pallasmaa, 2009). Dal punto di vista metodologico, questa condizione introduce la lentezza operativa come fattore strutturale. Disegnare richiede un tempo non comprimibile che obbliga a confrontare proporzioni, riconoscere relazioni, correggere ipotesi, distinguere ciò che è strutturale da ciò che è contingente. La lentezza non è dunque valore poetico, ma condizione tecnica che abilita l'analisi.

Su questa base, disegnare equivale a costruire invarianti: forme ricorrenti, regole proporzionali, costanti distributive, relazioni tra parti, modalità di accesso, gerarchie tra pieni e vuoti, rapporti tra opera e suolo. L'invariante non coincide con il dettaglio puntuale, ma con ciò che permane attraverso variazioni di luce, degrado, vegetazione e punto di vista. Proprio perché selettivo, il disegno favorisce l'emersione di tali strutture: obbliga l'osservatore a chiedersi cosa sia necessario per riconoscere un ambiente, una soglia, una sequenza o un dispositivo difensivo. L'apprendimento coincide così con un passaggio dal troppo visibile al significativo, dal continuo percettivo a una configurazione interpretabile e confrontabile.

Il valore formativo del disegno emerge anche come attivazione di inferenze controllate. Durante l'osservazione grafica affiorano indizi che orientano ragionamenti sul costruito: ossidazioni e colature come tracce di presenza metallica o drenaggi; fratture e crolli come segnali di debolezze localizzate o

discontinuità costruttive; ombre persistenti come indicatori di cavità, nicchie o dispositivi; variazioni della tessitura del calcestruzzo come possibili differenze di getto o riprese. Tali inferenze sono più difficili da attivare in modo immediato sul solo dato digitale, perché la densità informativa tende a presentarsi come totalità e richiede una mediazione successiva per costruire gerarchie e ipotesi. Il disegno, al contrario, obbliga a formulare interpretazioni mentre si osserva e rende esplicito il nesso tra percezione e comprensione.

All'interno di questo quadro si colloca un ulteriore effetto cognitivo, rilevante per lo studio del paesaggio militare: la riattivazione dello sguardo. Disegnare non significa soltanto guardare più a lungo, ma apprendere a vedere secondo criteri. La pratica grafica contribuisce a formare un vocabolario operativo di configurazioni — proporzioni, assialità, logiche di accesso, gerarchie tra pieni e vuoti, modalità di emersione nel terreno — trasferibile da un caso all'altro e decisivo per un confronto consapevole tra capisaldi, manufatti e contesti. In continuità con la tradizione del disegno di lettura, questa operazione si colloca nel solco di un saper vedere e saper leggere l'architettura, inteso come costruzione di senso attraverso segni, relazioni e strutture spaziali (Docci & Chiavoni, 2017; Zevi, 1948).

Tale competenza diventa cruciale quando l'operazione conoscitiva assume tratti quasi archeologici, cioè quando il presente deve essere letto attraverso lacune, trasformazioni e segni residui. Comprendere il manufatto significa allora ricostruire relazioni perdute e, in alcuni casi, risalire retrospettivamente a intenzioni progettuali e logiche d'impianto oggi leggibili solo per tracce: orientamento, inserimento, mimetizzazione, rapporto con il campo visivo, sequenze di accesso, posizione degli elementi accessori. In questo senso, il disegno analogico permette di ripercorrere la logica progettuale delle architetture bunker senza attribuire loro una completezza non più documentabile, rendendo discutibili e comunicabili le ipotesi generate dal confronto tra osservazione, rilievo e fonti (Virilio, 1994). Disegnare per apprendere significa dunque assumere il disegno come metodo di ricerca e come strumento di lettura dell'architettura militare. Il suo compito non è soltanto registrare, ma costruire interpretazioni controllate, trasferibili e confrontabili, capaci di integrare osservazione, evidenze materiali e quadro documentario. Il passaggio dal percepire al comprendere viene costruito attraverso il segno, che seleziona gli elementi del luogo e ne rende progressivamente intelligibili relazioni, permanenze e caratteri spaziali (Bertocci, 2004).

3.6.4 — Esperienza sensoriale e memoria corporea

Il disegno in situ (fig. 21) può essere inteso come pratica multisensoriale e incorporata: corpo e sensi entrano nel processo conoscitivo producendo una memoria corporea che integra e orienta anche i dati strumentali. A differenza del disegno condotto su base fotografica o della restituzione digitale svolta a distanza, il disegno sul campo nasce in condizioni non sterilizzabili — luce variabile, vento, umidità, rumore, temperatura, instabilità del terreno, attriti materiali — e attiva una cooperazione operativa tra mano, percezione e pensiero. Il gesto grafico diventa parte integrante del conoscere, non semplice atto di trascrizione (Pallasmaa, 2009). L'attraversamento in situ costituisce il primo livello di questa conoscenza. Percorsi effettivi, accessi, soglie, deviazioni imposte dal terreno, punti di stazionamento, cambi di quota e di visibilità producono informazione difficilmente riducibile a traiettorie di acquisizione esterne all'esperienza umana. È nell'attraversamento che emergono percorribilità reale, densità della vegetazione, occlusione o riapparizione improvvisa delle geometrie, qualità microclimatiche, resistenze del suolo e indizi materiali che acquistano rilievo solo se osservati e confrontati in prima persona: tracce di ferramenta, agganciamenti, incisioni, tessiture dell'impasto, patine biologiche, ossidazioni, superfetazioni. In termini epistemologici, questo livello corrisponde a una conoscenza situata ed incorporata *(embodied)*, dipendente da posizione, movimento e durata dell'esposizione (Ingold, 2011).



Fig. 21 — Collage di differenti modalità di disegno percettivo realizzate durante il sopralluogo del giugno 2024 presso la batteria «Carlo Faldi», sul promontorio di Is Mortorius. Disegni analogici di Emanuela Chiavoni, Andrea Pirinu, Andrés Martínez-Medina e dell'autore.

La percezione non è dunque un'operazione astratta, ma un rapporto tra corpo e ambiente. In questa prospettiva, il gesto grafico coinvolge postura, equilibrio, ritmo e durata, trasformando l'osservazione in conoscenza operativa. L'intelligibilità del luogo emerge attraverso prossimità, resistenza materica, condizioni atmosferiche, soglie di accesso e rapporti di scala percepiti. La fenomenologia della percezione permette di chiarire questo punto: il soggetto non osserva il mondo da una posizione neutra, ma attraverso un corpo situato, e il disegno conserva traccia di questa condizione (Merleau-Ponty, 2003). In chiave antropologica, il tracciare linee può essere letto come esito di una relazione in atto con il mondo. La linea non è solo contorno, ma traiettoria: deriva dal muoversi, orientarsi, sostare, avvicinarsi e correggere lo sguardo (Ingold, 2007). Applicato alla documentazione del patrimonio, ciò implica che l'elaborato grafico conservi non solo ciò che è stato visto, ma anche il modo in cui il luogo è stato raggiunto, attraversato e incontrato.

Nel caso delle architetture difensive del XX secolo, spesso collocate in contesti marginali, esposte agli agenti atmosferici e integrate in sistemi ecologici dinamici, la dimensione sensoriale assume un rilievo metodologico specifico. L'esperienza diretta consente di cogliere informazioni che difficilmente emergono con pari evidenza nel solo dato strumentale: rugosità e porosità del calcestruzzo, abrasioni, patine biologiche, superfici umide o salinizzate; condizioni microclimatiche e termiche, come condensa, differenze tra esterno e interno, zone fredde o ventilate; tracce sonore e olfattive, come risonanze interne, gocciolii, vento canalizzato nelle aperture, umidità stagnante, salsedine o materiali di riuso (fig. 22). Anche la fatica del percorso, la pendenza, l'ostacolo vegetale e il passaggio angusto determinano la soglia di accessibilità reale e, di conseguenza, la percezione di quanto un luogo sia attraversabile e interpretabile.



Fig. 22 — Acquerello eseguito in situ del bunker noto come «Torre di Carcangiolas», finalizzato alla restituzione dell'atmosfera e della condizione percettiva del manufatto che emerge dall'acqua. Disegno dell'autore.

Il disegno in situ produce inoltre una memoria corporea specifica. A differenza della memoria archiviata di fotografia, nuvola di punti o mesh, che conserva dati in forma oggettivata e consultabile, il disegno incorpora una memoria legata al gesto: sequenza dei tratti, pressione, tempi di osservazione, esitazioni, correzioni, micro-decisioni percettive (fig. 23). Tale memoria può essere riattivata nelle fasi successive di analisi e restituzione, orientando scelte interpretative e sintesi grafiche. Il disegno mantiene quindi una continuità tra esperienza, selezione e formalizzazione, rendendo più consapevole il rapporto tra dato metrico e qualità esperita.

In questa direzione, la pratica del disegno sul campo si collega alla possibilità di restituire l'atmosfera dei luoghi, intesa non come effetto estetico, ma come configurazione percettiva complessa che include luce, materia, temperatura, umidità, suono, accessibilità e qualità ambientale. Tale dimensione non è alternativa alla misurazione; è componente necessaria di un protocollo che mira a comprendere un patrimonio bellico integrato nel paesaggio, la cui intelligibilità dipende anche dalle condizioni corporee e sensoriali dell'incontro (Norberg-Schulz, 1997).

3.6.5 Interpretazione situata e responsabilità della rappresentazione

La prima responsabilità della rappresentazione consiste nel rendere trasparente l'atto interpretativo. Non si tratta di rivendicare una soggettività generica, ma di dichiarare condizioni e intenzionalità: punto di vista, accesso, ora, stagione, luce, grado di astrazione, elementi privilegiati, omissioni e relazione con altri dati. Questo tema è particolarmente sensibile nel caso di un patrimonio dissonante, esposto a estetizzazioni, decontestualizzazioni o narrazioni implicitamente celebrative. Poiché la rappresentazione orienta la comprensione, può contribuire sia a chiarire sia a distorcere il significato del manufatto. Ne deriva una responsabilità ulteriore: mantenere una postura critica e documentata, evitando che il disegno diventi operazione retorica. In termini epistemologici, tale impostazione è coerente con l'idea di conoscenza situata: ogni atto conoscitivo è parziale e contestuale e, proprio per questo, deve rendere esplicite le proprie condizioni di produzione (Haraway, 1988).

Nel caso delle fortificazioni costiere della Seconda guerra mondiale, questa esigenza è amplificata dall'instabilità percettiva dell'oggetto. Mimetismo originario, integrazione topografica, ricrescita del verde, erosioni, crolli, riusi e appropriazioni informali producono uno scarto continuo tra forma progettata e forma presente. Il disegno in situ, se condotto come pratica riflessiva, consente di rendere leggibili tali ambivalenze senza ridurle a una sola interpretazione. La rappresentazione non rispecchia passivamente il reale; organizza attivamente il campo visivo. Come mostra Arnheim, la percezione è un processo di strutturazione e non una ricezione inerte; il disegno rende esplicito e comunicabile questo processo (Arnheim, 1974).

Gli elaborati percettivi incorporano inevitabilmente una componente individuale: manualità, sensibilità, intenzionalità, tempi di osservazione, capacità di selezione. Nel quadro di una metodologia di ricerca, tale componente non deve essere negata, ma governata tramite criteri dichiarabili che rendano gli elaborati confrontabili e integrabili con rilievo strumentale, GIS, fonti archivistiche e documentazione fotografica. L'obiettivo non è raggiungere un'oggettività assoluta, illusoria in ogni atto rappresentativo, ma rendere tracciabili le condizioni di produzione dell'elaborato. Operativamente, la dichiarazione di parametri e scelte funziona come dispositivo di iscrizione, traducendo un'esperienza sensibile in una rappresentazione controllabile e comunicabile (Latour, 1987).

A tal fine, per ciascun elaborato percettivo si associa una Scheda di comparabilità degli elaborati, denominata Scheda X, che registra in modo standardizzato tre blocchi di informazioni corrispondenti a una catena logica: condizioni di osservazione, effetti percettivi, decisioni di rappresentazione. La struttura della scheda non descrive l'estetica del disegno; rende espliciti i fattori che determinano ciò che è fisicamente percepibile e, quindi, rappresentabile.

Il primo blocco riguarda le condizioni di osservazione. Vengono registrati punto di vista, direzione di osservazione, posizione, quota o distanza quando rilevanti, ora, stagione, condizioni atmosferiche, eventuale presenza di luce artificiale e, se necessario, natura simulata dello scenario. Questi campi permettono di interpretare correttamente differenze tra elaborati: due disegni apparentemente discordanti possono essere entrambi coerenti se prodotti in condizioni diverse.

Il secondo blocco riguarda gli esiti percettivi e il contenuto osservato. Contrasto, silhouette, profondità d'ombra, dominanti cromatiche, saturazioni, riflettanza, specularità, bagnato, patine, selettività percettiva e rapporto figura/sfondo non vengono trattati come impressioni generiche, ma come conseguenze delle condizioni registrate. Se una feritoia si chiude per ombra, se un profilo scompare nella vegetazione o se una superficie bagnata produce riflessi dominanti, tale fenomeno viene assunto come dato percettivo, non come difetto dell'elaborato.

Il terzo blocco riguarda le decisioni operative di rappresentazione: famiglia dell'elaborato nel Sistema Y, medium, tecnica, grado di astrazione, finalità, presenza o assenza di legenda, relazione con fotografie, rilievo, GIS e archivi. In questo modo la soggettività non viene esclusa, ma resa verificabile. Lo stile personale viene ricondotto a scelte motivate e confrontabili; anche l'elaborato muto, se adottato, deve essere riconosciuto come decisione argomentata.



Fig. 23 — Acquerello del bunker di Calamosca inserito nella conformazione rocciosa del sito: rapporto tra massa difensiva, roccia e paesaggio costiero. Disegno dell'autore.

A completamento della tracciabilità, la Scheda X include campi relativi alla relazione con altri dati e, per elaborati interpretativi o ricostruttivi, alla base documentaria e al livello di confidenza. Tale struttura consente confronti controllati: stesso sito in stagioni diverse, condizioni analoghe in siti differenti, stesse condizioni con esiti percettivi divergenti. La rappresentazione analogica diventa così integrabile nel protocollo senza perdere la propria specificità. La responsabilità della rappresentazione (Schorch et al., 2017) non consiste nell'eliminare l'interpretazione, ma nel dichiararne le condizioni, i limiti e il grado di affidabilità.

3.6.6 Workflow del rilievo percettivo

Il rilievo percettivo adottato in questa ricerca non coincide con una pratica estemporanea di schizzo, ma con un workflow strutturato, finalizzato alla produzione di elaborati confrontabili e integrabili con il rilievo metrico. La componente manuale e individuale del disegno non viene negata; viene governata attraverso due principi operativi: distinzione tra produzione in situ e rielaborazione a studio, e dichiarazione standardizzata delle scelte mediante Scheda X e Sistema Y. In questo modo il passaggio dalla registrazione alla formalizzazione dell'elaborato resta tracciabile e revisionabile (Schön, 1983).

La fase in situ si articola in tre operazioni consequenziali. La prima è attraversare. L'attraversamento definisce il campo operativo: percorsi effettivi, soglie, punti di stazionamento, assi visuali, condizioni di occlusione, ostacoli e cambi di quota. Da questa fase derivano la selezione dei punti di vista utili — approcci da terra o da mare, viste zenitali o oblique, viste ostili, viste dalla feritoia verso l'esterno — e l'individuazione delle criticità che condizionano la leggibilità: vegetazione, interramenti, morfologia, accessibilità, instabilità del suolo.

La seconda operazione è selezionare. Prima dell'esecuzione si definisce la finalità dell'elaborato: fissare un'inquadratura o una sequenza, descrivere materia e tracce, registrare una condizione di leggibilità, chiarire una relazione tra manufatto e morfologia, documentare un effetto di luce o verificare una soglia di riconoscibilità. La finalità orienta immediatamente la strategia grafica: masse e valori quando il focus è atmosferico o mimetico; linee e strutture quando l'obiettivo è chiarire assetti, geometrie funzionali o decisioni operative. La scelta impedisce la deriva illustrativa e garantisce coerenza con la tassonomia degli output.

La terza operazione è registrare. La registrazione avviene prevalentemente tramite disegni rapidi (fig. 24) e selettivi, calibrati sull'obiettivo di catturare condizioni percettive e non di produrre immagini rifinite. La rapidità è assunta come scelta metodologica: favorisce gerarchia e sintesi, limita l'incremento indiscriminato del dettaglio e obbliga a dichiarare ciò che viene reso visibile. La linea non viene eliminata ma modulata: dominante negli elaborati di controllo, più assorbita in velature e masse quando l'obiettivo è restituire atmosfera, continuità cromatica e rapporto con il paesaggio. La registrazione delle condizioni di osservazione inquadra l'elaborato e orienta lo sguardo verso ciò che si intende rendere conoscibile.

Il set di strumenti è definito in funzione di condizioni logistiche non controllate: vento, umidità, luce variabile, superfici instabili, accessi difficili. In genere si impiegano taccuino o fogli a grammatura adeguata, grafite, inchiostro e un kit di acquerello da viaggio. La scelta è funzionale: grafite e inchiostro garantiscono velocità e chiarezza strutturale; l'acquerello consente di registrare palette, passaggi atmosferici e relazioni cromatiche con una gamma compatta e controllabile. La monocromia viene adottata quando il focus è la lettura di pieni, vuoti, massa e gerarchie; il colore quando l'obiettivo è descrivere rapporti cromatici tra manufatto e vegetazione, variazioni dovute a umidità e patine, o transizioni luminose difficilmente traducibili nella sola linea.

La fase a studio svolge tre funzioni principali. La prima è il riordino: catalogazione degli elaborati, associazione della Scheda X, classificazione nel Sistema Y. La seconda è la rifinitura selettiva: chiarificazione delle gerarchie, rimozione di ambiguità, completamento di parti essenziali senza incremento indiscriminato del dettaglio. La terza è l'integrazione: allineamento con basi metriche e fotografiche, piante, sezioni, ortofoto, modelli e GIS quando necessario. La fotografia agisce come baseline di stato e supporto comparativo; le ibridazioni digitali, ad esempio su tablet, sono ammesse come estensione della post-produzione, purché resti distinguibile la registrazione diretta dalla rielaborazione.

Alcune tipologie di output percettivo-interpretativi — ricostruzioni ipotetiche, elaborati diacronici, anastilosi grafiche, simulazioni di assetto mimetico — non vengono prodotte integralmente sul campo. In tali casi, la fase in situ svolge una funzione primaria di riconoscimento e documentazione dello stato presente: registra morfologie, tracce materiali, trasformazioni, degradi e condizioni di leggibilità, ricavando vincoli e indizi. La costruzione dell'elaborato interpretativo avviene prevalentemente a studio attraverso triangolazione tra dati metrici, osservazioni di campo, fonti archivistiche, fotografie storiche e confronti tipologici. L'interpretazione viene formalizzata come esito argomentato, distinguendo ciò che è rilevato da ciò che è ipotizzato.

Una componente metodologica essenziale consiste infine nell'iterazione. Tornare sullo stesso sito in condizioni differenti — luce radente o zenitale, cielo coperto o sereno, asciutto o bagnato, giorno o notte, stagioni diverse — consente di distinguere ciò che resta invariante da ciò che varia: assetti, geometrie e relazioni da un lato; leggibilità, cromie, occlusioni vegetali e riflettanza dall'altro. Il disegno in situ diventa così strumento comparativo capace di costruire serie, non immagini isolate, producendo misure percettive confrontabili nel tempo e nelle condizioni (Corner & MacLean, 1996).

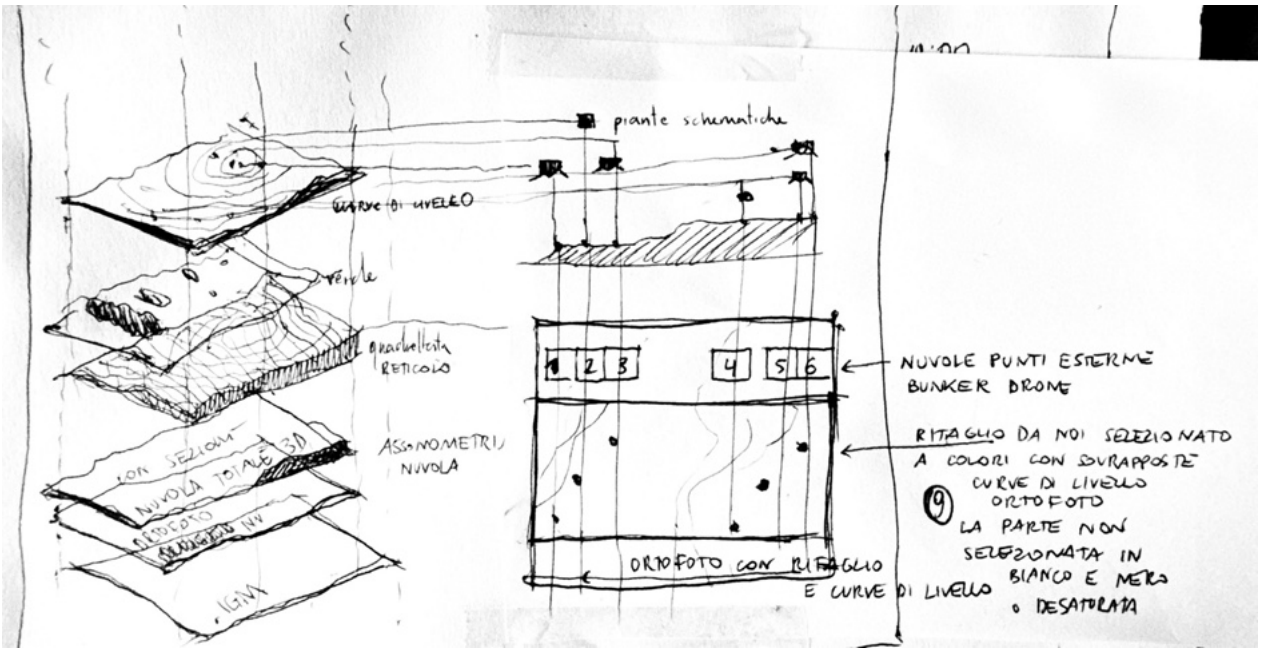


Fig. 24 — Schemi abbozzati per la pianificazione dei disegni multistrato e delle tavole illustrative destinate alla restituzione del paesaggio militare. Disegni dell'autore.

3.6.7 Tecniche, strumenti e ragioni della scelta grafica

La scelta della tecnica grafica costituisce, all'interno del protocollo, una decisione metodologica. Non riguarda soltanto l'aspetto finale dell'elaborato, né può essere ricondotta a preferenza stilistica o consuetudine operativa. Ogni tecnica seleziona un diverso regime di leggibilità: ciò che la penna rende evidente non coincide con ciò che può essere registrato dall'acquerello; ciò che una restituzione codificata consente di confrontare non equivale a ciò che un eidotipo permette di intuire; ciò che il chiaroscuro rivela attraverso massa e profondità non coincide con ciò che un segno diagrammatico isola come percorso, ipotesi o relazione. La tecnica non interviene dopo la conoscenza; partecipa alla sua costruzione.

Questa impostazione si inserisce nel solco della tradizione del disegno architettonico, che considera strumenti, materiali, metodi di rappresentazione, segno e calligrafia grafica come componenti di un procedimento scientifico di conoscenza. Il disegno manuale non mira alla produzione di immagini autonome, ma alla costruzione di un monitoraggio grafico capace di mettere in evidenza forma, struttura, geometria, stato di conservazione e valori percettivi dell'architettura (Docci & Chiavoni, 2017). Per il paesaggio militare, dove il bunker si presenta spesso come manufatto seminterrato, mimetizzato, degradato, frammentario o incorporato nella vegetazione, questa scelta è decisiva: non esiste un'unica modalità grafica capace di restituire simultaneamente misura, materia, luce, occultamento, accessibilità, memoria e rapporto con il terreno.

Anche le restituzioni più codificate, digitali o metriche, non sono prive di interpretazione. Una mappa GIS, una sezione, una pianta o una restituzione da nuvola di punti sono costruite attraverso scelte di scala, legenda, simbologia, gerarchia dei livelli, trattamento del suolo, spessore delle linee, selezione delle informazioni e grado di astrazione. Il dato georeferenziato diventa rappresentazione solo quando viene tematizzato: la scelta della base cartografica, delle curve di livello, dell'ombreggiatura del rilievo, dei colori assegnati alle classi oggettuali e della visibilità dei layer definisce già una forma di lettura. La differenza tra restituzione tecnica e disegno analogico non consiste quindi nella presenza o assenza di interpretazione, ma nel diverso grado di codificazione e dichiarazione delle scelte grafiche.

La soglia tra restituzione codificata e disegno situato è centrale. Le procedure digitali producono basi metriche, ortofoto, modelli tridimensionali, sezioni e mappe ad alta densità informativa; la loro efficacia conoscitiva dipende però dalla capacità di orientare il dato verso domande pertinenti. Il disegno analogico interviene precisamente in questo passaggio. Nel caso di un caposaldo, può aiutare a separare i livelli del paesaggio — morfologia, vegetazione, manufatti, percorsi, visuali, aree di controllo — prima che essi vengano formalizzati in un elaborato multistrato. Nel caso del singolo bunker, può stabilire quali relazioni siano prioritarie: rapporto con la quota, posizione della feritoia, accesso, interramento, grado di emersione, massa muraria, condizione superficiale, presenza del verde come schermo o cornice.

Ogni elaborato analogico si fonda quindi su una costruzione grafica preliminare. Prima che intervengano dettaglio, ombra o colore, il disegno stabilisce una struttura: assi, proporzioni, masse, orientamenti, soglie, direzioni di osservazione e rapporti con il suolo. Questa costruzione non è una fase puramente tecnica, ma l'organizzazione iniziale del pensiero grafico. Il bunker, pur apparendo spesso come corpo compatto e formalmente essenziale, richiede una lettura stratificata: massa e cavità, interno ed esterno, suolo e manufatto, feritoia e campo visivo, superficie e profondità. La costruzione grafica permette di ordinare tali relazioni prima che il disegno assuma una definizione più materica o percettiva.

In questo quadro si collocano eidotipi, schemi planimetrici e disegni preparatori. Essi non sono schizzi deboli o immagini provvisorie in senso riduttivo, ma strumenti di orientamento e progettazione della

rappresentazione. L'eidotipo consente di fissare una prima sintesi delle relazioni tra manufatto, contesto e condizioni di osservazione: assetto generale del bunker rispetto al terreno, andamento di una trincea scomparsa, posizione di un accesso, sequenza degli spazi interni, rapporto con la vegetazione, presenza di elementi non immediatamente misurabili ma rilevanti per la comprensione del sito. La sua efficacia non deriva dalla completezza, ma dalla capacità di selezionare invarianti, gerarchie e indizi.

Il bianco e nero costituisce il regime grafico privilegiato per le analisi formali, metriche e tipologiche. La sua efficacia risiede nella capacità di ridurre la complessità cromatica e concentrare la lettura su bordo, massa, vuoto, proporzione, misura e rapporto pieno/vuoto. Una pianta di bunker, uno schema di feritoia, un dettaglio del banchetto d'arma, un'analisi volumetrica o una ricostruzione parziale richiedono spesso una rappresentazione che sottragga il colore per rendere più evidente la struttura. La monocromia consente di lavorare per valori, soglie e densità, traducendo ciò che nel sito appare confuso, degradato o coperto dal verde in una configurazione leggibile.

L'integrazione dell'ombra introduce una seconda soglia di conoscenza. Nei disegni a penna o a china con valori chiaroscurali controllati, l'ombra non ha funzione ornamentale, ma contribuisce a rendere leggibili profondità, massa, incassamento e rapporto interno/esterno. Nel bunker, più che in altre architetture, l'oscurità è un dato spaziale: feritoia, accesso ribassato, camera interna, soglia tra luce esterna e ambiente protetto definiscono il modo in cui il manufatto viene percepito. L'ombra consente di mostrare la compressione dello spazio interno, il peso della copertura, la profondità di una strombatura, il carattere chiuso del corpo resistente e il suo rapporto con il suolo.

Il colore, e in particolare l'acquerello, risponde a una funzione diversa. Se il bianco e nero isola forma e struttura, l'acquerello registra la continuità percettiva tra manufatto e contesto. La sua utilità non risiede in una maggiore libertà espressiva, ma nella capacità di trattenere simultaneamente luce, colore, atmosfera, materia e vegetazione. Il bunker non viene mai percepito in condizioni astratte: appare attraverso cielo, riverbero della sabbia, umidità degli interni, luce radente, controluce, macchia mediterranea, tonalità del calcestruzzo, temperatura cromatica del mare o della roccia. L'acquerello permette di registrare queste relazioni senza separarle completamente, restituendo il manufatto come presenza situata.

Quando eseguito in situ, l'acquerello conserva il valore di una registrazione temporale: una luce, un'ora, una stagione, una distanza, un punto di vista, una condizione di umidità. Quando viene elaborato in studio, il suo statuto cambia: non è più registrazione diretta, ma rielaborazione controllata fondata su fotografie, note, memoria di campo e parametri dichiarati. In entrambi i casi, la tecnica deve essere ricondotta alla tracciabilità dell'elaborato, distinguendo ciò che è stato osservato direttamente da ciò che è stato ricostruito, interpretato o intensificato.

Accanto al colore percettivo, il protocollo ammette un uso selettivo del colore diagrammatico. Il rosso, applicato su disegni prevalentemente in bianco e nero, non descrive la materia del luogo, ma isola una relazione operativa o interpretativa: traiettoria di acquisizione, percorso drone, sequenza mobile LiDAR, direzione di osservazione, campo d'azione, ipotesi di lettura, asse o relazione da verificare. La sua funzione è separare il livello descrittivo dal livello operativo. Il nero registra manufatto, morfologia o struttura osservata; il rosso segnala ciò che agisce su quella struttura come movimento, intenzione o ipotesi. La distinzione consente di non confondere dato e interpretazione.

Le tecniche ibride occupano una posizione intermedia tra questi regimi. In questa sede, l'ibridazione non è ancora assunta come dispositivo editoriale complessivo, ma come procedura tecnica locale: combina

livelli diversi di informazione mantenendo distinguibili dato metrico, lettura percettiva e interpretazione. Una base digitale può garantire l'ancoraggio metrico; un tratto analogico può evidenziare relazioni, soglie e indizi; un acquerello può registrare luce e atmosfera; una linea rossa può isolare un percorso o un'ipotesi operativa. La combinazione ha valore solo se produce incremento conoscitivo, non sovrapposizione estetica.

La questione decisiva diventa quindi la dichiarazione delle scelte. Poiché la tecnica incide sul contenuto conoscitivo dell'elaborato, essa deve essere resa esplicita quando orienta la lettura. Le didascalie non possono limitarsi a indicare il soggetto rappresentato; devono, quando necessario, precisare tecnica, supporto, condizione di osservazione, grado di astrazione, finalità dell'elaborato e rapporto con eventuali basi documentarie o metriche. Una veduta ad acquerello in situ non ha lo stesso statuto di una rielaborazione in studio; un disegno a penna con rosso diagrammatico non coincide con una restituzione descrittiva; una ricostruzione parziale non deve essere confusa con un rilievo completo. La didascalia, insieme alla Scheda X, consente di controllare questi passaggi e di rendere confrontabili elaborati prodotti in condizioni, tecniche e finalità diverse.

La sezione 3.6 si chiude dunque individuando nella tecnica grafica un dispositivo di mediazione tra esperienza e conoscenza. Penna, tratto, bianco e nero, ombra, acquerello, colore selettivo, rosso diagrammatico, base digitale e ibridazione non rappresentano varianti stilistiche, ma strumenti per costruire regimi diversi di leggibilità. Ogni elaborato deve essere valutato in rapporto alla domanda che pone al manufatto e al paesaggio: misurare, orientare, distinguere, interpretare, registrare, ipotizzare, comunicare. Una volta chiarite le ragioni delle scelte tecniche, il rilievo percettivo può essere approfondito nelle variabili che ne determinano la qualità visibile: materia, colore, luce, tempo e trasformazioni della leggibilità.

3.7 Materia, colore, luce e tempo: grammatica del visibile

Nel patrimonio difensivo costiero della Seconda guerra mondiale, la percezione non costituisce una cornice evocativa, ma una condizione operativa di riconoscibilità. Ciò che viene identificato come bunker dipende dalla stabilità degli indizi percettivi rispetto allo sfondo e dalle condizioni di osservazione (Gibson, 1979). Questa dipendenza è strutturale in un patrimonio spesso mimetico, parzialmente interrato e incorporato nella morfologia, la cui presenza può risultare intermittente per effetto di processi ambientali e antropici: vegetazione, aerosol marino, umidità, degrado, riusi, alterazioni superficiali. In tali condizioni, l'apparire non è un attributo secondario; è il modo stesso in cui l'opera diventa, o non diventa, interpretabile nel paesaggio.

La sezione definisce una grammatica del visibile in termini fisici e percettivi, chiarendo come materia, colore, luce, tempo, vegetazione e percezione interna governino le soglie di riconoscibilità e orientino le scelte rappresentative. La rappresentazione analogica non corregge l'esperienza percettiva, ma la rende analizzabile: seleziona, gerarchizza e traduce l'osservazione in evidenze comunicabili. Ciò che il rilievo metrico restituisce come forma, dimensione e posizione viene qui integrato da variabili che incidono sulla leggibilità effettiva dell'opera.

L'inserimento controllato di componenti cromatiche e atmosferiche non ha finalità ornamentali (fig. 25). Esso incrementa l'informazione fornita dal rilievo, permettendo di documentare aspetti difficilmente trattabili con i soli dati metrici: variazioni di luminanza, dominanti cromatiche, marker di processo, condizioni di bagnato, sali, biofilm, differenze di leggibilità al variare di ora, stagione e meteo (Chiavoni &

Tacchi, 2014). Operativamente, la lettura percettiva può alternare catture rapide, orientate a fissare un preciso attimo di luce o tonalità, e osservazioni lente, finalizzate a controllare fenomeni mutevoli e condizioni ricorrenti. L'obiettivo è rendere dichiarabili le condizioni dell'apparizione.

L'ordine adottato è operativo: materia e colore come dati percettivi; luce naturale e condizioni atmosferiche; esperienza notturna e luce artificiale; tempo lungo e trasformazioni della leggibilità; vegetazione e mutabilità stagionale; percezione dall'interno del bunker come dispositivo di visione (fig. 26). Nel contesto costiero queste variabili sono particolarmente incisive, perché la componente ambientale modifica rapidamente cromie, texture, riflettanza, accessibilità e riconoscibilità. La grammatica del visibile non costituisce quindi un repertorio di effetti, ma un insieme di parametri che permette di controllare la produzione degli elaborati percettivo-interpretativi.



Fig. 25 — Acquerello del bunker del porticciolo di Sant'Elia, a Cagliari, riutilizzato dai pescatori: restituzione della luce, del colore e del rapporto del manufatto con il paesaggio d'acqua. Disegno dell'autore.

3.7.1 Materia e colore come dati percettivi

Nelle architetture difensive costiere del XX secolo, materia e colore non sono proprietà neutrali: costituiscono un campo di indizi che informa la lettura dello stato di conservazione e, soprattutto, la comprensione delle strategie di mimetizzazione e del rapporto manufatto–paesaggio. Il calcestruzzo, pur dominante, si presenta in forme e finiture variabili; nel tempo, le superfici vengono riscritte da processi ambientali e antropici — aerosol marino, umidità, colonizzazioni biologiche, interventi contemporanei — che trasformano cromie, texture e riflettanza. Materia e colore sono quindi assunti come dati percettivi:

elementi osservabili, registrabili e confrontabili, tradotti in scelte rappresentative non ornamentali ma informative. Il colore, in questa prospettiva, è fenomeno fisico e al tempo stesso costruzione culturale nelle pratiche di lettura e descrizione (Brusatin, 1983).

Le restituzioni cromatiche che ne derivano non vanno intese come imitazioni della natura, ma come interpretazioni controllate fondate su analisi di geometrie, materia e cromie. La sintesi grafica rende comunicabili e comparabili indizi percettivi rilevanti, evitando che l'accumulo di micro-dettaglio produca rumore descrittivo. L'operazione rappresentativa è strutturalmente selettiva: definire cosa registrare implica sempre una rinuncia, e la perdita di informazione a scala fine, quando controllata, costituisce essa stessa un dato sul regime percettivo adottato. L'esperienza del colore implica infatti una mediazione tra percezione soggettiva e criteri di conoscenza e controllo (Itten, 1992).

Per rendere operativa tale impostazione, si isolano cinque fattori distintivi che governano la percezione materico-cromatica delle architetture militari costiere: caratteristiche del calcestruzzo; impronte di getto e finiture; ibridazioni materiche e dispositivi di camouflage; marker cromatici di processo e antropici; vegetazione come layer percettivo. Si tratta di variabili che agiscono sulle soglie di leggibilità e sulla continuità o discontinuità tra manufatto e contesto.

Il primo fattore riguarda la matrice in calcestruzzo: impasto, tessitura e riflettanza. Le opere difensive mostrano differenze sensibili negli impasti e nella risposta alla luce: inerti minuti o evidenti, tessiture compatte o grossolane, superfici continue o interrotte da inclusioni. Tali differenze incidono sulla lettura di massa e sulla continuità con il contesto. Sul piano rappresentativo, il dato rilevante non è la micro-descrizione del singolo inerte, ma la resa gerarchica della tessitura, della dominante cromatica e del grado di continuità della superficie.

Il secondo fattore riguarda getto e finiture. L'impronta della casseratura introduce una micro-struttura che diventa leggibile in luce radente; superfici lisce tendono invece ad appiattire la lettura e possono favorire continuità con rocce, intonaci o terreni chiari. In alcuni casi, superfici sagomate o modellate assumono un ruolo percettivo specifico, perché alterano la risposta della luce e possono concorrere a strategie di mimesi. La variabile da isolare è la combinazione tra carattere della casseratura, tipo di finitura e grado di modellazione.

Il terzo fattore riguarda ibridazioni materiche e dispositivi di camouflage. Una parte del patrimonio difensivo non si presenta come calcestruzzo nudo: può includere innesti o rivestimenti che modificano intenzionalmente l'aspetto atteso del manufatto, introducendo elementi domestici, rurali o geologici simulati: laterizi, coppi, inserti ceramici, rivestimenti, pietrame addossato, superfici in roccia simulata ottenute per modellazione e finitura del getto. Queste ibridazioni non sono meri dettagli; agiscono come dispositivi percettivi che spostano la lettura cromatica e materica verso la mimesi o verso un contrasto deliberato. In questa sede esse sono considerate come fattori che condizionano la percezione del colore e preparano l'analisi specifica del camouflage, senza sovrapporsi ad essa.

Il quarto fattore riguarda i marker cromatici prodotti da processi ambientali e interventi antropici. Ossidazioni, efflorescenze saline, colature, biofilm, muschi e licheni modificano la cromia delle superfici, così come vernici, graffiti, intonaci, riprese e superfetazioni contemporanee. Questi segni alterano la gerarchia percettiva e possono rendere dominanti porzioni altrimenti secondarie. Devono quindi essere trattati come strati leggibili del presente, distinguendo, quando possibile e dichiarandone il grado di confidenza, tra processi ambientali e interventi umani.



Fig. 26 — Restituzione ad acquerello del bunker di Quartu Sant'Elena camuffato da chiesa campestre. Le viste esterne e interne documentano il rapporto tra dispositivo mimetico, luce e percezione spaziale. Disegni dell'autore.

Il quinto fattore riguarda la vegetazione come layer percettivo. Nel patrimonio difensivo costiero il verde riscrive il rapporto figura/sfondo attraverso densità, dominanti cromatiche, saturazione e stagionalità. La rinaturalizzazione può rendere intermittente la riconoscibilità di accessi, feritoie e profili, trasformando la leggibilità in una condizione variabile e discontinua. La vegetazione non è solo contesto: è uno strato che modifica la continuità cromatica e la percezione del volume.
Su questa base, l'obiettivo è definire un profilo materico-cromatico del manufatto nel suo intorno: dominanti e contrasti, marker cromatici, qualità di superficie, grado di continuità con terreno e vegetazione. La formalizzazione di una registrazione minima comparabile, demandata alla Scheda X, consente confronti tra siti e campagne e documenta variazioni dovute a stagione, meteo e trasformazioni superficiali, in continuità con pratiche di rilievo cromatico orientate alla tutela e alla lettura del costruito (Morlacchi, 2015).

3.7.2 Luce naturale e condizioni atmosferiche

Nel paesaggio costiero la luce naturale governa la riconoscibilità del manufatto e il suo rapporto con morfologia e vegetazione. In opere concepite anche per la mimesi, la luce può far emergere discontinuità, spigoli e cavità funzionali, oppure appiattire i volumi e rafforzare l'occultamento. Essa non agisce su una materia neutra: modula direttamente tessitura, finitura, marker cromatici e rapporto figura/sfondo, confermando il ruolo strutturale dell'interazione tra colore e luce come variabile architettonica e rappresentativa (Zennaro, 2010).

Nel caso delle fortificazioni costiere della Seconda guerra mondiale, spesso a bassa emergenza, integrate nella morfologia e parzialmente interrate, la riconoscibilità raramente dipende dalla massa complessiva. L'opera tende a confondersi con roccia, terreno, dune o vegetazione e viene riconosciuta soprattutto attraverso indizi: feritoie, tagli netti, bordi funzionali, soglie, discontinuità geometriche, cambi di materiale. Solo alcune tipologie più iconiche mantengono una riconoscibilità immediata; nella maggior parte dei casi è la stabilità percettiva di pochi segni diagnostici, variabile con luce e atmosfera, a determinare se il manufatto viene letto come architettura oppure come elemento inerte del paesaggio.

Per il controllo dell'aspetto cromatico e della leggibilità, la registrazione di ora, giorno e condizioni non è un accessorio descrittivo, ma parte integrante del dato percettivo. Essa rende interpretabili differenze tra elaborati e distingue variazioni dovute al contesto da trasformazioni materiali del manufatto. Operativamente, la registrazione può alternare tempi differenti: catture rapide, orientate a fissare un attimo di luce e tonalità, e osservazioni lente, finalizzate a controllare fenomeni mutevoli come riflessi, stato di bagnato, foschia o variazioni di contrasto. L'osservazione non coincide con una somma neutra di oggetti isolati, ma con un assemblaggio gerarchico di componenti che il disegno deve rendere leggibile (Crary, 1990; Lassus, 2012).

La luce radente, nelle prime e ultime ore del giorno, enfatizza asperità e discontinuità: tessitura del getto, impronta della casseratura, variazioni tra superfici lisce e grezze diventano leggibili tramite gradienti di luminanza. In ambito difensivo questo regime è altamente informativo, perché aumenta la leggibilità di cavità — feritoie, accessi, nicchie — e rende evidenti tagli sottili nel terreno o spigoli che in condizioni diffuse tendono a scomparire. Sul piano rappresentativo, ciò implica una gerarchia del segno centrata su pieni, vuoti e ombre controllate. La tessitura va resa come qualità di superficie senza scivolare nel micro-dettaglio descrittivo e senza che il contrasto chiuda artificialmente i vuoti.
La luce zenitale comprime invece le ombre e attenua i contrasti, riducendo la leggibilità volumetrica. Nei manufatti bassi o parzialmente interrati prevale l'effetto di continuità con il suolo e con la copertura vegetale: il bunker può essere letto come roccia, masso, scarpata o discontinuità del terreno. Proprio per questo la luce zenitale funziona come test percettivo. Ciò che resta visibile tende a coincidere con discontinuità realmente dominanti — vuoti profondi, tagli netti, geometrie dichiarate — mentre gli elementi secondari vengono assorbiti. Nel disegno, la diminuzione di leggibilità non va recuperata artificialmente: cosa emerge e cosa scompare è parte dell'informazione.

Il controluce interviene soprattutto lungo gli assi di avvicinamento tra mare e terra o tra spazio aperto e manufatto. In questa condizione la texture perde importanza e domina la silhouette: contorno del manufatto, profilo della scarpata e bordo vegetazionale costituiscono la gerarchia primaria. La mimesi può fallire o confermarsi: le feritoie diventano ritagli netti; i volumi possono dissolversi nel profilo morfologico; la vegetazione aderente assume un ruolo strutturale nella costruzione del contorno. Ne deriva un'implicazione diretta: il disegno può ridurre il dettaglio senza perdere informazione, lavorando per masse e bordi, perché qui l'informazione coincide con la stabilità del profilo e con la soglia figura/sfondo.

Le condizioni atmosferiche modificano ulteriormente il rapporto tra manufatto e contesto. Copertura nuvolosa, diffusione atmosferica, foschia, aerosol marino e stato di bagnato alterano contrasto, nitidezza dei bordi e riflettanza delle superfici. A parità di punto di vista, tali condizioni possono spostare significativamente il rapporto tra volumi, bordi e texture, incidendo sulla salienza dei marker cromatici e sulla relazione manufatto–vegetazione. In termini fisici, l'effetto di foschia e aerosol può essere descritto come riduzione progressiva del contrasto con la distanza: la visibilità dipende dal superamento di una soglia di contrasto tra bersaglio e sfondo, che l'estinzione atmosferica tende a comprimere fino ad annullare (Koschmieder, 1924). In un patrimonio difensivo mimetico e a bassa emergenza, tale perdita di contrasto colpisce direttamente gli indizi di riconoscibilità, facendo scivolare l'architettura verso una lettura geologica o vegetale.

In contesti costieri intervengono inoltre riflessi e abbagliamenti prodotti da mare, sabbia e superfici bagnate, capaci di mascherare bordi sottili e aperture anche a distanza ravvicinata. La variazione spettrale della luce naturale modifica le dominanti cromatiche percepite e incide sul rapporto tra calcestruzzo, patine e vegetazione. Luce e atmosfera determinano quindi la leggibilità del manufatto

come architettura e come traccia storica nel paesaggio. Quando gli indizi percettivi collassano — per compressione dei valori, perdita di contrasto o dissoluzione del bordo — l'opera tende a non essere riconosciuta come tale. Se il patrimonio è anche un processo culturale di attribuzione di senso, ciò che non viene riconosciuto difficilmente entra in un orizzonte di tutela e valorizzazione (Lowenthal, 2015; Smith, 2006). La registrazione delle condizioni di visibilità documenta dunque non solo come appare il manufatto, ma perché può essere notato o ignorato.

3.7.3 Esperienza notturna e luce artificiale

Nel patrimonio difensivo costiero, il notturno e la luce artificiale (fig. 27) non costituiscono una semplice variante della luce diurna, ma introducono un regime percettivo differente. Durante il giorno la leggibilità del manufatto è modulata in modo relativamente continuo da geometrie della luce naturale, condizioni atmosferiche e rapporto tra materia, colore e contesto; di notte, la percezione viene governata da una selettività più radicale. Ciò che viene visto dipende dalla presenza, dal tipo, dall'intensità e dalla posizione della sorgente luminosa, oltre che dall'adattamento visivo dell'osservatore e dalla vulnerabilità all'abbagliamento. L'architettura difensiva, già progettata per ridurre la propria riconoscibilità, manifesta così una doppia vita diurna e notturna, nella quale cambiano gerarchie, indizi diagnostici e soglie di interpretabilità (Chiavoni, 2022).

Il notturno non riduce soltanto la quantità di informazione visiva disponibile; modifica le condizioni attraverso cui il bunker può apparire, scomparire o essere riconosciuto. La continuità del campo visivo si frammenta, la relazione cromatica tra manufatto e contesto si comprime, il rapporto figura/sfondo diventa instabile e gli indizi architettonici si distribuiscono secondo una logica discontinua. La luce non restituisce semplicemente l'oggetto al visibile; lo seleziona. Una sorgente puntuale può far emergere una feritoia e cancellare il volume complessivo; una luce radente può rivelare la scabrezza del calcestruzzo e occultare l'andamento planimetrico; una sorgente frontale può appiattire la massa e rendere dominanti elementi secondari.
Questa condizione incide direttamente sulla materia del bunker. Umidità, condensa e bagnato, frequenti negli interni, nelle zone in ombra, nei vani seminterrati e sulle superfici esposte alla salsedine, modificano riflettanza e leggibilità. Alcune superfici scuriscono e si uniformano; altre diventano parzialmente speculari e restituiscono riflessi localizzati, capaci di bruciare porzioni del campo visivo o, al contrario, di far emergere micro-rilievi, discontinuità del getto, tracce di cassero, patine biologiche o depositi salini. Anche i graffiti possono assumere, sotto sorgenti artificiali, un ruolo percettivo sproporzionato rispetto alla loro importanza documentaria, spostando l'attenzione dal corpo architettonico alla superficie trasformata.

La variabilità si accentua quando la sorgente è debole, discontinua o mobile. Piccoli scarti di riflettanza, assorbimento o specularità possono diventare percettivamente dominanti, mentre elementi architettonicamente più rilevanti possono collassare nel buio. Una feritoia, una soglia d'ingresso, una strombatura o un cambio di piano possono essere letti con estrema chiarezza se intercettati dalla luce, ma scomparire pochi centimetri oltre il cono luminoso. La luce artificiale non rivela quindi la superficie in modo neutro; costruisce una gerarchia provvisoria di marker. La rappresentazione deve distinguere tra qualità effettiva del manufatto ed effetto prodotto dalla condizione luminosa specifica.

Nei siti extraurbani — campagne, tratti costieri poco infrastrutturati, aree di parco, margini litoranei non illuminati — il manufatto non è investito da illuminazione stabile. La notte coincide allora con l'assenza di un campo visivo continuo. L'esplorazione avviene spesso tramite sorgenti mobili: torce, lampade frontali, luci portatili. Tali sorgenti non ricostruiscono lo spazio in modo neutro, ma lo tagliano in porzioni. Producono ombre dure, spostano il centro dell'attenzione e concentrano la lettura su dettagli isolati:

feritoie, bordi funzionali, accessi, discontinuità del getto, superfici umide, cambi di piano. Il bunker tende a non essere percepito come volume unitario, ma come insieme discontinuo di indizi intercettati dalla luce.



Fig. 27 — Studi cromatici e atmosferici del bunker-serbatoio per carburanti di Monte Mixi, a Cagliari. In alto, fotografia notturna in regime di illuminazione artificiale; in basso, acquerelli del manufatto in condizioni notturne, diurne e prossime al tramonto. Fotografia e disegni dell'autore.

Nei contesti periurbani e urbani prevale invece una luce ambientale non progettata per l'opera: illuminazione stradale, impianti di servizio, luci di edifici, percorsi pedonali, aree pubbliche o infrastrutture prossime al manufatto. Questa luce non ha lo scopo di mostrare il bunker; garantisce sicurezza, orientamento o fruibilità dell'intorno. Il manufatto diventa visibile solo perché intercettato accidentalmente da un sistema luminoso esterno alla sua interpretazione. In questi casi la gerarchia figura/sfondo si riscrive: il calcestruzzo può uniformarsi sotto dominanti cromatiche artificiali; elementi secondari di giorno possono diventare dominanti di notte; indizi diagnostici sottili possono collassare per abbagliamento, riflesso o compressione dei contrasti (Zanella, 2008; Zennaro, 2017).

La distinzione tra architetture luminous e illuminated permette di ordinare ulteriormente queste condizioni. In termini generali, un'architettura luminous genera luce dall'interno e la trasmette verso l'esterno; un'architettura illuminated riceve invece luce da una sorgente esterna che ne investe la superficie (Chiavoni, 2022). Nel caso dei bunker, la condizione ordinaria raramente coincide con una vera architettura luminous: l'opera è in genere chiusa, opaca, non abitata, priva di illuminazione interna stabile o accessibile solo attraverso sorgenti mobili. Più frequentemente essa è assente alla vista, oppure illuminated da luci esterne non dedicate. La distinzione resta utile perché consente di confrontare gli effetti percettivi in funzione della provenienza della luce e di introdurre scenari controllati di simulazione: illuminazione esterna, sorgente interna temporanea, luce radente su indizi diagnostici, proiezioni reversibili.

Gli effetti sul bunker sono specifici perché la luce notturna agisce su una macchina spaziale già costruita per massa, soglia, cavità e visione selettiva. La massa muraria può diventare silhouette; il profilo basso può dissolversi nel terreno; la feritoia può apparire come vuoto nero, taglio luminoso o punto di abbagliamento; l'accesso può diventare soglia profonda o cavità illeggibile; la vegetazione può assorbire la luce e frammentare il contorno dell'opera. Una luce frontale tende ad appiattire il volume; una luce radente può rendere leggibili scabrezze, strombature, spessori e rapporti di incassamento; una luce interna può rovesciare la percezione consueta, trasformando la feritoia da apertura oscura a segnale luminoso.

La rappresentazione grafica del notturno deve assumere questa selettività come dato. Rappresentare la notte non significa rendere visibile tutto ciò che il buio sottrae, ma documentare il modo in cui il buio seleziona, cancella o intensifica gli indizi architettonici. Il bianco e nero può registrare masse, silhouette, soglie di contrasto e rapporti notan; l'acquerello può restituire dominanti cromatiche, intensità luminose, aloni, riflessi e variazioni atmosferiche; il segno rapido può fissare posizione della sorgente, direzione della luce, taglio della feritoia o punto in cui la superficie emerge dall'ombra. Gli studi sulle rappresentazioni notturne dell'architettura mostrano come la notte obblighi a modificare codici, gerarchie e tecniche della restituzione, rendendo centrale il rapporto tra intensità luminosa e perdita di continuità del campo visivo (Chiavoni, 2022; Chiavoni et al., 2018).

Gli elaborati notturni possono svolgere tre funzioni distinte. La prima è registrare le condizioni reali di bassa leggibilità: cosa resta visibile, cosa scompare, quali marker diventano dominanti e per quali ragioni. La seconda è simulare scenari percettivi alternativi, non come proposte luminose compiute, ma come strumenti conoscitivi per verificare come cambiano gerarchie, indizi e soglie al variare della sorgente. La terza è confrontare: interno ed esterno, luce diffusa e puntuale, sorgente fissa e mobile, tono caldo e freddo, luce frontale e radente. In questa prospettiva, il disegno notturno non celebra l'opera attraverso la luce; misura il modo in cui la luce può renderla leggibile, deformarla o cancellarla (Albrecht, 2015; Zanella, 2008).

Questa triplice funzione richiede un controllo metodologico esplicito. Ogni elaborato notturno dovrebbe dichiarare, quando rilevante, ora, stagione, condizioni atmosferiche, presenza di luce lunare o riflessi ambientali, tipo di sorgente artificiale, posizione e direzione della luce, distanza dell'osservatore, tecnica impiegata, supporto fotografico e grado di simulazione. La Scheda X consente di ricondurre tali variazioni a un sistema di tracciabilità, distinguendo tra condizione osservata, interpretazione grafica e scenario simulato. La luce artificiale non è qui strumento di valorizzazione scenica, ma dispositivo di verifica; il suo uso deve restare critico, reversibile e dichiarato.

3.7.4 I segni del tempo e la trasformazione della leggibilità

Nel patrimonio difensivo costiero, il tempo non agisce soltanto come sfondo storico, ma come fattore che trasforma direttamente la leggibilità del manufatto e del suo rapporto con il paesaggio. Le opere del secondo conflitto mondiale sono spesso soggette a processi rapidi e cumulativi, ambientali e antropici, che ne riscrivono forma percepita, cromie, accessibilità e riconoscibilità. In questa sezione il tempo viene trattato in termini percettivi: come insieme di trasformazioni che modificano quali indizi restano disponibili alla visione e, di conseguenza, quali scelte rappresentative risultano pertinenti.

Il paesaggio può essere inteso come traccia operativa di azioni e processi stratificati: non un fondale statico, ma un esito che incorpora nel visibile temporalità del fare, dell'abitare, dell'abbandonare e del riutilizzare. Il tempo diventa leggibile attraverso trasformazioni materiali, cancellazioni, riattivazioni e nuove continuità (Ingold, 1993). Questa impostazione è coerente con l'idea di territorio come palinsesto: una superficie continuamente riscritta, nella quale gli strati non si dispongono secondo un progresso lineare ma secondo sovrapposizioni, cancellazioni e permanenze che incidono sulla riconoscibilità (Corboz, 1985).

Un primo vettore di trasformazione è il degrado in senso ampio (fig. 28): fessurazioni, erosioni, collassi localizzati, disgregazioni superficiali, perdita o alterazione di elementi accessori. A questi si sommano processi tipici dell'ambiente costiero, che modificano riflettanza e cromie e possono alterare la leggibilità dei dettagli funzionali. Parallelamente, la rinaturalizzazione opera come dispositivo di occultamento: la vegetazione cresce, aderisce alle superfici, chiude varchi, cancella tracciati e rende intermittente la riconoscibilità di accessi, feritoie e camminamenti. La forma dell'opera non coincide più soltanto con il manufatto, ma con un sistema ibrido manufatto–paesaggio in cui bordo, silhouette e continuità cromatica diventano variabili decisive.

Un secondo vettore è rappresentato dai riusi e dalle superfetazioni: integrazione in muri di cinta, inserimento in contesti residenziali o turistici, aggiunta di recinzioni, chiusure, cartellonistica, tinteggiature improprie, graffiti e vandalismi. Queste trasformazioni non sono semplici disturbi da eliminare; costituiscono lo stato attuale del patrimonio come oggetto sociale e percettivo. L'elaborato percettivo deve quindi assumere una postura metodologica chiara: registrare lo stato contemporaneo senza estetizzarlo, mantenendo leggibili gli strati d'uso e di appropriazione come evidenze del presente.
Per governare questa complessità, il tempo lungo può essere articolato in tre stati di leggibilità, intesi come regimi di confronto. Il primo è lo stato attuale: livello primario in cui la rappresentazione restituisce inserimento nel paesaggio, accessibilità, presenza o assenza di tracciati, occlusioni vegetali, trasformazioni materiche e interventi antropici. L'obiettivo è una restituzione critica del presente, trasparente nelle scelte di sintesi e orientata alla comprensione.

Il secondo è l'assetto di guerra. Esso costituisce un riferimento interpretativo necessario perché molte componenti decisive per la leggibilità storica risultano oggi alterate o scomparse: camouflage, finiture, dispositivi accessori, tracciati, condizioni di visibilità progettate. In questa sede, l'assetto di guerra non è trattato come ricostruzione filologica totale, ma come scenario percettivo che consente di misurare lo scarto tra condizione progettata e condizione presente. Le modalità di simulazione e ricostruzione confluiscono negli elaborati interpretativi e, in modo specifico, nella rappresentazione del camouflage, dove la ricostruzione dell'assetto di guerra deve essere formalizzata come ipotesi argomentata e non come dato certo.



Fig. 28 — Bunker della spiaggia del Poetto, nel settore di Quartu Sant'Elena. In alto, bunker del Caposaldo XIX parzialmente insabbiato; in basso, bunker noto come «Torre di Carcangiolas» nella condizione attuale, parzialmente inondato. Fotografie dell'autore.

Il terzo è lo scenario post-recupero, da considerare solo in casi selezionati e con cautela. Azioni di pulizia, riapertura dei percorsi, contenimento della vegetazione, dispositivi informativi, accessibilità controllata o interventi di luce possono modificare radicalmente l'esperienza percettiva del sito. Senza anticipare la progettazione o la valorizzazione, il disegno può assumere una funzione speculativa controllata: non come rendering di soluzioni, ma come strumento comparativo per verificare come cambiano volumi, cromie, accessi e gerarchie percettive al variare delle condizioni di fruizione.

Questa tripartizione va intesa come struttura di comparazione tra presente documentabile, passato interpretativo e futuro ipotetico. Essa consente di collocare le diverse forme di rappresentazione entro un sistema di evidenze: il disegno del presente come dato percettivo dichiarato; la simulazione del passato come ipotesi argomentata; lo scenario futuro come verifica comparativa, sempre esplicitando parametri, basi documentarie e grado di astrazione. La diacronia non è dunque racconto libero, ma dispositivo di controllo degli scarti di leggibilità.

Una dimensione ulteriore, da accennare qui e sviluppare altrove, riguarda gli usi contemporanei e gli aspetti intangibili: pratiche, racconti, appropriazioni e micro-narrazioni che si depositano sui luoghi e ne trasformano la percezione sociale. Il disegno può registrare tali aspetti indirettamente attraverso tracce, segni, presenze e dispositivi; tuttavia, la loro trattazione sistematica appartiene alle sezioni dedicate alla narrazione e alla valorizzazione, per evitare che la grammatica del visibile diventi un contenitore generalista.

3.7.5 Vegetazione, mutabilità stagionale e trasformazione della leggibilità

Nel rilievo percettivo del paesaggio militare, la vegetazione non costituisce uno sfondo neutro del manufatto né un semplice elemento di completamento ambientale. Essa agisce come layer vivo della leggibilità: modifica il bordo dell'opera, frammenta la sagoma, altera il rapporto figura/sfondo, produce ombre mobili, limita o orienta l'accessibilità visiva e può trasformare un bunker da presenza architettonica riconoscibile in indizio intermittente. Il verde non accompagna semplicemente il bunker; ne modifica le condizioni di apparizione. In alcuni casi lo incornicia e lo rende più evidente; in altri lo assorbe, lo nasconde, ne interrompe la percezione volumetrica o sostituisce i marker architettonici con marker vegetali.

Questa condizione impone di considerare la vegetazione non come massa indistinta, ma come organismo strutturato. L'albero, l'arbusto, il canneto, la macchia, il fico d'India, la palma, l'agave o la vegetazione spontanea non producono lo stesso effetto percettivo: cambiano trasparenza, ombra, altezza, distanza dal suolo, grado di occlusione e rapporto con il corpo costruito. Nell'Arborario grafico, la lettura della vegetazione attraverso il disegno considera la pianta tanto nelle sue caratteristiche proprie quanto nel rapporto con il paesaggio che contribuisce a formare (Maestri, 2009). Per il bunker, questo significa che il verde non è una semplice campitura cromatica, ma un sistema vivente dotato di portamento, densità, direzione di crescita, relazione con il suolo e capacità di occupazione dello spazio.

Il disegno della vegetazione richiede, di conseguenza, un lessico specifico. Nel quadro delle procedure di rappresentazione del paesaggio, la vegetazione deve essere resa non solo come immagine, ma come processo formativo e spaziale: manti erbosi, rampicanti, alberi, arbusti, cespugli, masse vegetali, simboli e semplificazioni concorrono a descrivere come il verde occupa, scherma, incornicia o deforma lo spazio (Cianci, 2008). Per il bunker, questa impostazione evita due riduzioni opposte: trattare il verde come decorazione indistinta oppure eliminarlo dalle restituzioni per ottenere una lettura astratta e

artificialmente pulita del manufatto. Una vegetazione disegnata come riempimento non spiega il modo in cui interferisce con la percezione; una vegetazione rimossa cancella una delle condizioni reali attraverso cui il manufatto viene esperito.

La centralità della vegetazione assume un rilievo specifico nel caso dell'architettura difensiva, perché il verde può appartenere alla stessa logica mimetica dell'opera. Le pratiche di camouflage militare hanno spesso impiegato materiali vegetali, frasche, reti e coperture naturali per ridurre la riconoscibilità delle fortificazioni, frammentare le ombre portate, rompere la continuità delle superfici artificiali e rendere meno percepibili volumi, accessi o profili. Gli studi sulla vegetazione storica utilizzata come camouflage nelle fortificazioni di Festung Breslau mostrano come il verde possa essere ricostruito come componente di una strategia di occultamento attraverso fonti tecniche, mappe, fotografie aeree e verifiche sul campo (Pardela & Kolouszek, 2013). Anche i manuali di fortificazione campale del periodo bellico richiamano l'uso di materiali naturali e coperture vegetali come dispositivi di mascheramento, pur in contesti tecnici e geografici diversi (U.S. War Department, 1944).

La relazione tra vegetazione e bunker (fig. 29) non si esaurisce tuttavia nel camouflage intenzionale. Dopo la perdita della funzione militare, i dispositivi vegetali controllati scompaiono, si degradano o vengono sostituiti da processi di crescita spontanea. La rinaturalizzazione postbellica produce un secondo regime di occultamento, non progettato ma spesso più invasivo. Macchia mediterranea, fichi d'India, agavi, cactus, palme, acacie, arbusti, rovi o canneti possono inglobare progressivamente il manufatto, occludere accessi, invadere coperture, mascherare feritoie, trattenere depositi e rendere labile il rapporto tra calcestruzzo e terreno. In alcuni casi il bunker continua a essere riconoscibile non malgrado la vegetazione, ma attraverso la vegetazione che lo caratterizza: una palma accanto al volume, una massa di fico d'India davanti all'accesso, una copertura arbustiva sulla copertura, una cortina di macchia che segnala la presenza di un corpo sottostante.

Gli effetti cambiano in relazione al contesto. Nei margini urbani e periurbani, la vegetazione può essere ornamentale, manutentiva o residuale: aiuole, filari, palme, prati, verde di parco o vegetazione spontanea in aree interstiziali producono forme di integrazione e occultamento diverse da quelle del litorale aperto. Nei tratti costieri, la macchia bassa, la sabbia, le piante xerofile, i fichi d'India, gli arbusti e gli apparati radicali capaci di colonizzare suoli poveri stabiliscono una continuità più diretta tra bunker, terreno e paesaggio arido. Nelle aree lagunari o umide, canneti e vegetazione palustre possono agire come schermo verticale, modificando accessibilità e campo visivo. Nei contesti extraurbani o abbandonati, la crescita spontanea tende invece a produrre masse irregolari, rovi, cespugli e coperture invasive.

La mutabilità stagionale costituisce una delle forme attraverso cui questo layer vegetale incide sulla leggibilità. In primavera e in estate, l'aumento della densità, la saturazione cromatica e la crescita delle masse arbustive possono ridurre la visibilità di ingressi, feritoie e profili. Nei periodi aridi, la secchezza della vegetazione può produrre contrasti più netti tra gialli, grigi, verdi residui e calcestruzzo, rendendo nuovamente leggibili alcune sagome. In autunno e in inverno, la perdita di fogliame di alcune specie o la riduzione della massa vegetale possono riaprire linee di vista, accessi e contorni, mentre dopo piogge o periodi umidi muschi, patine e crescite rapide possono intensificare l'assorbimento percettivo del manufatto. A questa temporalità stagionale si aggiunge una temporalità breve, legata al movimento del vento, alle ombre mobili e alla luce filtrata tra foglie e rami.

Questa instabilità impone scelte rappresentative specifiche. Il tratto che descrive la vegetazione non può coincidere con quello impiegato per il bordo architettonico. Una linea continua e geometrica può

definire massa muraria, soglia di una feritoia o profilo del calcestruzzo; una linea frammentata, mobile, puntinata, raschiata o addensata può restituire meglio la natura irregolare del verde, la densità di una chioma, il movimento di un cespuglio, la discontinuità di una macchia arbustiva. L'acquerello consente di registrare massa cromatica, variazione stagionale e rapporto tra vegetazione, luce e atmosfera; il bianco e nero può isolare la funzione occlusiva del verde rispetto al manufatto; ortofoto, GIS e basi digitali possono contribuire a leggere distribuzione, densità e rapporto con morfologia e accessibilità.

Rappresentare la vegetazione significa quindi controllare una tensione. Da un lato, il verde non deve essere cancellato per ottenere una restituzione astratta del bunker; dall'altro, non deve saturare la rappresentazione fino a rendere il manufatto indistinto. La sua presenza va misurata in rapporto alla funzione conoscitiva dell'elaborato. In una pianta o in una sezione può essere necessario selezionare solo le masse vegetali che interferiscono con accessi, coperture, percorsi o campi visivi. In un disegno percettivo, il verde può diventare elemento dominante se la condizione reale di osservazione è quella dell'occultamento o dell'assorbimento. In una restituzione interpretativa può essere utile distinguere vegetazione osservata, vegetazione storicamente documentata, vegetazione ipotizzata come camouflage e vegetazione spontanea postbellica.

La Scheda X e le didascalie degli elaborati assumono, anche in questo caso, una funzione di controllo. Quando la vegetazione incide sulla leggibilità del manufatto, occorre dichiarare stagione, data dell'osservazione, densità vegetale, grado di occlusione, eventuale specie o famiglia riconoscibile, rapporto con accessi, feritoie, coperture e profili, oltre alla funzione percettiva assunta nel disegno: schermo, cornice, marker, ostacolo, mimetismo, traccia storica o rinaturalizzazione. Tale dichiarazione impedisce di leggere la vegetazione come dato stabile e consente di confrontare elaborati prodotti in momenti diversi.



Fig. 29 — Rapporto tra bunker e vegetazione nei Capisaldi I e II di Quartu Sant'Elena. A sinistra, il canneto rende quasi inaccessibile il manufatto del Caposaldo I; a destra, alberi e arbusti occultano parzialmente il bunker del Caposaldo II e ne limitano la visuale da alcune feritoie. Fotografie dell'autore.

Questa attenzione non implica ancora una scelta conservativa o gestionale sul verde. La questione se rimuovere, contenere, mantenere o interpretare la vegetazione appartiene a un livello successivo, connesso ai criteri di accessibilità, sicurezza, conservazione e valorizzazione. In questa sede interessa invece il ruolo percettivo-rappresentativo della vegetazione: il modo in cui essa condiziona la visibilità del manufatto e il modo in cui il disegno deve restituire tale condizione senza neutralizzarla. Il dibattito sulla tensione tra naturalità e leggibilità nei paesaggi fortificati può costituire un riferimento utile per le fasi successive della ricerca, ma non deve spostare questa sezione verso il tema dell'intervento (Pardela, 2022).

La vegetazione costituisce dunque una componente essenziale della grammatica del visibile applicata al paesaggio militare. Essa non esaurisce il tema del camouflage, che richiede una trattazione specifica, ma ne isola una dimensione percettiva fondamentale: il verde come strato vivo attraverso cui il bunker può essere nascosto, rivelato, deformato o trasformato nella sua presenza visibile. Rappresentare il bunker significa anche rappresentare il grado in cui esso è assorbito, schermato o caratterizzato dalla vegetazione che lo circonda.

3.7.6 Percezione dall'interno: il bunker come dispositivo di visione

Se la lettura esterna delle architetture difensive mette in evidenza integrazione nel paesaggio e condizioni di mimesi, l'esperienza interna rende manifesta una proprietà decisiva: il bunker non è soltanto un volume nel territorio, ma un dispositivo che organizza la percezione. La spazialità non è neutra né abitativa; è costruita per governare il vedere e il non vedere attraverso soglie, oscurità, compressioni del campo visivo e inquadramenti direzionali. La percezione dall'interno non aggiunge quindi un dettaglio accessorio alla rappresentazione; esplicita la logica architettonica che distingue il patrimonio difensivo da altre tipologie.

L'interno del bunker si configura spesso come ambiente a luminanza ridotta, composto da passaggi angusti, nicchie e vani tecnici, in cui la luce naturale è assente o filtrata. La relazione interno/esterno è governata da una discontinuità netta: l'esterno tende a presentarsi come sorgente intensa oltre una soglia scura, mentre l'interno costringe a un adattamento percettivo progressivo. La comprensione spaziale non dipende solo dalla vista, ma dall'orientamento corporeo e da una serie di indizi sensibili: umidità e condensa, superfici bagnate, patine, depositi, odori stagnanti, variazioni termiche, risonanze, silenzi anomali, presenza di fauna. Tali condizioni incidono sulla fruibilità e sulla possibilità stessa di osservare e disegnare.

Nei manufatti costieri, l'accumulo di sedimenti e detriti può ridurre l'altezza praticabile e modificare la percezione della scala interna. Un volume originariamente dimensionato per la funzione militare viene vissuto come spazio ulteriormente compresso, a tratti quasi ipogeo. Sebbene le casematte e i bunker del Muro Mediterraneo non raggiungano la scala monumentale di molte fortificazioni dell'Atlantikwall, l'esperienza interna può produrre un effetto di compressione psicologica e percettiva, richiamando per analogia alcune letture viriliane del bunker come architettura sepolcrale o funeraria (Virilio, 1994). Questa compressione non è solo problema di accesso; trasforma postura, velocità di movimento, ampiezza del gesto e possibilità di osservazione. L'elaborato percettivo interno non deve quindi inseguire una completezza descrittiva illusoria, ma rendere leggibile la struttura dell'esperienza.

Il passaggio interno/esterno costituisce una soglia percettiva. In condizioni frequenti — penombra interna, esterno illuminato — l'apertura agisce come fonte abbagliante: il paesaggio non appare come panorama continuo, ma come apparizione localizzata oltre un frame oscuro. Il controluce e la

compressione dei valori producono una selettività intrinseca: la silhouette esterna si impone, mentre dettaglio e cromia possono collassare o risultare temporaneamente inaccessibili. L'obiettivo rappresentativo non è correggere questa condizione, ma renderla analizzabile.

La feritoia concentra la funzione operativa del bunker. Non è una finestra per guardare, ma un frame per selezionare e orientare il vedere. Trasforma il paesaggio in settore e la visione in atto direzionale, coerente con la logica del campo di tiro. A differenza della finestra domestica, che tende a costruire un rapporto panoramico e contemplativo, la feritoia impone una visione selettiva: riduce il campo, elimina la periferia, rende secondario ciò che non ricade nell'angolo utile. La sua geometria — taglio, inclinazione, spessori, strombature — determina quali porzioni di paesaggio risultano percettivamente disponibili. La rappresentazione dalla feritoia non è dunque una veduta in senso tradizionale, ma la registrazione dell'effetto di un dispositivo che produce un particolare modo di vedere. La dimensione corporea è parte del dispositivo. Per vedere attraverso la feritoia è necessario avvicinarsi, allinearsi, assumere postura e quota, spesso rinunciando alla visione generale. Micro-spostamenti laterali, variazioni di altezza e rotazioni del busto modificano l'inquadratura e l'ampiezza del settore visibile. L'interno rende quindi evidente un punto metodologico: la percezione non è un dato neutro, ma un atto condizionato da architettura e corpo. In questo senso la vista feritoia–esterno costituisce un elaborato privilegiato, perché trasferisce in rappresentazione un punto di vista non libero ma imposto, specifico del patrimonio difensivo.

Il bunker può essere letto come parte di un dispositivo ottico più ampio (fig. 30-31), in cui la visione non è centrata sul soggetto ma subordinata a una logica di controllo (Padovani, 2011). Nelle casematte dotate di più feritoie, la percezione esterna assume una struttura frammentata. La pluralità delle aperture non genera un panorama ampliato, ma campi separati che l'osservatore deve ricomporre mentalmente, spostandosi tra visori e montando il paesaggio per segmenti. Ne derivano due effetti complementari: aumento del controllo settoriale e perdita di continuità percettiva. La rappresentazione può registrare questa condizione attraverso singole viste o sequenze che esplicitano la discontinuità del campo visivo e la dipendenza della lettura dal movimento interno. Questa frammentazione chiarisce un paradosso funzionale: l'opera è progettata per controllare porzioni di mondo, ma non per comprenderle nella loro totalità. Ciò che si vede è sempre il risultato di un dispositivo, non un accesso neutro al paesaggio. Per la rappresentazione percettiva, il punto non è produrre atmosfera in senso impressionistico, ma rendere leggibile la forma architettonica della percezione prodotta da buio, soglia e frame, e i suoi effetti sulla costruzione di senso del manufatto (Iorio, 2021).



Fig. 30 — Viste attraverso due feritoie, restituite mediante tecniche differenti: a sinistra, acquerello; a destra, disegno a penna BIC. Il confronto evidenzia la selezione del paesaggio operata dall'apertura difensiva. Disegni dell'autore.



Fig. 31 — Percezione dello spazio interno del bunker. In alto, casamatta monoarma circolare; in basso, casamatta per mitragliatrice leggera all'interno di un bunker poliarma. Le immagini rendono leggibili spessore murario, penombra, controluce e relazione selettiva con l'esterno. Fotografie dell'autore.

La tavola percettiva P

La formalizzazione del rilievo percettivo richiede che gli elaborati prodotti non restino immagini isolate, legate alla sola efficacia del singolo disegno o alla sensibilità dell'osservatore. Nel protocollo adottato, la componente percettiva viene pertanto organizzata attraverso una tassonomia funzionale degli output, capace di rendere riconoscibili e confrontabili le differenti operazioni di osservazione, registrazione e interpretazione. Tale tassonomia non coincide con la classificazione editoriale delle pagine dell'Atlante: nell'architettura grafica definita nella Parte III, la sigla P identifica la famiglia delle tavole percettive, mentre il Sistema Y classifica la funzione conoscitiva dominante dei singoli elaborati contenuti al loro interno.

P e Y operano quindi su due livelli differenti. P stabilisce lo statuto editoriale della tavola e la distingue dalle famiglie territoriali, sistemico-locali, metriche e multilivello; Y identifica invece ciò che ciascun elaborato percettivo intende rendere prevalentemente leggibile. Una stessa tavola P può contenere più disegni classificati secondo codici Y differenti, perché può coordinare, per esempio, un inquadramento, una sequenza di avvicinamento, uno studio di luce e un dettaglio materico. La sigla Y non modifica il codice inventariale del manufatto e può essere riportata sinteticamente accanto all'elaborato oppure dichiarata nella didascalia.

L'unità di classificazione è dunque il singolo elaborato, non la pagina nel suo complesso. A ciascun disegno viene attribuito un solo codice Y dominante, selezionato in funzione della domanda conoscitiva principale. Eventuali funzioni secondarie possono essere richiamate nella didascalia o nella Scheda X, senza moltiplicare le codifiche. La tecnica non determina la classe: un acquerello può documentare un inquadramento, una condizione atmosferica o una qualità materica; analogamente, penna, notan, silhouette, collage o rielaborazione digitale possono assumere funzioni differenti secondo la relazione che l'elaborato deve rendere leggibile. La classificazione riguarda quindi il ruolo conoscitivo dell'immagine e non il medium impiegato.

La tassonomia Y nasce dalla necessità di governare un dato percettivo per sua natura variabile. Luce, atmosfera, distanza, posizione dell'osservatore, densità vegetale, condizioni materiali delle superfici e soglie di accesso modificano il modo in cui un bunker, una casamatta o un caposaldo vengono individuati e riconosciuti. Se tali condizioni non vengono dichiarate, il disegno rischia di apparire come esito soggettivo non controllabile; se vengono registrate e correlate alla funzione dell'elaborato, esso assume invece lo statuto di documento interpretativo tracciabile. La tassonomia non limita la libertà del disegno, ma rende esplicite le ragioni della selezione operata.

A questa classificazione funzionale si affianca la Scheda X, che registra le condizioni di produzione e costruzione dell'elaborato: punto di vista, data e ora, condizioni atmosferiche e luminose, distanza, supporto, tecnica, grado di astrazione, eventuale rielaborazione a studio e relazione con fotografie, rilievi, modelli o fonti documentarie. In termini operativi, Y stabilisce che cosa l'elaborato intende rendere leggibile; X chiarisce da quali condizioni e attraverso quali decisioni esso deriva. Il modello completo della Scheda X è applicabile agli elaborati percettivi, mentre nell'Atlante ne viene riprodotto un campione selezionato; per le restanti tavole P, i parametri essenziali sono restituiti attraverso le didascalie. Tale articolazione mantiene la tracciabilità senza imporre la pubblicazione di una pagina X per ogni disegno. La Scheda X non neutralizza la componente situata dell'osservazione, ma ne rende riconoscibili posizione, scelte e limiti, secondo una logica coerente con il principio della conoscenza situata (Haraway, 1988). Il valore del disegno percettivo non dipende dalla pretesa di oggettività assoluta, bensì dalla possibilità di ricostruire le condizioni attraverso cui l'immagine è stata prodotta e il

grado di interpretazione che essa contiene. P, Y e X costituiscono così dispositivi complementari: il primo organizza la pagina, il secondo classifica la funzione dominante dell'elaborato, il terzo ne documenta la costruzione.

Localizzazione	Cagliari, Caposaldo 17
Soggetto	Bunker a doppia casamatta inglobato entro un rudere
Data del sopralluogo	1 febbraio 2025
Ora di riferimento	12:40
Data della restituzione	15 luglio 2026
Tecnica principale	Pennarello su cartoncino beige con pennarello acrilico bianco
Tecnica dell'assonometria	Penna a sfera e pennarello per le ombre portate
Distanza delle viste esterne	Circa 30 m
Orientamento dalla feritoia	Verso sud-est

Serie	Codice	Contenuto	Tecnica / funzione
A	Y1.3	Vista frontale	Studio percettivo esterno
B	Y1.3	Vista laterale	Studio percettivo esterno
C	Y1.3	Vista posteriore	Studio percettivo esterno
D	Y4.2	Assonometria ricostruttiva	Reintegrazione grafica del corpo centrale crollato
E	Y1.4	Vista dalla feritoia verso sud-est	Veduta dispositivo-dipendente

L'adozione della tassonomia non implica una sequenza obbligatoria né un pacchetto fisso di elaborati per ciascun caso. Le classi Y vengono attivate selettivamente secondo lo stato del manufatto, la qualità delle evidenze e gli obiettivi dell'indagine. La comparabilità non deriva dalla produzione della stessa quantità di immagini, ma dalla stabilità delle funzioni attribuite agli output e dalla possibilità di ricostruirne le condizioni di produzione. Il Sistema Y si applica esclusivamente agli elaborati percettivo-interpretativi contenuti nelle tavole P.

Queste ultime integrano registri metrici, territoriali, documentari e interpretativi entro elaborati multilivello e non possono essere ricondotte a una singola funzione Y dominante. Qualora una tavola M incorpori un elaborato percettivo precedentemente classificato, la sua provenienza può essere dichiarata, ma la tavola mantiene il proprio statuto editoriale M.

Y1 — Inquadramenti e punti di vista. La famiglia Y1 raccoglie gli elaborati la cui funzione dominante è definire il punto di vista e la relazione tra corpo, manufatto e spazio (fig. 32). Essa risponde a una domanda preliminare: da dove si osserva l'opera, quale porzione di paesaggio diventa leggibile e quali elementi restano esclusi, occultati o ambigui. Per un patrimonio mimetico, interrato o parzialmente rinaturalizzato, questi elaborati non sono accessori; costituiscono il primo livello di orientamento percettivo e permettono di controllare la posizione da cui il manufatto emerge come figura, indizio o massa indistinta.

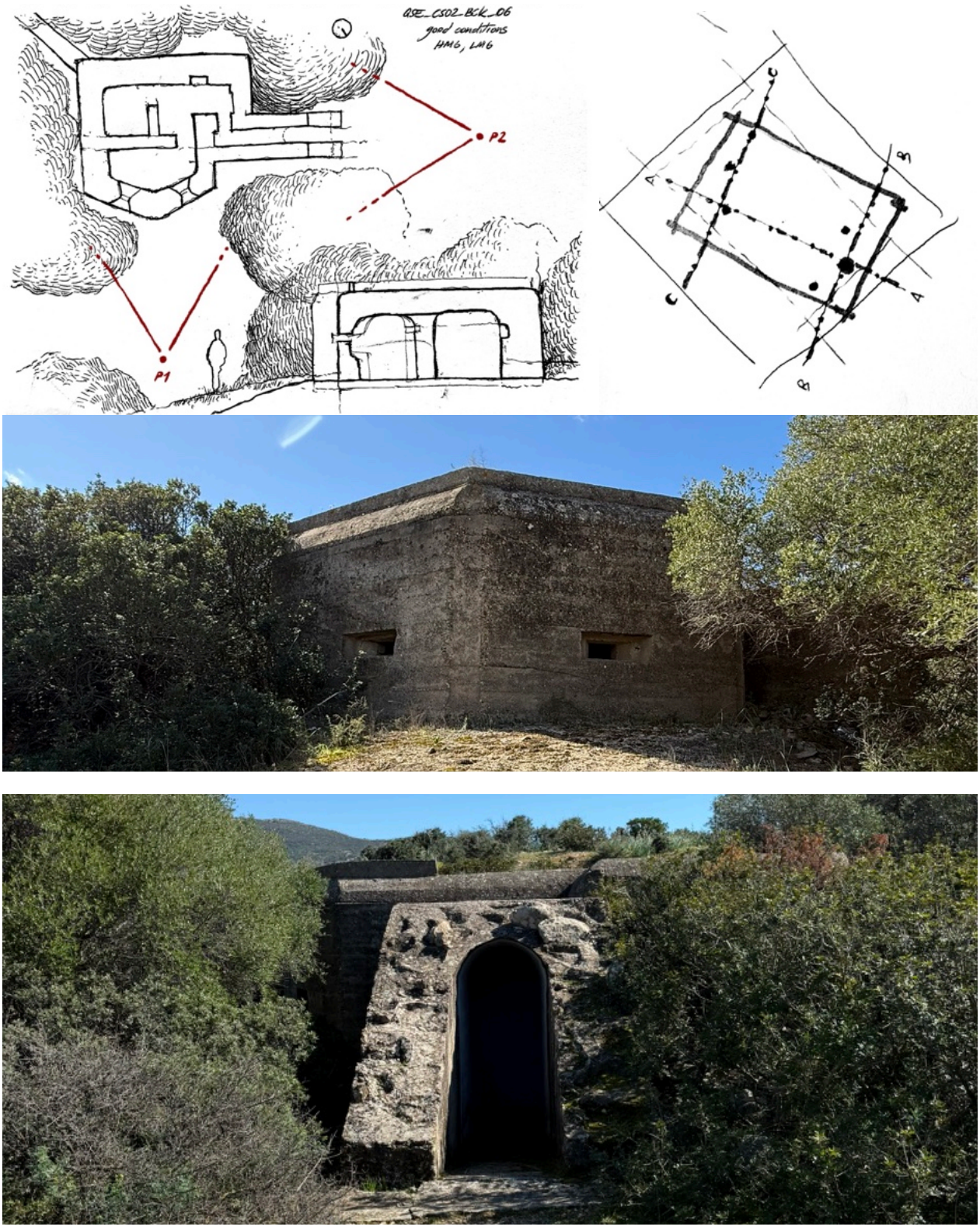


Fig. 32 — Y1 — Inquadramenti e punti di vista del bunker QSE_CS02_BKC_06. In alto, schema planimetrico e sezione con i punti di osservazione P1 e P2, affiancati dall'inquadramento geografico; in basso, fotografie del manufatto riprese dalle due posizioni. Il montaggio rende verificabile la relazione tra collocazione dell'osservatore e immagine prodotta. Elaborazione e fotografie dell'autore.



Fig. 33 — Y1.1 — Inquadramento zenitale. Ridisegno su base Google Earth del caposaldo di Palmas Vecchio, finalizzato a sintetizzare morfologia, viabilità, vegetazione e disposizione delle opere difensive. L'elaborato costituisce una base operativa per le tavole di raggruppamento e per la lettura delle relazioni del paesaggio militare. Elaborazione dell'autore.

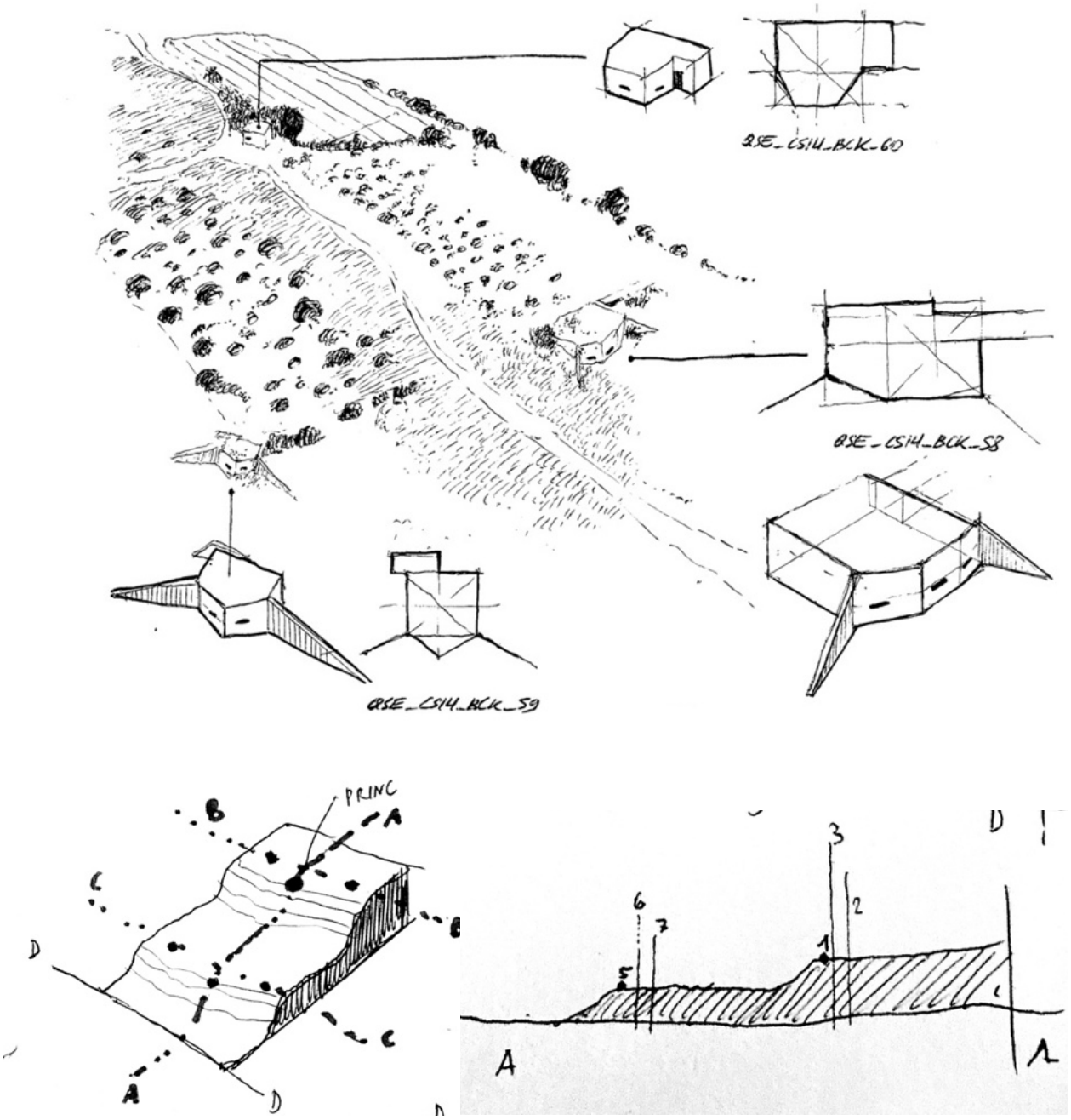


Fig. 34 — Y1.2 — Volo d'uccello e vista assonometrica. In alto, lettura tridimensionale del Caposaldo XIV di Quartu Sant'Elena; in basso, studi in sezione e spaccato assonometrico del CS II «Alcamo». Gli elaborati chiariscono il rapporto tra opere, quote, morfologia e percorsi. Disegni dell'autore.



Fig. 35 — Y1.3 — Dall’esterno verso il bunker. Studi sintetici delle masse esterne del manufatto eseguiti a pennarello su carta grigia secondo il principio del notan. La riduzione tonale consente di valutare silhouette, riconoscibilità e rapporto figura–sfondo lungo l’avvicinamento. Disegni dell’autore.



Fig. 36 — Y1.4 — Dalla feritoia verso l'esterno. In alto, acquerello realizzato dall'interno di una casamatta costiera; in basso, studio notan da un bunker del Caposaldo XV di Molentargius, a Cagliari. Le viste restituiscono penombra, spessore murario e selezione del paesaggio imposta dalle aperture difensive. Disegni dell'autore.

Y2 — Condizioni di leggibilità

La famiglia Y2 raccoglie elaborati nei quali la funzione dominante è descrivere le condizioni di leggibilità: luce, atmosfera, cromia, riflettanza, ombra, contrasto e regime temporale dell'osservazione. Non riguarda la materia in sé, né la forma geometrica del manufatto, ma il modo in cui le condizioni ambientali modulano la possibilità di individuare e classificare l'opera. In questo ambito il disegno analogico, e in particolare l'acquerello o lo studio per valori, conserva una particolare efficacia: permette di registrare dominanti, transizioni, attenuazioni e soglie che una fotografia può catturare ma non necessariamente ordinare in funzione analitica.



Fig. 37 — Y2.1 — Luce, condizioni meteorologiche e atmosfera. Serie di acquerelli del bunker noto come «Torre di Carcangiolas», realizzati per confrontarne la leggibilità al variare della luce, del cielo e delle condizioni atmosferiche. Disegni dell'autore.



Fig. 38 — Y2.2 — Regimi artificiali e notturni. Acquerello dell'interno del livello inferiore dell'opera principale dello sbarramento di Ponte Vecchio, illuminato mediante una torcia. Il disegno restituisce la selettività percettiva della luce puntuale e la profondità dello spazio in penombra. Disegno dell'autore.



Fig. 39 — Y2.3 — Palette cromatica ricavata durante il rilievo percettivo del bunker noto come «Torre di Carcangiolas». La selezione registra le dominanti del manufatto e del contesto come base per gli studi ad acquerello e per la valutazione dei rapporti di continuità cromatica. Elaborazione dell'autore.

Y3 — Materia e tracce

La famiglia Y3 raccoglie elaborati orientati alla lettura ravvicinata della materia e delle sue trasformazioni. Il loro campo non è la percezione a distanza, ma la soglia di prossimità in cui superfici, patine, tracce d'uso, lacune, ossidazioni, colonizzazioni biologiche e alterazioni antropiche diventano dati interpretativi. Nel patrimonio militare in calcestruzzo armato, la materia non costituisce un semplice supporto fisico; condiziona la risposta alla luce, la continuità cromatica, la riconoscibilità del manufatto e la permanenza di i

ndizi legati a dispositivi ormai perduti.



Fig. 40 — Y3.1 — Studi materici ravvicinati realizzati durante il sopralluogo del giugno 2024 presso la batteria «Carlo Faldi», a Is Mortorius. I disegni documentano pietre, licheni, superfici delle piazzole, patine e componenti metalliche, compresa la cromia della porta in acciaio corten. Disegni dell'autore.

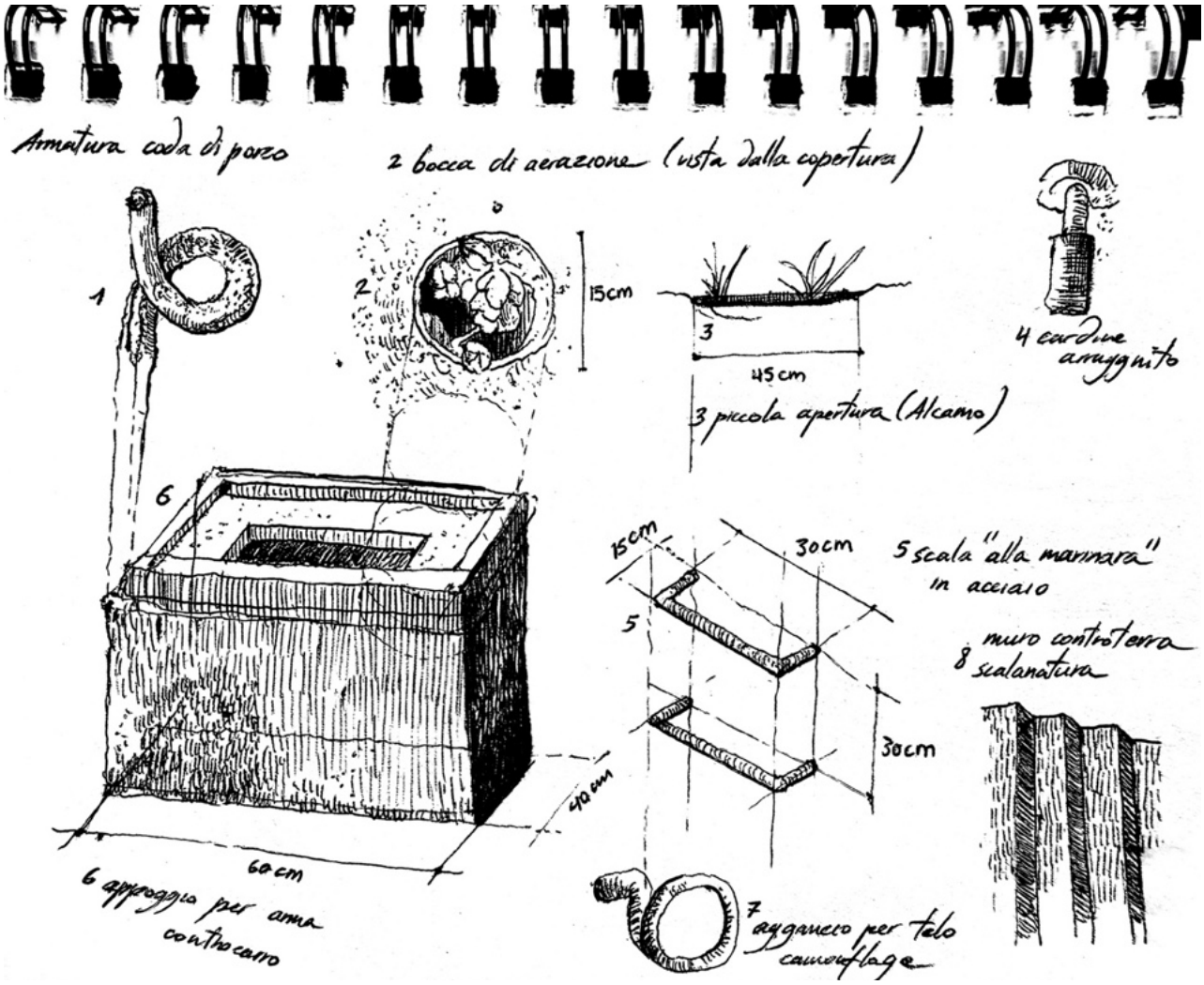


Fig. 41 — Y3.2 — Dettagli costruttivi e funzionali di un bunker poliarma rilevati mediante disegni a penna: supporti per l'arma controcarro e per la mitragliatrice pesante, elemento a «coda di porco» e bocche di aerazione. Gli studi isolano componenti utili alla comprensione dell'uso e dell'organizzazione interna del manufatto. Disegni dell'autore.

Y4 — Elaborati interpretativi

La famiglia Y4 raccoglie elaborati che producono un passaggio esplicito dall'osservazione alla formalizzazione interpretativa. Qui il disegno non registra soltanto condizioni percettive, ma costruisce ipotesi, schemi, confronti e ricomposizioni, mantenendo dichiarata la differenza tra ciò che è rilevato, ciò che è dedotto e ciò che è simulato. La funzione di Y4 è particolarmente delicata: rende possibile l'interpretazione senza trasformarla in ricostruzione assertiva. Per questo ogni elaborato deve indicare fonti, livello di confidenza e rapporto con il dato di partenza.

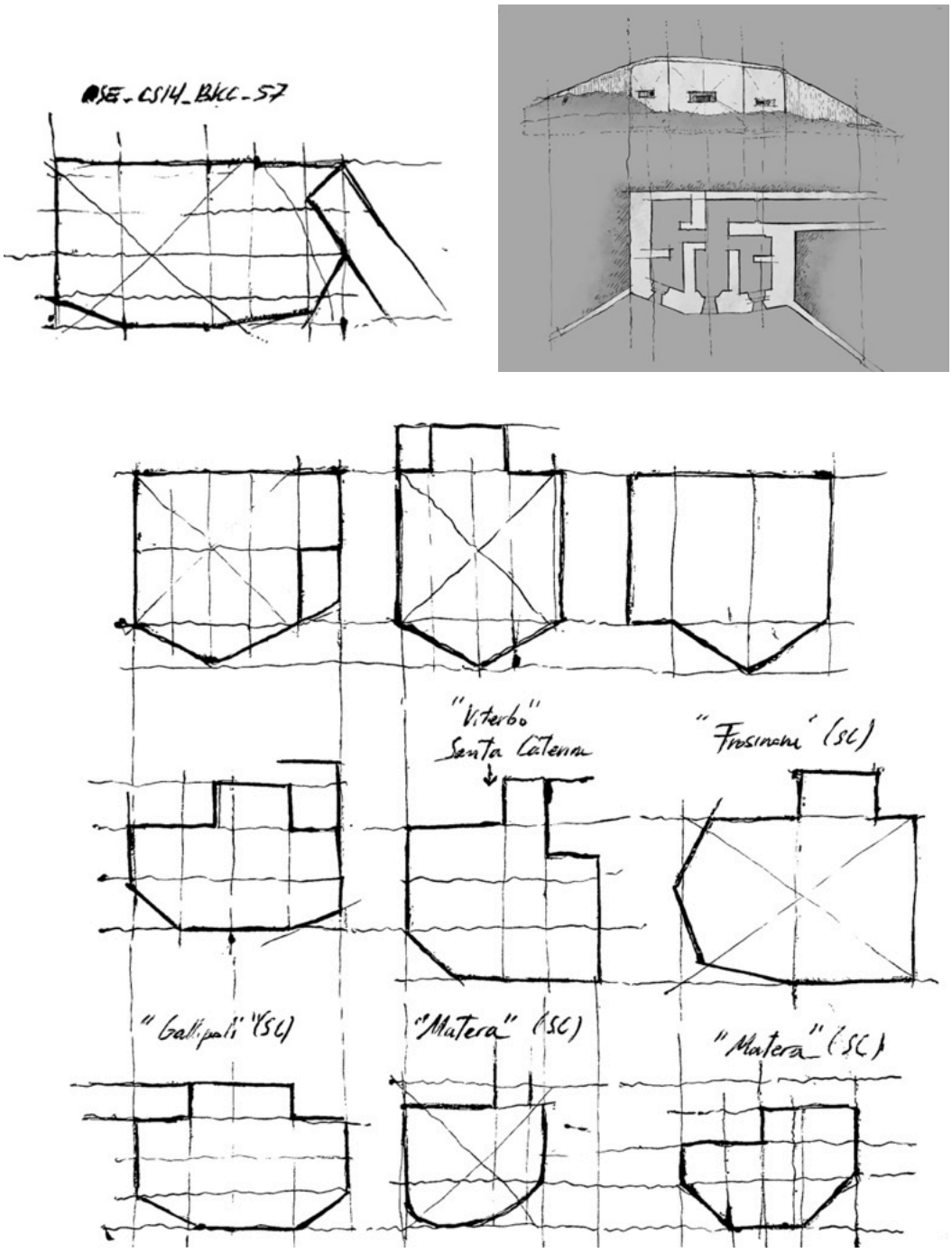


Fig. 42 — Y4.1 — Eidotipi e lettura morfologica in situ. Gli schemi planimetrici, elaborati direttamente sul campo, costituiscono un primo strumento per comprendere forma, articolazione degli ambienti, accessi e rapporti distributivi del bunker; orientano il rilievo successivo senza sostituire la restituzione metrica. Disegni dell'autore.

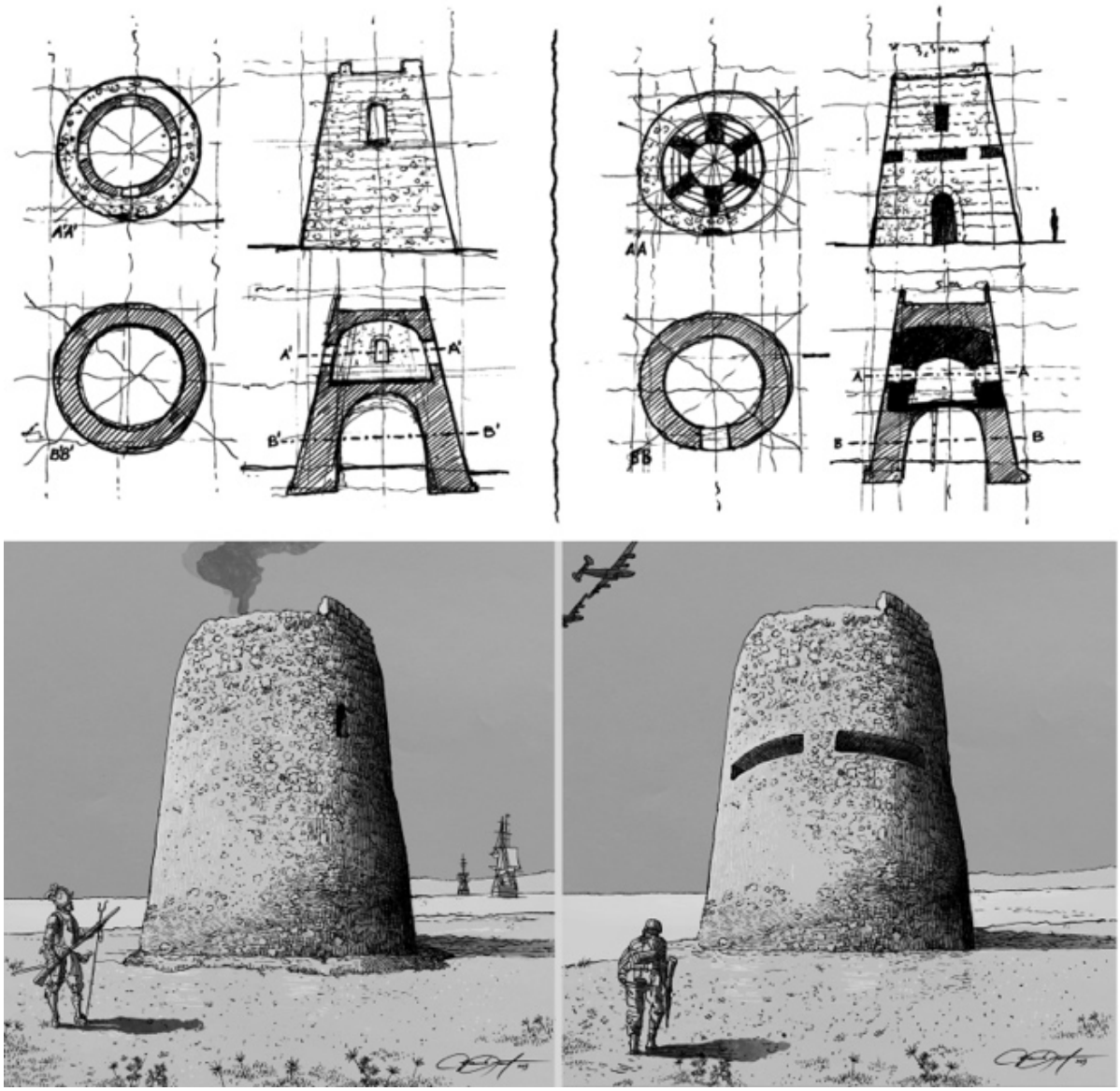


Fig. 43 — Y4.2 — Anastilosi grafica e analisi della trasformazione della Torre di Carcangiolas. A sinistra, lettura dell'assetto della torre costiera di età spagnola; a destra, ricostruzione del processo attraverso cui il manufatto venne riconfigurato come bunker durante la Seconda guerra mondiale. Disegni dell'autore.



Fig. 44 — Y4.3 — Lettura diacronica del colle di San Michele, a Cagliari. La sequenza grafica mette a confronto gli assetti del sito e le trasformazioni intervenute nel tempo, rendendo leggibili permanenze, aggiunte e modificazioni del paesaggio fortificato. Elaborazione dell'autore.



Fig. 45 — Y4.4 — Elaborato muto della postazione del telemetro della batteria «Carlo Faldi», a Is Mortorius. La figura in avvicinamento e la vegetazione restituiscono la presenza latente del manufatto nel paesaggio, riducendo intenzionalmente l'apparato esplicativo. Disegno a penna e colorazione digitale dell'autore.

Nel suo insieme, la tassonomia Y definisce un repertorio funzionale operativo ma non prescrittivo, attivato all'interno delle tavole P. Il nucleo ricorrente comprende in particolare inquadramenti, sequenze di avvicinamento, eidotipi e studi di leggibilità; le altre classi vengono selezionate secondo le condizioni del caso. Anastilosi grafiche e letture diacroniche intervengono quando lo stato del manufatto o la disponibilità delle fonti richiedono una ricomposizione controllata; palette cromatiche, studi materici e viste dalla feritoia acquistano particolare rilievo quando il problema riguarda camouflage, riconoscibilità

e relazione percettiva con il paesaggio. La tassonomia non impone un catalogo chiuso di immagini, ma rende esplicita la funzione dominante di ciascun elaborato.

La funzione metodologica del §3.8 consiste nel trasformare la percezione in un sistema di output classificabili e tracciabili. La Parte I ha definito gli elaborati metrici e analitici; la Parte II organizza gli elaborati percettivo-interpretativi attraverso la relazione fra tavole P, classi funzionali Y e Scheda X; la Parte III integra registri differenti nelle tavole M e nell'architettura complessiva dell'Atlante. Il disegno analogico conserva così la propria specificità senza restare isolato: diventa componente strutturata di una filiera che collega osservazione, dato, interpretazione e comunicazione.

3.8 La rappresentazione del camouflage

3.8.1 Il progetto dell'invisibilità

La rappresentazione del camouflage costituisce un caso applicativo circoscritto ma strategico del protocollo percettivo-interpretativo. Essa consente di verificare, su un tema particolarmente sensibile, la capacità del disegno di distinguere tra evidenza osservata, deduzione e simulazione dichiarata. Nel caso delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale, il camouflage non riguarda soltanto la superficie del manufatto: investe la sua riconoscibilità come bersaglio, il rapporto con la morfologia, la soglia figura–sfondo, la classificazione semantica dell'oggetto e la distanza alla quale l'artificio militare diventa percepibile.

I bunker della Seconda guerra mondiale associano alla funzione difensiva un requisito progettuale decisivo: ridurre la probabilità di individuazione e, soprattutto, di classificazione come bersaglio. Il camouflage può essere assunto come un sapere applicato che governa individuazione e riconoscimento attraverso la manipolazione di forma, luce, ombra, cromia, pattern, bordo e relazione con lo sfondo. Le prime codificazioni moderne del mimetismo visivo derivano anche dall'osservazione dei meccanismi di occultamento nel mondo naturale (Thayer, 1909), mentre Cott stabilizza un lessico più ampio di strategie descrivibili in categorie operative (Cott, 1940). Nel corso del XX secolo, il camouflage diviene un campo di cooperazione tra saperi visivi, progettazione, cultura tecnica e apparati militari, nel quale la posta in gioco non consiste soltanto nel vedere o non vedere, ma nel riconoscere, classificare e attribuire una funzione a ciò che appare nel campo visivo (Behrens, 2002, 2009).

Questa dimensione investe direttamente l'architettura militare. Nelle difese costiere del XX secolo, la ricognizione da terra, dal mare e dall'aria impone vincoli percettivi stringenti: profilo, ombra portata, contrasti di riflettanza, cromie, matericità, continuità con il terreno e riconoscibilità semantica dell'oggetto. Il camouflage non costituisce quindi un rivestimento accessorio applicato a posteriori, ma una componente del dispositivo difensivo, capace di incidere sull'efficacia operativa dell'opera. Esso agisce sulla soglia di disvelamento dell'artificio: prima che il manufatto sia pienamente riconosciuto come bunker, può apparire come massa neutra, accidente del terreno, volume agricolo, piccola costruzione ordinaria o semplice variazione della copertura vegetale (fig. 46).

L'osservazione del camouflage richiede pertanto un cambiamento di scala e di regime percettivo. Alla quota dell'osservatore sul terreno, la prestazione mimetica dipende spesso dalla riduzione degli indizi diagnostici: feritoie, tagli funzionali, accessi, spigoli netti, discontinuità di tessitura, riflessi e contrasti che rivelano la presenza del calcestruzzo. Alla quota aerea, invece, diventano decisivi il profilo, l'ombra portata, la continuità del pattern al suolo, gli allineamenti geometrici, le piazzole, i tracciati e le discontinuità planimetriche. La stessa opera può risultare poco riconoscibile da terra e leggibile dall'alto oppure confondersi nella vista zenitale ed emergere per silhouette lungo una sequenza di avvicinamento. Il protocollo deve rendere confrontabili proprio questi scarti.

La mimesi non coincide necessariamente con la scomparsa. Accanto alle strategie di assimilazione, fondate sull'incorporazione topografica, sulla continuità cromatica, sulla riduzione dell'ombra e sul controllo del bordo, opera anche la deviazione semantica. Quando la cancellazione completa dell'oggetto è impraticabile, l'opera può essere indirizzata verso una lettura alternativa e non immediatamente offensiva: manufatto rurale, piccola abitazione, costruzione campestre, volume tecnico, chiesetta, serbatoio, elemento roccioso o piega del terreno. In questi casi il camouflage non elimina il manufatto, ma ne altera la classificazione. L'osservatore percepisce qualcosa, senza riconoscerlo immediatamente come bersaglio.

Questo aspetto è decisivo per lo studio del caso sardo. Molti manufatti difensivi non erano semplicemente occultati, ma integrati in un regime di ambiguità controllata. Alcuni venivano assimilati alla morfologia; altri mimavano costruzioni ordinarie; altri ancora combinavano interramento, rivestimenti, pitture, vegetazione, schermature e controllo delle aperture. L'efficacia del mascheramento non dipendeva da una singola tecnica, ma dall'interazione tra assetto formale, materiali, distanza, luce, punto di vista e attese dell'osservatore. La rappresentazione deve quindi evitare due semplificazioni: ridurre il camouflage a decorazione superficiale oppure trattarlo come occasione per una ricostruzione spettacolare dell'immagine originaria.

Un ulteriore problema riguarda la permanenza del dispositivo mimetico. Molte componenti del camouflage sono per loro natura deperibili o reversibili: pitture e finiture si alterano, telonature e reti scompaiono, innesti vegetali mutano o collassano, porte e schermature vengono rimosse, mentre gli elementi leggeri non sopravvivono oppure permangono soltanto come tracce residue. La condizione attuale restituisce spesso un manufatto privato proprio delle componenti che ne governavano la percezione. Di conseguenza, una stessa tipologia planimetrica può apparire percettivamente eterogenea: la configurazione funzionale resta comparabile sul piano metrico, ma la figura che emerge nel paesaggio varia in rapporto alla soluzione mimetica adottata, al degrado e alle trasformazioni successive.

Nel paesaggio fortificato costiero, le leve percettive del camouflage possono essere ricondotte a quattro principi operativi. Il primo è l'incorporazione topografica e la gestione del bordo: interramento, raccordo al suolo, schermatura di accessi e feritoie, riduzione degli spigoli funzionali. Il secondo è la continuità materico-cromatica: pitture, finiture, attenuazione dei contrasti di riflettanza, assimilazione a roccia, terra, muratura o vegetazione. Il terzo è il controllo della silhouette e dell'ombra: profilo basso, frammentazione del volume percepito, riduzione dell'ombra portata e degli stacchi netti. Il quarto è la deviazione semantica: mimesi verso manufatti civili, rurali, religiosi o tecnici capaci di assorbire l'opera entro una categoria ordinaria del paesaggio.

Questi principi non esauriscono la complessità storica delle tecniche di mascheramento, ma forniscono una griglia sufficiente per il protocollo di rappresentazione. Il camouflage viene pertanto trattato come un caso applicativo intensivo: un tema trasversale a molte opere, qui assunto come dispositivo percettivo strategico mediante una sequenza dedicata. La sua rappresentazione deve documentare lo stato presente, riconoscere le tracce, formulare deduzioni controllate e, quando necessario, costruire simulazioni dichiarate dell'assetto mimetico di guerra. In questo modo il progetto dell'invisibilità diventa oggetto di conoscenza grafica e non semplice effetto narrativo.



Fig. 46 — Confronto tra lo stato attuale del bunker QSE_CS14_BKC_59 e la sua ricostruzione grafica interpretativa. Fotografia ed elaborazione grafica dell'autore.

La visualizzazione fenomenica del camouflage non mira a ricostruire una storia esaustiva delle tecniche mimetiche né a produrre immagini persuasive di un possibile assetto originario. Il suo obiettivo è più circoscritto: definire quali aspetti del dispositivo mimetico debbano diventare osservabili, confrontabili e tracciabili entro il protocollo. In particolare, l'applicazione dedicata al camouflage deve rendere leggibile lo scarto tra la condizione attuale e l'assetto mimetico di guerra documentato, ricostruito o ipotizzato; la variazione degli indizi al mutare del punto di vista; la trasformazione della riconoscibilità alle diverse distanze. Da qui deriva la necessità di elaborati fondati su viste confrontabili e su una distinzione rigorosa tra evidenze, deduzioni e simulazioni.

La costruzione degli elaborati integra tre insiemi principali di materiali. Il primo è costituito dalle fonti tecnico-militari e archivistiche: manuali, documentazione del Genio Militare, disegni, indicazioni costruttive e riferimenti tipologici. Quando disponibili, tali fonti consentono di definire lessico, strategie e dispositivi documentati. Il secondo insieme deriva dall'osservazione in situ: fotografia, disegno di campo, rilievo, modellazione, analisi delle superfici, lettura delle tracce residue e studio del rapporto con il suolo e la vegetazione. Il terzo comprende dati geospaziali, ortofoto, immagini satellitari, riprese UAV e viste zenitali o oblique, impiegati per controllare inquadrature, cambiamenti di scala e leggibilità dall'alto. La fotografia militare e la visualità ricognitiva forniscono, in questo senso, un riferimento utile per comprendere come il paesaggio diventi campo di lettura strategica e non semplice sfondo (Quagliati, 2021).

Il vincolo metodologico principale è l'assunzione del punto di vista ostile. La rappresentazione non deve valutare soltanto quanto il manufatto sia visibile, ma come possa essere classificato da un osservatore interessato a individuarlo come bersaglio. La soglia decisiva non è quindi la mera presenza fisica, ma il passaggio dalla percezione indistinta al riconoscimento operativo. In questa prospettiva, il camouflage deve essere analizzato attraverso gli indizi che emergono, quelli che restano occultati e gli eventuali collassi percettivi: ciò che si manifesta come figura, ciò che si confonde con lo sfondo, ciò che viene interpretato come elemento naturale o civile e ciò che diventa riconoscibile come opera militare soltanto a distanza ravvicinata (fig. 47). Il rapporto tra immagine, obiettivo e occultamento conferma che il

camouflage non riguarda soltanto il vedere, ma le condizioni tecniche e culturali della classificazione visiva (Pinotti & Somaini, 2016; Shell, 2014).
La regola di base dell'applicazione è la separazione tra evidenze, deduzioni e simulazioni. Le evidenze comprendono fotografie terrestri e zenitali, ortofoto, immagini satellitari, dati di rilievo, modelli e tracce materiali rilevabili sul manufatto e nel suo intorno. Le deduzioni sono inferenze fondate su tracce, confronti tipologici, coerenze costruttive e compatibilità operative e devono essere dichiarate come tali. Le simulazioni consistono in ricostruzioni controllate di assetti non più presenti, quali i dispositivi mimetici riferibili al 1942–43, elaborate a partire da fonti, evidenze residue e analogie verificate. Tale distinzione non rappresenta un accorgimento grafico secondario, ma una condizione di responsabilità scientifica: in sua assenza, l'immagine rischierebbe di confondere stato attuale, ipotesi e scenario, attribuendo al manufatto una certezza che il dato non è in grado di sostenere.

Nel presente lavoro, la rappresentazione del camouflage è concentrata in tavole percettive dedicate al tema. Queste appartengono alla famiglia editoriale P e non introducono una nuova famiglia né un ulteriore codice di classificazione. La sigla P identifica lo statuto della pagina, mentre l'eventuale codice Y specifica la funzione dominante del singolo elaborato in essa contenuto; le condizioni di osservazione e costruzione restano tracciabili attraverso X nei casi per i quali è predisposta la relativa scheda. L'applicazione del camouflage non entra pertanto nel codice inventariale e non determina una tassonomia autonoma.

All'interno delle tavole ricorrono tre modalità operative complementari: la ricognizione zenitale multiscalare; la verifica della riconoscibilità attraverso sequenze di avvicinamento e punti di vista ostili da terra o dal mare; la ricostruzione controllata dell'assetto mimetico di guerra. Esse non corrispondono necessariamente a tre tavole distinte: una medesima tavola può combinare più modalità oppure svilupparne una attraverso più elaborati. Le viste zenitali, oblique o terrestri possono inoltre comparire in altre famiglie dell'Atlante con differenti finalità. Ciò che le caratterizza in questa applicazione non è la tecnica o il punto di vista in sé, ma la domanda conoscitiva alla quale rispondono: verificare come il manufatto emerga, si confonda o diventi riconoscibile entro una possibile osservazione ostile.



Fig. 47 — Ricognizione aerea e percezione dal terreno: confronto tra differenti regimi di osservazione del manufatto e del suo contesto. Caposaldo 17 di Quartu Sant'Elena. Disegni dell'autore.

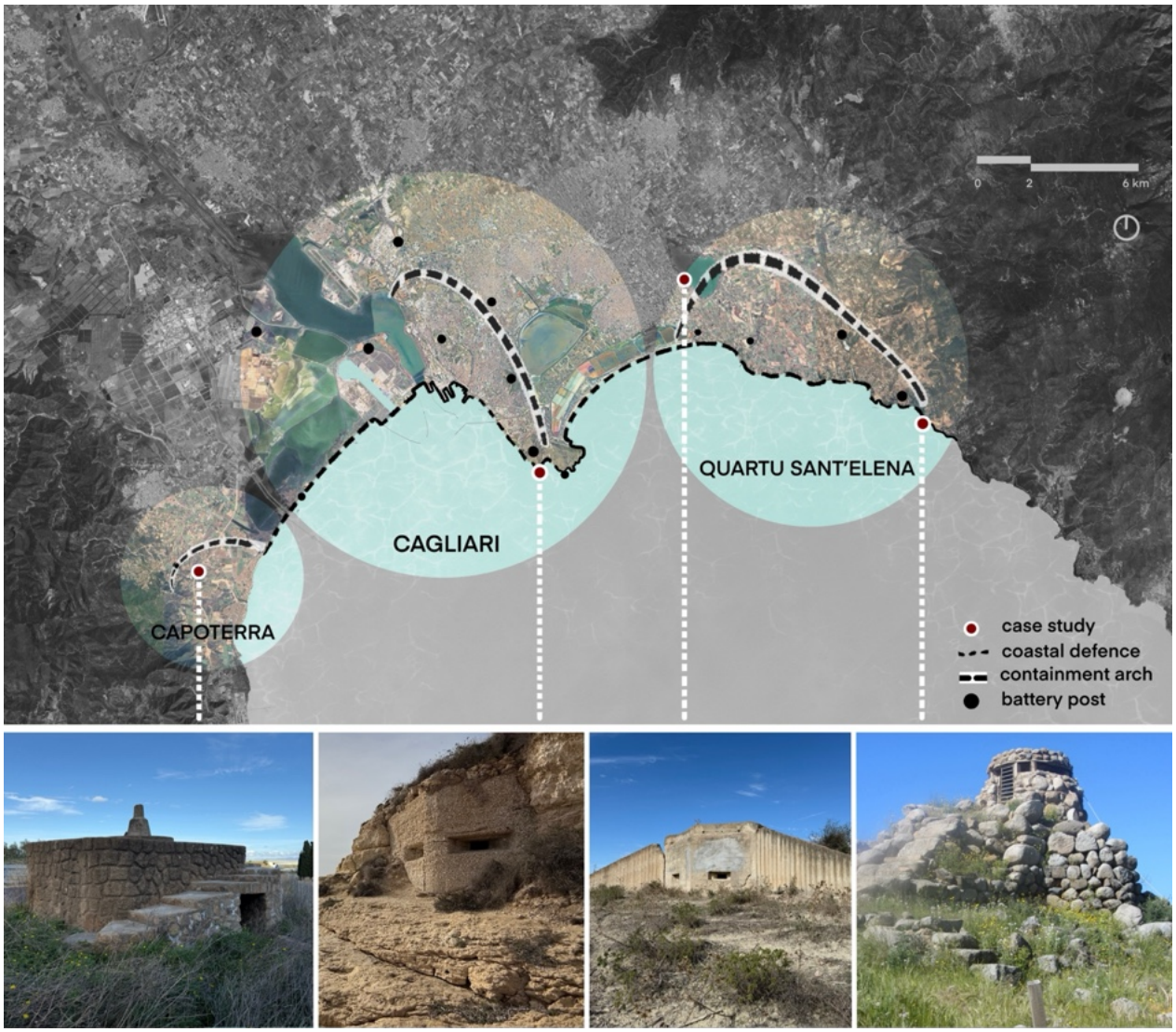


Fig. 48 — Inquadramento territoriale del sistema difensivo del Golfo di Cagliari e localizzazione dei casi di studio. Elaborazione grafica di Andrea Pirinu e dell'autore.

3.8.2 il punto di vista ostile

Ricognizione zenitale multiscalare (fig. 49). La prima modalità comprende letture dall'alto costruite mediante ritagli territoriali e di prossimità. Il quadro territoriale consente di osservare la posizione del manufatto in rapporto alla morfologia, agli accessi, ai pattern vegetali, ai tracciati e agli altri elementi del sistema difensivo. Il quadro di prossimità permette invece di riconoscere discontinuità del suolo, allineamenti, piattaforme, ombre, coperture e segni geometrici persistenti. L'estensione dei due quadri non costituisce una misura rigida, ma viene calibrata in funzione del contesto e della relazione da rendere leggibile, mantenendo comparabile il passaggio dalla scala territoriale a quella ravvicinata. L'obiettivo è verificare se e attraverso quali indizi l'opera resti interpretabile dall'alto anche quando cromia, materia e copertura vegetale appaiono assimilate al contesto.

Sequenze di avvicinamento e punti di vista ostili da terra o dal mare (fig. 49). La seconda modalità comprende inquadramenti costruiti in rapporto alle condizioni specifiche di avvicinamento al manufatto. Le viste più distanti documentano la condizione nella quale l'opera può essere presente nel campo visivo senza risultare ancora classificabile; quelle ravvicinate registrano invece l'emergere di indizi diagnostici quali bordi, feritoie, tagli funzionali, discontinuità di tessitura, variazioni di riflettanza e rapporti anomali tra volume e suolo. La funzione della sequenza non è mostrare il bunker in modo completo, ma rendere confrontabile la transizione tra riconoscibilità per masse e riconoscibilità per indizi. Il punto di vista ostile non coincide quindi con una prospettiva spettacolare: costituisce un test percettivo sulla prestazione mimetica del manufatto rispetto a una determinata direzione di osservazione.

Ricostruzione controllata dell'assetto mimetico di guerra (fig. 49). La terza modalità introduce la dimensione diacronica. Essa comprende viste oblique di sintesi, eventualmente affiancate da piante, schemi o dettagli, finalizzate a chiarire il rapporto con il suolo, l'assetto spaziale e la logica dei dispositivi di mascheramento. La restituzione dell'assetto mimetico di guerra non viene trattata come immagine conclusiva del "com'era", ma come simulazione controllata. Deve pertanto dichiarare il proprio statuto, distinguere le componenti documentate da quelle dedotte o ipotizzate e indicare, quando necessario, il livello di attendibilità della ricostruzione. La sua utilità consiste nel rendere leggibile lo scarto percettivo tra la condizione presente e quella ricostruita, chiarendo quali dispositivi perduti o alterati potessero incidere sulla riconoscibilità dell'opera.
Le tre modalità possono essere integrate da elaborati di dettaglio, spaccati, esplosi o confronti grafici quando il caso lo richiede. Tali estensioni non introducono ulteriori categorie, ma approfondiscono selettivamente le relazioni già individuate. L'articolazione ordinaria resta fondata sul confronto tra osservazione dall'alto, osservazione ostile da terra o dal mare e ricostruzione controllata dell'assetto mimetico. La loro combinazione consente di mantenere una struttura leggibile e trasferibile senza imporre una corrispondenza meccanica tra operazione, elaborato e tavola, evitando sia l'accumulo indifferenziato di immagini sia la riduzione del tema a una singola veduta suggestiva.

L'esito dell'applicazione non è soltanto grafico. Le informazioni prodotte possono essere formalizzate in chiave inventariale attraverso campi descrittivi collegati alla banca dati georeferenziata. Per ciascun manufatto possono essere registrati la macrostrategia mimetica, i dispositivi riscontrabili, le tracce residue, il tipo di osservazione adottato, le condizioni di riconoscibilità, il grado di attendibilità delle deduzioni e il riferimento agli elaborati nei quali tali aspetti vengono rappresentati. Questi dati non richiedono l'introduzione di un codice autonomo: il camouflage diventa interrogabile come componente analitica del record e del sistema di confronto, rimanendo coerente con la struttura complessiva della banca dati e con la funzione conoscitiva assegnata al disegno.

La rappresentazione del camouflage chiude la Parte II perché concentra in un unico caso applicativo i temi sviluppati nei paragrafi precedenti: osservazione situata, luce, materia, colore, distanza, vegetazione, soglia di riconoscibilità, punto di vista ostile, traccia e simulazione. Le tavole P dedicate al tema costituiscono già una componente dell'Atlante percettivo-interpretativo; i loro elaborati possono successivamente essere integrati, insieme ai rilievi metrici, ai dati GIS e alle fonti documentarie, nelle restituzioni multilivello M. Il passaggio da P a M non modifica retroattivamente la funzione Y assegnata ai singoli elaborati percettivi e non genera un ulteriore sistema di codificazione. È in questo raccordo che il disegno analogico conferma la propria funzione specifica: rendere percepibile, verificabile e discutibile ciò che il dato tecnico, assunto isolatamente, non è ancora in grado di rendere leggibile.



Fig. 49 — Applicazione del protocollo percettivo-interpretativo al bunker presso la S.S. 195 bis, a Capoterra, nel caposaldo «Gela»: serie coordinata di viste zenitali, terrestri e ricostruttive. Elaborazioni grafiche dell'autore.

Parte III — Rappresentazione ibrida, atlante e narrazione grafica

3.9 — Disegno ibrido e rappresentazione multistrato

3.9.1 — Dal dato eterogeneo al disegno ibrido

Le Parti I e II hanno prodotto insiemi documentari complementari: basi metriche, restituzioni architettoniche, modelli tridimensionali e configurazioni territoriali; osservazioni sulla percezione, sulla riconoscibilità, sulla luce e sulla materia; banca dati georeferenziata, elaborazioni GIS, fonti cartografiche e archivistiche, fotografie e schemi derivati dalle piante. Questi materiali non costituiscono una serie omogenea. Operano a scale differenti, dipendono dall'accessibilità dei siti e presentano gradi diseguali di completezza e verificabilità. La loro integrazione deve quindi conservare le condizioni entro cui ciascun dato è stato acquisito, documentato o interpretato. È questa tracciabilità, più della continuità visiva dell'esito, a permettere il successivo impiego comparativo nelle schede del Capitolo 5.

L'eterogeneità non rappresenta un limite occasionale, ma una condizione strutturale della ricerca. Nei casi integralmente rilevati, l'abbondanza di nuvole di punti, mesh, ortoproiezioni e fotografie richiede una selezione capace di isolare i rapporti pertinenti; nei casi lacunosi, ricognizioni esterne, documenti storici e tracce residue devono essere ordinati senza simulare una completezza inesistente. Tanto l'eccesso quanto la scarsità dell'informazione possono infatti lasciare impliciti il rapporto opera-suolo, la cooperazione fra manufatti, la continuità tra parti emergenti e interrate, l'incidenza della morfologia e le trasformazioni che hanno modificato l'assetto originario. Una lacuna resta perciò un dato sul limite della conoscenza: non viene colmata per analogia se il confronto tipologico non offre elementi sufficienti e dichiarabili.

In questo quadro, il disegno ibrido (fig. 50-51) designa la costruzione controllata di un medesimo argomento grafico mediante restituzione metrica, informazione digitale, dato geospaziale, fonte documentaria e lettura percettiva. Il termine non indica la semplice giustapposizione di tecniche analogiche e digitali: indica un procedimento nel quale rilievo, ridisegno e interpretazione concorrono alla comprensione del manufatto e del paesaggio senza perdere il proprio statuto. La base acquisita verifica geometrie e rapporti spaziali; il documento sostiene configurazioni non più direttamente osservabili; il disegno seleziona relazioni, soglie di riconoscimento e qualità materiche. Ogni componente deve restare riconducibile alla propria origine e all'operazione che l'ha trasformata (Amoroso, 2016; Uddin, 1999).

La precisione dell'elaborato non coincide con l'accumulazione del massimo dettaglio disponibile, ma con la coerenza fra domanda, base e forma della restituzione. Dove esiste un'acquisizione metrica, sezioni, profili e ridisegni mantengono il controllo geometrico di nuvole di punti, ortoproiezioni e misure; negli altri casi, la fonte cartografica, documentaria o osservativa definisce il campo entro cui è legittimo operare. La semplificazione interviene sul prodotto derivato, non sul dato sorgente: può attenuare la vegetazione interferente, discretizzare il terreno o sospendere elementi contemporanei non pertinenti, purché tali operazioni siano dichiarate e non convertano un'assenza in evidenza. Gerarchie, campiture, spessori e trasparenze assumono valore conoscitivo quando rendono confrontabili componenti e stati, non quando aggiungono complessità visuale (Bertin, 1983; Fletcher, 2021; Tufte, 2001).

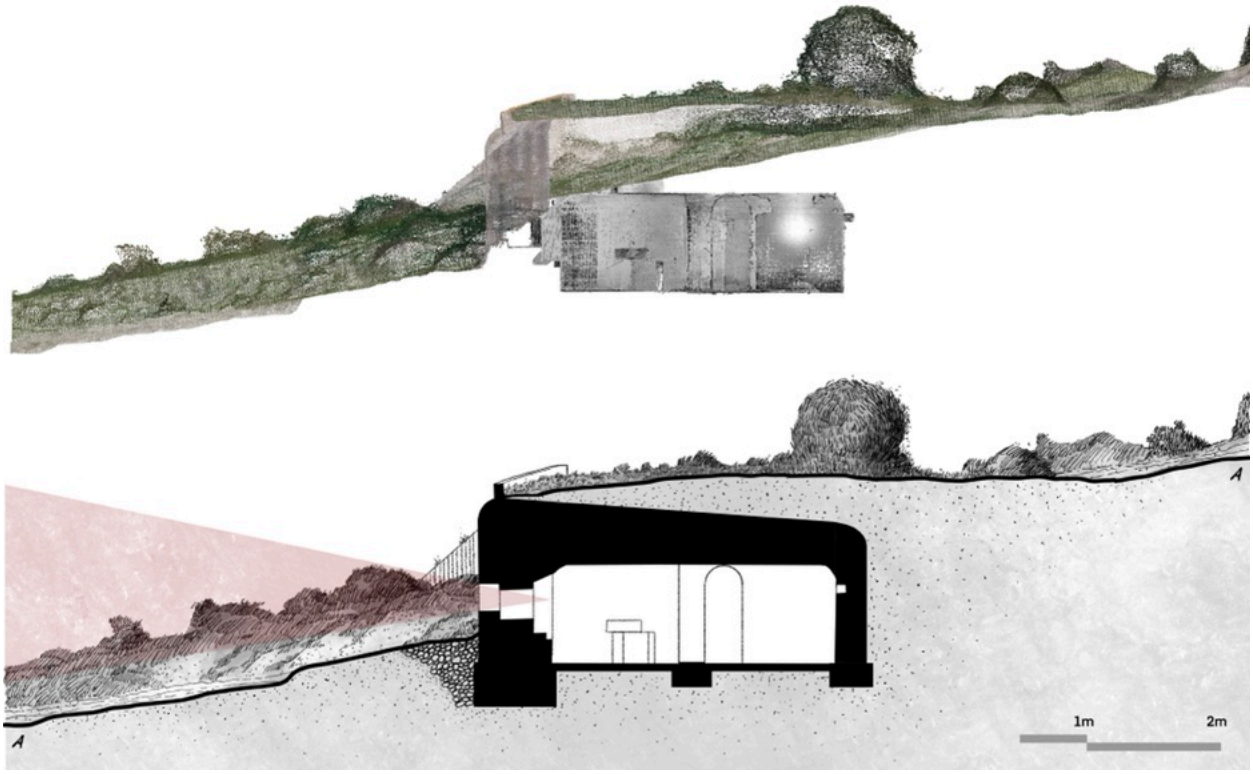


Fig. 50 — Rilievo integrato e restituzione del bunker QSE_CS14_BKC_58. In alto, due nuvole di punti registrate e non trattate: quella dell'esterno, acquisita mediante fotogrammetria UAS, e quella dell'interno, ottenuta mediante scansione LiDAR; in basso, ridisegno in sezione fondato sul rilievo strumentale e sulle fonti d'archivio, con il profilo del terreno e il campo visivo dalla feritoia. Acquisizioni ed elaborazioni delle nuvole di punti di Raffaele Argiolas, Nicola Paba e dell'autore; ridisegno dell'autore.



Fig. 51 — Disegno ibrido delle trasformazioni del paesaggio della batteria di Is Mortorius. Alla fotografia aerea sono sovrapposte la ricostruzione della Torre del Mortorio, demolita perché interferiva con il campo di tiro, e la posizione del pezzo d'artiglieria antinave sulla piazzola. Elaborazione dell'autore su fotografia da drone di Nicola Paba.

Il disegno ibrido opera trasversalmente nelle carte territoriali, nelle restituzioni architettoniche, nelle tavole percettive e nelle proiezioni metriche; non costituisce, da solo, una famiglia dell'Atlante. Un elaborato può dunque restare T, R, D o P anche quando combina acquisizione digitale e ridisegno, se la sua funzione prevalente rimane rispettivamente territoriale, restitutiva, documentaria o percettiva. Appartiene alla famiglia M soltanto quando il rapporto fra rappresentazioni non equivalenti diventa il nucleo dell'operazione conoscitiva. La rappresentazione multistrato fornisce il principio con cui quel rapporto viene separato, correlato e ricomposto.

3.9.2 — Rappresentazione multistrato ed elaborato multilivello

Nel lessico della ricerca, rappresentazione multistrato ed elaborato multilivello indicano due momenti distinti. La prima è il principio costruttivo che organizza informazioni in strati separati ma correlati; il secondo è l'output grafico risultante, leggibile sia per singole componenti sia come sintesi integrata. La tavola M è la famiglia editoriale nella quale questa integrazione svolge una funzione dominante. Il criterio non è quindi il numero delle immagini o dei livelli visibili nella pagina, ma la necessità di mettere in relazione dati, scale, tempi o registri che una restituzione isolata non renderebbe simultaneamente confrontabili. Un'impaginazione composta da più riquadri non è, per questo solo fatto, un elaborato multilivello: deve esistere una correlazione verificabile fra le parti.

La scomposizione è regolata dalla scala e dalla domanda rivolta al caso. Alla scala territoriale o del raggruppamento può distinguere morfologia, viabilità, opere, vegetazione, trasformazioni antropiche, percorsi e relazioni operative; alla scala del manufatto può separare involucro, spazi interni, massa muraria, aperture, accessi, parti interrate, terreno e componenti di camouflage. Nel bunker incorporato nella topografia, per esempio, l'isolamento del corpo costruito non basta: esposizione, protezione, accesso defilato e orizzonte controllato dipendono dalla relazione fra massa resistente e suolo. La separazione ha quindi valore soltanto se ogni componente rimane parte di una struttura leggibile e se l'ordine adottato risponde a una domanda esplicita, anziché riprodurre automaticamente la struttura del software (Docci & Chiavoni, 2017).

Gli strati mantengono una corrispondenza geometrica quando il confronto dipende da posizione, quota, orientamento o distanza. Possono invece essere disposti in sequenza comparativa quando occorre distinguere stati, scale o passaggi dell'elaborazione. La loro collocazione verticale non implica necessariamente una cronologia: può descrivere il passaggio dalla base tridimensionale acquisita alla discretizzazione morfologica, al ridisegno e alla sintesi interpretativa. Linee di proiezione, punti omologhi e orientamento comune rendono controllabile tale continuità. Anche la scala grafica non si estende automaticamente all'intera tavola, ma vale soltanto per il componente che conserva un controllo metrico coerente.

La ricomposizione seleziona la relazione dominante e ordina gli strati affinché differenze, corrispondenze e trasformazioni possano essere verificate. Non riassorbe le parti in un'immagine indifferenziata e non cancella il percorso che conduce dall'evidenza all'interpretazione. Il suo esito è efficace quando il lettore può risalire dal segno alla base, riconoscere ciò che è stato rilevato o documentato e distinguere ciò che deriva da selezione, ridisegno o ipotesi. Legenda, codici grafici e didascalia devono sostenere questo percorso senza duplicare l'intera argomentazione. In tal modo la comunicazione non interviene come confezione terminale, ma coincide con la costruzione esplicita delle relazioni.

Per le architetture fortificate costiere, questo procedimento permette di coordinare porzioni interrate, masse protettive, accessi defilati, configurazioni interne, dispositivi di mascheramento e condizioni

paesaggistiche. La multiscalarità è utile quando collega manufatto, intorno e raggruppamento, ma non costituisce un requisito: una tavola può operare alla sola scala architettonica ed essere multilivello se integra registri non equivalenti, per esempio superficie acquisita, sezione metrica, vuoti interni e ricostruzione del camouflage. Allo stesso modo, una veduta territoriale molto estesa non è multilivello se non esplicita il rapporto fra i registri impiegati. La qualificazione dipende dalla relazione costruita, non dall'estensione territoriale dell'immagine.

3.9.3 — Modalità operative e condizioni di controllo

Gli elaborati multilivello sono ricondotti alla famiglia M quando il confronto fra rappresentazioni non equivalenti costituisce l'argomento principale della tavola. Il procedimento può agire lungo tre assi indipendenti. L'asse spaziale collega manufatto, intorno, raggruppamento e settore; l'asse temporale confronta configurazione storica, permanenze, trasformazioni e stato contemporaneo; l'asse conoscitivo mette in sequenza dato acquisito, derivato metrico, ridisegno, interpretazione, ricostruzione e simulazione. Una tavola può lavorare su un solo asse oppure combinarne più di uno, ma deve rendere riconoscibile quale rapporto produce l'incremento di conoscenza. Gli assi non coincidono con i livelli applicativi dell'Atlante e non ne modificano la classificazione.

La modalità spaziale separa componenti compresenti mantenendone la corrispondenza. Base tridimensionale, modello morfologico, vegetazione, uso del suolo, rete viaria, opere e direttrici operative possono essere estratti dal medesimo riferimento geometrico e restituiti come piani tematici coordinati. Le sperimentazioni sui capisaldi di Licata e Alcamo verificano il procedimento alle scale del raggruppamento e del manufatto: il ridisegno del modello digitale isola gli elementi che organizzano il sito e li ricompone in rapporto alla disposizione difensiva. Quote, orientamento e punti di controllo impediscono che la separazione produca slittamenti fra le componenti. L'operazione trasforma il modello da superficie continua a struttura interrogabile, senza attribuire a ogni strato un'autonomia che non possiede.

La modalità temporale assume la forma del confronto diacronico. Fonte storica, rilievo contemporaneo, traccia residuale e stato ricostruito devono restare distinti anche quando condividono lo stesso sistema di riferimento. Cartografie, fotografie e documenti tecnici sostengono la configurazione precedente; ricognizione, acquisizione digitale e GIS documentano quella attuale; la ricostruzione formula un'ipotesi sulle parti non più osservabili. Datazione, attendibilità e precisione di georeferenziazione condizionano il grado di comparabilità dei singoli stati. Sovrapposizione o accostamento rendono misurabili permanenze, perdite, spostamenti e modificazioni del margine, ma non trasformano la sequenza in racconto: il suo compito è mostrare quali differenze dipendano dalle fonti e quali da un'operazione interpretativa.

La scomposizione analitico-ricostruttiva opera soprattutto alla scala del manufatto. Coordina involucro esterno, superfici e spazi interni, massa muraria, impronta planimetrica, terreno, organizzazione geometrico-funzionale e, quando documentabile, configurazione mimetica. La restituzione esterna descrive consistenza e rapporto con l'intorno; l'isolamento dei vuoti chiarisce articolazione e connessioni; lo spaccato mette in rapporto spazio praticabile, spessori protettivi e suolo. Le parti non acquisite o non accessibili devono restare graficamente riconoscibili come lacune. Una ricostruzione del camouflage può completare la lettura, ma deve essere presentata come ipotesi fondata su tracce, confronti o documenti, mai come prolungamento indistinto del corpo rilevato.

Le tre modalità condividono condizioni di controllo geometriche, metriche ed epistemiche. Ogni tavola deve dichiarare la domanda a cui risponde, identificare le fonti, conservare la correlazione necessaria al confronto e associare semplificazioni e ricostruzioni alle operazioni che le hanno prodotte. Dato acquisito e derivato metrico non sono equivalenti: la mesh o la nuvola di punti registrano l'acquisizione, mentre ortoproiezione e sezione ne costituiscono prodotti elaborati; il ridisegno seleziona e normalizza; l'interpretazione attribuisce una relazione; la ricostruzione restituisce un assetto non più visibile; la simulazione verifica una condizione possibile. Colori, tratteggi o livelli di opacità devono rendere visibili tali differenze senza suggerire una gerarchia di attendibilità non motivata. La continuità grafica non deve cancellare questa sequenza di statuti.
Anche l'apparato editoriale partecipa alla verifica. Se una tavola è articolata in pannelli A-B-C-D, la didascalia associa a ciascuno la natura del materiale, la fonte, l'operazione eseguita e la relazione chiarita; la legenda usa denominazioni coerenti con la filiera effettiva, quali base acquisita, derivato metrico, configurazione contemporanea, assetto ricostruito e sintesi interpretativa. Il medesimo lessico deve ricomparire nelle schede del Capitolo 5, così che il lettore riconosca immediatamente lo statuto dei materiali. Questo protocollo consente di confrontare elaborati eterogenei senza uniformarne scala, densità o funzione. Il passaggio successivo riguarda perciò il sistema capace di ordinare tali output e di renderli comparabili tra casi: l'Atlante sviluppato nel § 3.11.

La ricomposizione seleziona una relazione e ordina gli strati affinché possa essere letta e discussa. I livelli rimangono geometricamente correlati quando il confronto dipende dalla corrispondenza spaziale; possono invece assumere una successione comparativa quando l’obiettivo consiste nel distinguere stati, scale o fasi dell’elaborazione. La disposizione verticale di piani separati non indica necessariamente una progressione cronologica: può descrivere il passaggio dalla base acquisita alla discretizzazione morfologica e alla sintesi interpretativa. È la logica della correlazione, non la posizione grafica dello strato, a stabilire l’ordine conoscitivo.

La sequenza e il confronto introducono un ulteriore incremento. Prese isolatamente, le letture conservano il proprio valore analitico; accostate entro una struttura ordinata, rendono percepibili corrispondenze, divergenze e trasformazioni che nessuna immagine mostra autonomamente. La comunicazione non interviene quindi dopo la conoscenza come semplice confezione dei risultati: deriva dal modo in cui le rappresentazioni vengono coordinate e rese reciprocamente intelligibili. In questa capacità di costruire una progressione visuale risiede uno dei principali contributi del procedimento multistrato.

Il principio risulta particolarmente efficace nel rapporto tra visibile e occultato. Porzioni interrate, ricoveri, masse protettive, accessi defilati, configurazioni interne e dispositivi di mascheramento possono essere restituiti insieme alla condizione paesaggistica che ne determina il funzionamento. La multiscalarità permette inoltre di collegare manufatto, intorno e raggruppamento, ma non costituisce un requisito uniforme: alcuni elaborati attraversano più scale, mentre altri operano prevalentemente alla scala del singolo bunker. Ciò che li qualifica come multilivello è la capacità di mettere in rapporto componenti o registri rappresentativi che una restituzione isolata non renderebbe simultaneamente leggibili.

Le tre modalità condividono condizioni di costruzione comuni. La relazione indagata deve risultare riconoscibile; le fonti devono essere identificabili; gli strati devono conservare la correlazione geometrica necessaria al confronto; semplificazioni e ricostruzioni devono essere associate alle operazioni che le

hanno prodotte. La scala grafica va riferita al componente per il quale mantiene validità metrica. Un modello tridimensionale, una sezione ridisegnata e una ricostruzione possono coesistere nella stessa tavola con funzioni e gradi di elaborazione differenti: il controllo deriva dalla chiarezza con cui vengono coordinati.

La didascalia partecipa a tale controllo. Quando l'elaborato è articolato in livelli o pannelli indicati mediante lettere, ogni componente deve essere associata alla natura del materiale, alla fonte, all'operazione eseguita e alla relazione che contribuisce a chiarire. Le denominazioni seguono l'effettiva costruzione dell'immagine: base acquisita, modello morfologico, configurazione contemporanea, assetto progettuale ricostruito, sintesi strategica, ricostruzione del camouflage. In questo modo la didascalia esplicita la struttura della tavola e permette di attraversarne i diversi piani di lettura.

La costruzione multilivello rende controllabile la complessità conoscitiva della rappresentazione. Ogni strato conserva un compito e acquista significato nella relazione con gli altri; la ricomposizione produce una lettura ulteriore collegando attendibilità metrica, interpretazione grafica e capacità comunicativa. Gli elaborati così costruiti rimangono eterogenei per scala, densità e funzione. Per sostenere il confronto tra casi e contribuire a una lettura coordinata del paesaggio militare, devono essere inseriti entro un sistema capace di ordinare elaborati e pagine senza uniformarne la struttura. Questo passaggio dall'elaborato al sistema definisce il campo dell'Atlante.

3.10 — Dall'elaborato all'Atlante: costruzione del sistema grafico

3.10.1 — L'Atlante come sistema grafico a densità variabile

Il § 3.10 ha definito le condizioni attraverso cui dati metrici, fonti documentarie, osservazioni situate e interpretazioni possono concorrere alla costruzione di rappresentazioni ibride e multilivello. Il passaggio all'Atlante non introduce un'ulteriore procedura di rilievo, ma stabilisce come gli elaborati prodotti vengano ordinati, correlati e resi confrontabili. L'Atlante costituisce pertanto il sistema grafico-editoriale del protocollo: conserva le differenze fra i materiali e ne organizza l'impiego in rapporto ai casi e alle domande della ricerca.

La sua struttura deriva dalla natura multiscalare del paesaggio militare. Il bunker può essere esaminato come organismo architettonico, ricollocato nel raggruppamento e infine interpretato entro il settore territoriale; percezione e diacronia attraversano queste scale, mettendo in evidenza condizioni di riconoscibilità, permanenze e trasformazioni. Ogni passaggio modifica la domanda posta al caso e richiede una specifica forma di rappresentazione. Piante, sezioni, cartografie, ridisegni contestuali, elaborati percettivi e sintesi multilivello non costituiscono versioni concorrenti dello stesso oggetto, ma letture complementari fondate su dati e operazioni differenti.

La disponibilità di tali letture non è uniforme. Accessibilità, conservazione, qualità delle fonti e possibilità di acquisizione determinano gradi diversi di approfondimento: alcuni manufatti possono essere documentati metricamente e percettivamente, altri sono riconoscibili soltanto dall'esterno, mentre opere scomparse o non rinvenute rimangono conoscibili attraverso localizzazioni, documenti e tracce indirette. L'Atlante assume questa discontinuità attraverso una struttura incrementale e a densità variabile. A ogni caso vengono associate le rappresentazioni sostenute dalle evidenze disponibili e necessarie a chiarirne gli aspetti pertinenti, senza imporre un pacchetto uniforme di tavole.

La comparabilità non dipende quindi dall'identità quantitativa delle pagine, ma dalla stabilità delle funzioni, dei codici e delle convenzioni. Una maggiore densità di elaborati indica la possibilità di sviluppare una lettura più articolata, non un maggiore valore patrimoniale del caso. Questa architettura consente al lettore specialistico di verificare provenienza e trattamento dei dati e rende, al tempo stesso, attraversabili le relazioni fra opera, raggruppamento e territorio. Il sistema si articola attraverso un'unità documentaria di base, cinque famiglie di tavole e un dispositivo complementare di tracciabilità.

3.10.2 — Unità documentarie e famiglie di tavole

L'unità documentaria di base è costituita dalla Scheda minima BKC; le sigle T, R, D, P e M identificano cinque famiglie di tavole, rispettivamente territoriali, sistemico-locali, metrico-documentarie, percettive e integrate; la Scheda X documenta il processo di produzione di alcuni elaborati percettivi selezionati. Le componenti non occupano lo stesso livello logico e non devono essere assimilate: la Scheda minima stabilizza l'identità del bunker rilevato, le famiglie sviluppano differenti interrogazioni del caso, mentre la X svolge una funzione complementare di tracciabilità.

Componente	Statuto	Scala od oggetto prevalente	Funzione
Scheda minima BKC	Unità documentaria	Bunker rilevato	Identificazione e confronto architettonico
T	Famiglia territoriale	Settore o sistema	Inquadramento spaziale e confronto diacronico
R	Famiglia sistemico-locale	Raggruppamento	Relazioni fra opere, suolo e organizzazione difensiva
D	Famiglia metrico-documentaria	Manufatto	Restituzione dei derivati del rilievo digitale
P	Famiglia percettiva	Manufatto e contesto	Documentazione dell'esperienza situata
M	Famiglia sintetico-interpretativa	Scala variabile	Integrazione di rappresentazioni non equivalenti
X	Dispositivo complementare	Elaborati P selezionati	Tracciabilità del processo percettivo

Tab. 1 — Componenti, statuti, scale e funzioni delle famiglie di tavole e dei dispositivi documentari che strutturano l'Atlante del Capitolo 5. Elaborazione dell'autore.

La Scheda minima BKC restituisce in forma sintetica il record inventariale dei bunker da combattimento direttamente accessibili e sostenuti da una pianta sufficientemente affidabile. La pagina associa una testata alfanumerica, una pianta normalizzata e una fotografia documentaria, mettendo in relazione identità, configurazione architettonica e condizione contemporanea. La pianta è orientata rispetto al fronte operativo prevalente per rendere confrontabili camere di tiro, accessi, feritoie, vani serventi e rapporto fra massa costruita e spazi praticabili. Tale rotazione non sostituisce l'orientamento geografico, documentato nelle tavole territoriali e nei campi relativi ai settori di tiro. La Scheda minima non esaurisce il record del database, non viene applicata a tutti i manufatti censiti e rimane distinta dagli approfondimenti metrici delle tavole D.

Le tavole T operano alla scala del settore, della sequenza di raggruppamenti o del sistema specialistico. Mettono in relazione le localizzazioni provenienti dal database georeferenziato con morfologia, viabilità, costruito cartografato, articolazione dei sistemi difensivi e condizioni di permanenza. Il confronto con il

censimento militare postbellico consente inoltre di distinguere la configurazione documentata nel 1948 dalla consistenza riconosciuta attraverso la ricerca contemporanea. Gli scarti fra le due fonti non vengono interpretati come errori geometrici immediatamente correggibili, ma ricondotti alla diversa scala, precisione e finalità dei materiali. La funzione delle T non consiste quindi nella sola localizzazione delle opere, ma nella ricostruzione del quadro territoriale entro cui raggruppamenti e manufatti acquistano significato.

Le tavole R ricompongono capisaldi, sbarramenti, batterie e altre aggregazioni funzionali come assetti locali. La loro struttura coordina normalmente tre registri: il ridisegno zenitale del contesto, gli eidotipi o schemi planimetrici delle opere e una rappresentazione tridimensionale o sezione paesaggistica. Il primo seleziona morfologia, percorsi, vegetazione e posizione dei manufatti; i secondi rendono confrontabili dimensione relativa, accessi, feritoie e configurazioni; la vista contestuale chiarisce l'articolazione altimetrica e il rapporto con il suolo. Quando le piante non derivano da un rilievo metrico integrale, vengono qualificate come eidotipi dimensionalmente confrontabili o schemi interpretativi a scala controllata, senza assimilarle alle restituzioni delle tavole D. La coerenza della famiglia risiede nella capacità di mostrare il funzionamento congiunto del raggruppamento, non nella ripetizione di un'identica composizione grafica.

Le tavole D organizzano i derivati del rilievo digitale secondo uno statuto prevalentemente metrico e documentario. Nuvole di punti, mesh, modelli texturizzati e ortoproiezioni costituiscono le basi da cui vengono prodotte viste zenitali, prospetti, piante, sezioni e spaccati. La configurazione ricorrente coordina una matrice planimetrica o una vista della copertura con proiezioni ortogonali e restituzioni utili a leggere involucro, spazi interni, massa muraria e rapporto con il terreno. L'elaborazione adotta un principio di intervento controllato: elimina il rumore non pertinente e introduce riferimenti grafici necessari, ma conserva deformazioni, discontinuità e irregolarità effettivamente registrate. La continuità fra acquisizione e restituzione permette di distinguere la superficie rilevata dai prodotti metrici e dai successivi ridisegni.

Le tavole P documentano la conoscenza situata del bunker e del paesaggio. Distanza, luce, materia, vegetazione, movimento e condizioni atmosferiche vengono registrati attraverso tecniche scelte in rapporto al fenomeno osservato. La sigla P identifica lo statuto percettivo della pagina; il sistema Y qualifica invece la funzione prevalente dei singoli elaborati: Y1 per punti di vista, avvicinamenti e viste dipendenti dal dispositivo; Y2 per luce, atmosfera, colore e condizioni di leggibilità; Y3 per materia e tracce; Y4 per interpretazioni, sintesi e ricostruzioni. Il sistema Y non costituisce una famiglia aggiuntiva né impone un insieme fisso di disegni. Consente di riconoscere quale contributo ciascun elaborato fornisca alla tavola, mantenendo distinta l'osservazione diretta dalle successive operazioni interpretative.

Le tavole M costituiscono la famiglia nella quale il rapporto fra rappresentazioni non equivalenti assume un ruolo dominante. Secondo il principio definito nel § 3.10, dati acquisiti, derivati metrici, ridisegni, configurazioni contemporanee, ricostruzioni e sintesi interpretative vengono separati e ricomposti per chiarire relazioni non osservabili attraverso un unico registro. L'elaborato può operare alla scala del manufatto, del raggruppamento o del territorio e non deve necessariamente attraversarle tutte. La sua appartenenza alla famiglia M dipende dalla relazione costruita fra gli strati, non dalla quantità delle tecniche impiegate o dalla complessità visuale della pagina.
La Scheda X rende tracciabili le condizioni di produzione di alcuni elaborati P selezionati. Posizione e direzione dell'osservatore, distanza, data, orario, condizioni atmosferiche, tecnica, durata, esecuzione in situ e rielaborazione digitale consentono di ricostruire il percorso che conduce dall'osservazione alla

tavola. La X costituisce un modello replicabile, ma nell'Atlante viene riprodotta soltanto per un campione metodologicamente rappresentativo; nelle altre tavole P, i parametri essenziali vengono sintetizzati nelle didascalie. La sua funzione consiste nel documentare il metodo senza trasformarsi in una sesta famiglia né produrre automaticamente una pagina aggiuntiva per ogni elaborato percettivo.

3.11.3 — Regole di attivazione, pagina e sequenza di lettura

L'intensità dell'applicazione viene espressa attraverso tre livelli riferiti al trattamento complessivo del caso. L1 corrisponde al riconoscimento documentario: localizza e qualifica il manufatto o il raggruppamento attraverso fonti, database ed evidenze disponibili. L2 sviluppa una lettura relazionale, attivando le famiglie necessarie a chiarire rapporti territoriali, locali, metrici o percettivi. L3 costruisce un approfondimento integrato, nel quale più registri vengono coordinati e possono concorrere, quando pertinente, a una sintesi multilivello. I livelli non indicano tipologie di pagina e non coincidono con gli strati degli elaborati M.

Il livello raggiunto non costituisce una graduatoria di importanza patrimoniale e non determina automaticamente l'impiego di tutte le famiglie. Un'opera documentata al livello L1 può risultare decisiva per ricostruire la continuità di una rete; un caso L3 dispone invece di fonti e condizioni di rilievo che consentono di intrecciare più letture. Anche l'elaborato multilivello non rappresenta un esito obbligatorio di L3: viene attivato soltanto quando l'integrazione fra registri produce un incremento effettivo. L'architettura incrementale permette inoltre di aggiungere nuove fonti, rilievi o tavole senza modificare il sistema di classificazione.

L'attivazione delle famiglie dipende dalla domanda e dalla consistenza del caso. Un caposaldo ancora leggibile può essere introdotto da una T, ricomposto attraverso una R e successivamente approfondito mediante Schede minime e tavole D, P o M; un bunker isolato della rete costiera può richiedere un inquadramento essenziale, una Scheda minima e alcuni approfondimenti sul manufatto; una batteria o un nodo specialistico viene restituito come sistema, senza ricondurre automaticamente tutte le componenti al template BKC. Nei raggruppamenti perduti o non accessibili prevalgono invece le fonti territoriali e documentarie. L'assenza di una tavola non costituisce una lacuna editoriale quando il livello di conoscenza non ne sostiene la produzione.

Il passaggio dall'elaborato alla pagina stabilisce quali rappresentazioni debbano essere osservate insieme e quale relazione debba assumere un ruolo dominante. L'elemento principale introduce la questione affrontata; materiali subordinati precisano configurazioni, variazioni, fonti o passaggi di scala. Dimensione, posizione e contrasto costruiscono una gerarchia di lettura, ma non cancellano l'autonomia documentaria dei singoli componenti. La pagina funziona quando rende immediatamente riconoscibili il caso, la domanda e il rapporto fra le parti, evitando che la quantità degli elaborati produca una composizione priva di centro.

Formato A4, codici, titoli, orientamento, scale grafiche, apparati tipografici, convenzioni cromatiche e didascalie costituiscono la struttura editoriale comune. Lo standard non impone un'identica configurazione visuale: le viste orizzontali possono essere inserite entro la pagina, distribuite su pagine coordinate o affiancate quando il contenuto lo richiede. Il codice inventariale mantiene stabile l'identità del manufatto o del raggruppamento; la sigla T, R, D, P o M dichiara invece la funzione conoscitiva della tavola. Uno stesso caso può comparire in famiglie differenti senza modificare il proprio codice, poiché cambia la domanda attraverso cui viene interrogato.

Le didascalie completano il controllo editoriale identificando oggetto, fonte, operazione e relazione principale. Nei pannelli articolati mediante lettere, ciascun componente viene associato alla natura del materiale e allo statuto che gli compete: dato acquisito, derivato metrico, ridisegno, interpretazione, ricostruzione o simulazione. La didascalia non duplica l'argomentazione del testo e non attribuisce alla scala grafica una validità più ampia di quella effettivamente conservata dall'elaborato. La coerenza dell'Atlante deriva così dalla corrispondenza fra identità del caso, funzione della tavola e trattamento dei materiali.

Le tavole (fig. 53) sono ordinate secondo la successione geografica dei settori e dei raggruppamenti, non raccolte in blocchi separati per tecnica. La successione delle pagine partecipa pertanto alla costruzione del significato: relazioni, intervalli e passaggi tra elaborati consecutivi orientano la lettura e rendono percepibile una progressione visuale (McCloud, 1993). Quartu Sant'Elena, Cagliari, Capoterra e Pula costituiscono i quattro ambiti attraverso cui viene attraversato il Golfo di Cagliari; all'interno di ciascuno, le famiglie vengono attivate in relazione alla struttura territoriale, alla consistenza delle permanenze e alla qualità delle evidenze. Il Capitolo 5 mostra l'applicazione di questo sistema e calibra la densità della restituzione sui singoli casi, trasformando l'architettura metodologica qui definita nella sequenza effettiva dell'Atlante.

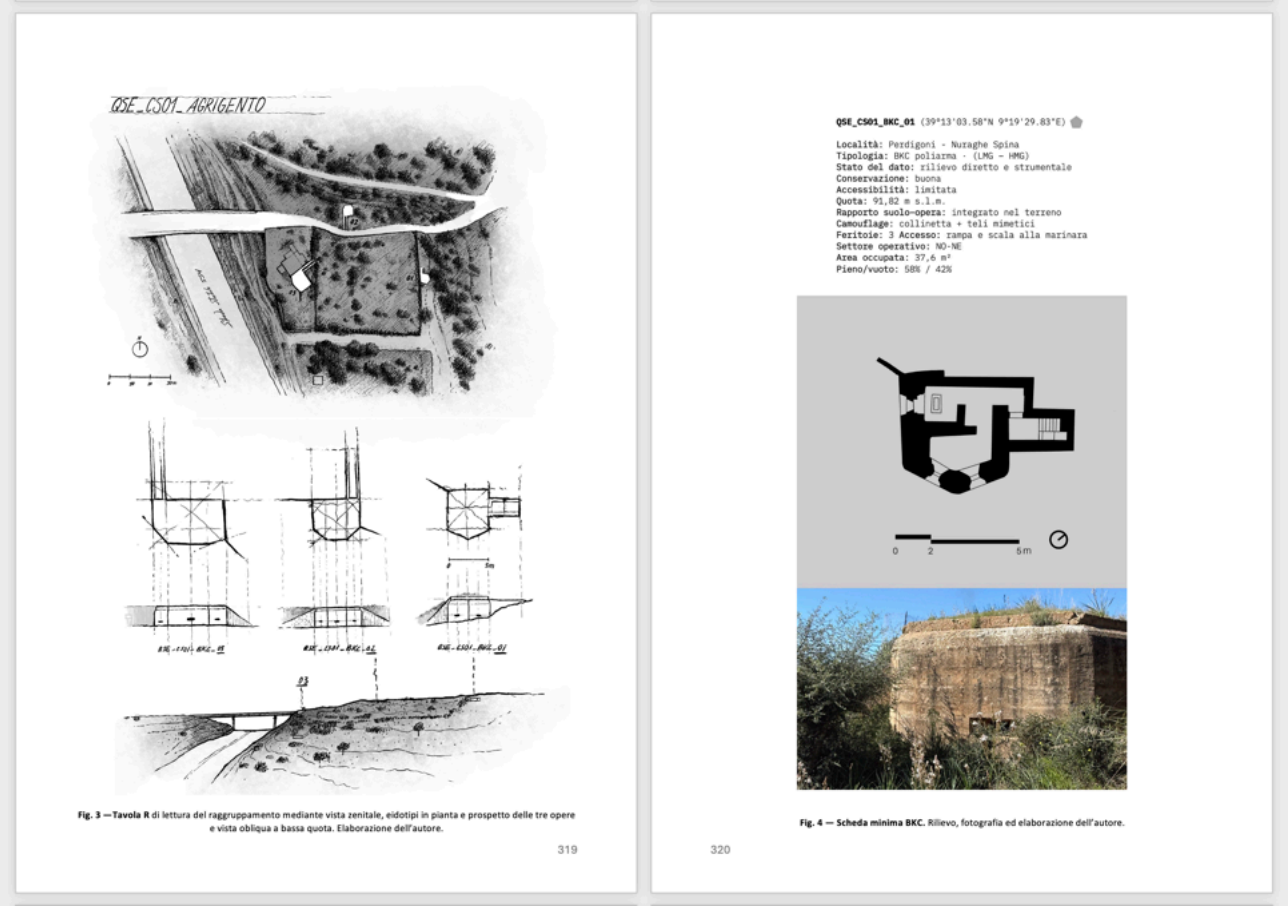


Fig. 53 — Esempio di doppia pagina dell'Atlante nel Capitolo 5. A sinistra, tavola di raggruppamento con inquadramento zenitale, eidotipi e profili delle opere; a destra, Scheda minima BKC del singolo bunker. L'impaginazione raccorda la lettura territoriale e sistemica alla documentazione architettonica del manufatto. Impaginazione ed elaborazioni dell'autore.

CAPITOLO 4
La forma del sistema difensivo sardo: il caso guida del Golfo di Cagliari

4.1 — Configurazione territoriale del dispositivo difensivo in Sardegna

Alla scala regionale, il sistema difensivo sardo si presenta come un repertorio territoriale composto da opere, raggruppamenti e sottosistemi differenti per estensione (fig. 1), densità, funzione e rapporto con il contesto. Macroaree e settori non costituiscono unità equivalenti sul piano quantitativo o formale, ma possono essere confrontati attraverso una matrice comune, fondata sulla configurazione del dispositivo, sui rapporti con la morfologia e con gli obiettivi strategici, sulla consistenza delle presenze e sulla loro leggibilità territoriale. Il censimento sviluppato nella ricerca e il database georeferenziato forniscono la base informativa di questa ricostruzione; l'esito interpretativo consiste nel riconoscere le relazioni attraverso cui i singoli manufatti partecipano a strutture difensive di scala superiore.

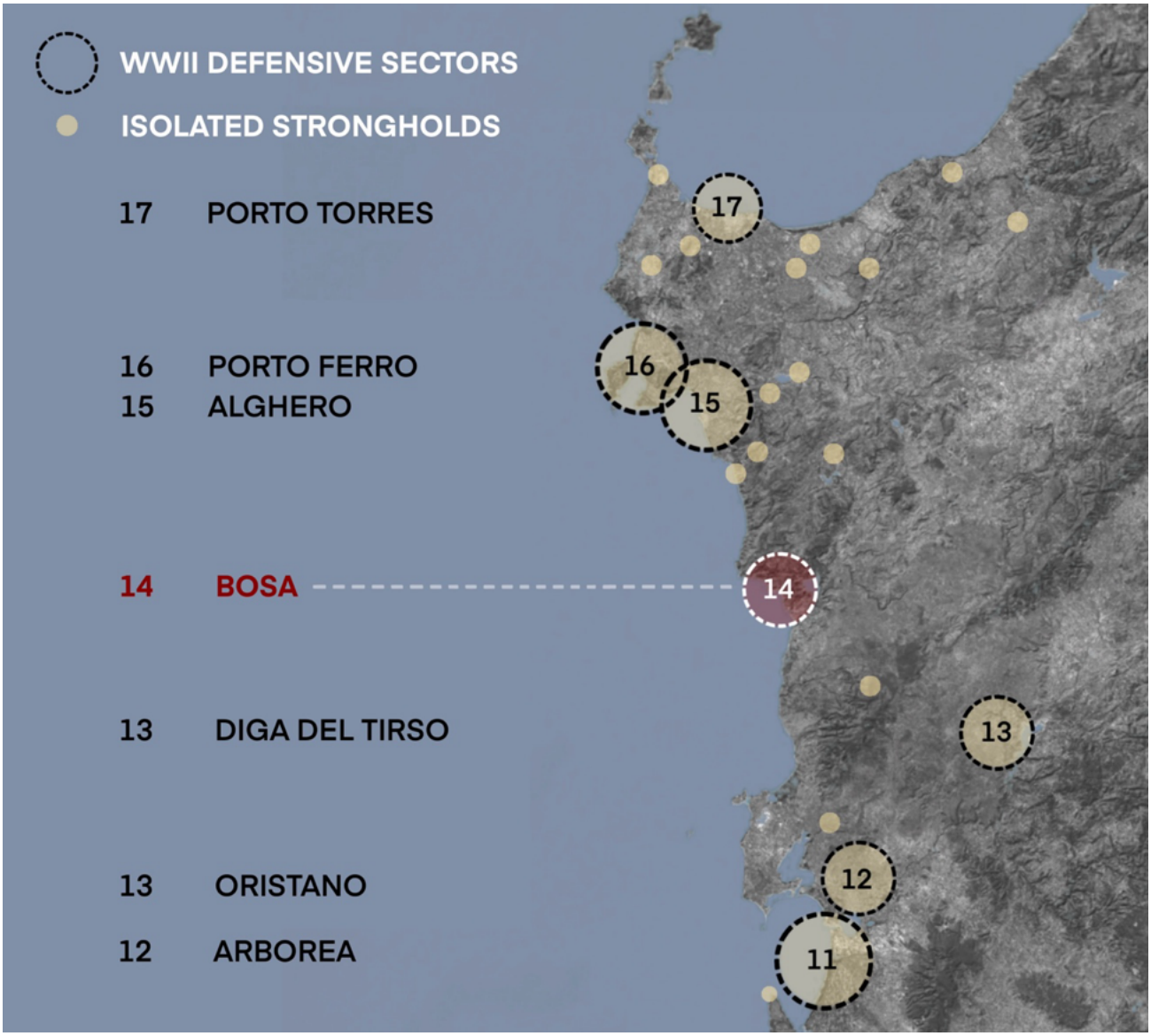


Fig. 1 — Inquadramento del settore difensivo di Bosa nel quadrante nord-occidentale della Sardegna. I punti non numerati sono caposaldi di sbarramento. Elaborazione grafica dell'autore.

La lettura è articolata in tre passaggi complementari. Il primo riguarda il carattere selettivo del dispositivo, la sua costruzione nel tempo e i principi di economia e proporzionalità che ne hanno orientato l'impianto. Il secondo definisce le unità territoriali adottate per ordinare le presenze censite, distinguendo macroarea, settore difensivo e quadro complementare. Il terzo definisce la geografia della minaccia attraverso la relazione fra morfologia, soglie di accesso, direttrici di penetrazione e nodi strategici, chiarendo i fattori che orientano la diversa distribuzione delle opere lungo il territorio dell'isola.

4.1.1 — Sistema selettivo, successione temporale e principi d'impianto

Il sistema difensivo costiero della Sardegna non assume la forma di un fronte continuo e omogeneamente fortificato. La sua struttura si articola per addensamenti, rarefazioni, soglie presidiate e sistemi cooperanti, nei quali la discontinuità geometrica non corrisponde a un insieme episodico di costruzioni difensive. La posizione di bunker, batterie, osservatori, sbarramenti e opere complementari acquista significato quando viene ricondotta alla logica d'impianto che li mette in relazione con gli approdi, con il retroterra e con gli obiettivi da proteggere. Il dispositivo regionale emerge quindi come organismo selettivo, capace di concentrare risorse e livelli di difesa nei luoghi in cui la minaccia poteva produrre conseguenze territoriali più rilevanti.

Questa selettività risponde a un principio di proporzionalità. I tratti costieri presentano condizioni diverse di accessibilità dal mare, connessione con le direttrici interne e prossimità a obiettivi sensibili; di conseguenza, la difesa non si distribuisce secondo intensità uniformi. Alcuni settori combinano controllo ravvicinato del litorale, contenimento arretrato, osservazione e artiglieria, costruendo dispositivi articolati su più livelli. Altri concentrano la propria efficacia su pochi passaggi obbligati, su un porto, su un'infrastruttura o su una componente specialistica. La differente complessità dei sistemi costituisce pertanto un carattere della loro configurazione, legato alla funzione assegnata a ciascun ambito nel quadro regionale.

Alla selezione strategica si associa un principio di economia difensiva. L'approntamento delle opere dipendeva dalla disponibilità di uomini, materiali, mezzi esecutivi e tempi di costruzione, oltre che dalla priorità attribuita ai luoghi. Il dispositivo traduce queste condizioni in differenti gradi di robustezza, articolazione e ripetibilità: soluzioni calibrate su condizioni locali specifiche convivono con postazioni più essenziali, adatte a essere costruite in numero maggiore e in tempi ridotti. La razionalizzazione delle risorse è leggibile sia alla scala del manufatto, attraverso la semplificazione di forme e spazi, sia alla scala territoriale, attraverso la concentrazione degli apprestamenti nei punti ritenuti maggiormente vulnerabili o strategici.

La configurazione regionale conserva, inoltre, la traccia di fasi differenti. Alle prime forme permanenti di presidio del margine marittimo, legate al controllo visuale degli approdi, ai posti di osservazione, alle batterie e ai nuclei fissi circolari (fig. 2), si sovrappone soprattutto nel 1942–43 una fortificazione più intensa e profonda, organizzata attraverso archi di contenimento, capisaldi, sbarramenti e postazioni maggiormente seriali (Grioni, 2001; Grioni & Carro, 2014). Con l'espressione *nucleo fisso*, qui assunta in senso tipologico, non si indica il nucleo di personale destinato al presidio, ma un'opera difensiva permanente in calcestruzzo armato, frequentemente associata alle fasi precoci della rete costiera e caratterizzata da impianto semplice, protezione prevalentemente antischegge, spessori relativamente contenuti e minore standardizzazione rispetto alle casematte del ciclo 1942–43. Spesso circolare e pluriferitoia, essa costituisce una delle forme precoci della fortificazione costiera sarda, distinta dalla successiva casamatta monoarma, più robusta e compiutamente codificata.

Le differenze tipologiche contribuiscono così alla lettura territoriale senza esaurirla. La presenza di opere precoci, casematte più articolate, cellule monoarma, postazioni controcarro e strutture specialistiche permette di riconoscere fasi, priorità e modalità differenti di costruzione del dispositivo.

Il passaggio da soluzioni maggiormente dipendenti dal sito a opere più semplificate e ripetibili segnala l'accelerazione del cantiere difensivo e la crescente esigenza di coprire estensioni territoriali più ampie. In questa sezione le tipologie sono assunte come indicatori temporali e funzionali; la loro struttura architettonica, le varianti e le relazioni genealogiche appartengono all'analisi tipologica trattata nel capitolo 6.



Fig. 2 — Diversi bunker a pianta circolare nella costa di Bosa: dai nuclei fissi di prima fase (in alto) alle casematte monoarma diffuse nel 1942–43. Fotografie di Andrea Pirinu e dell'autore.

4.1.2 — Macroarea, settore difensivo e quadro complementare

La distribuzione georeferenziata delle opere non è sufficiente, da sola, a ricostruire la forma del sistema regionale. Tra il singolo manufatto e la scala dell'isola occorrono unità territoriali capaci di ordinare le presenze censite secondo relazioni spaziali e funzionali riconoscibili. Le categorie di macroarea, settore difensivo e quadro complementare assolvono questa funzione: derivano dall'organizzazione del censimento, ma operano nel capitolo come strumenti interpretativi attraverso cui leggere cooperazioni, gerarchie e differenze fra i dispositivi (fig. 3).

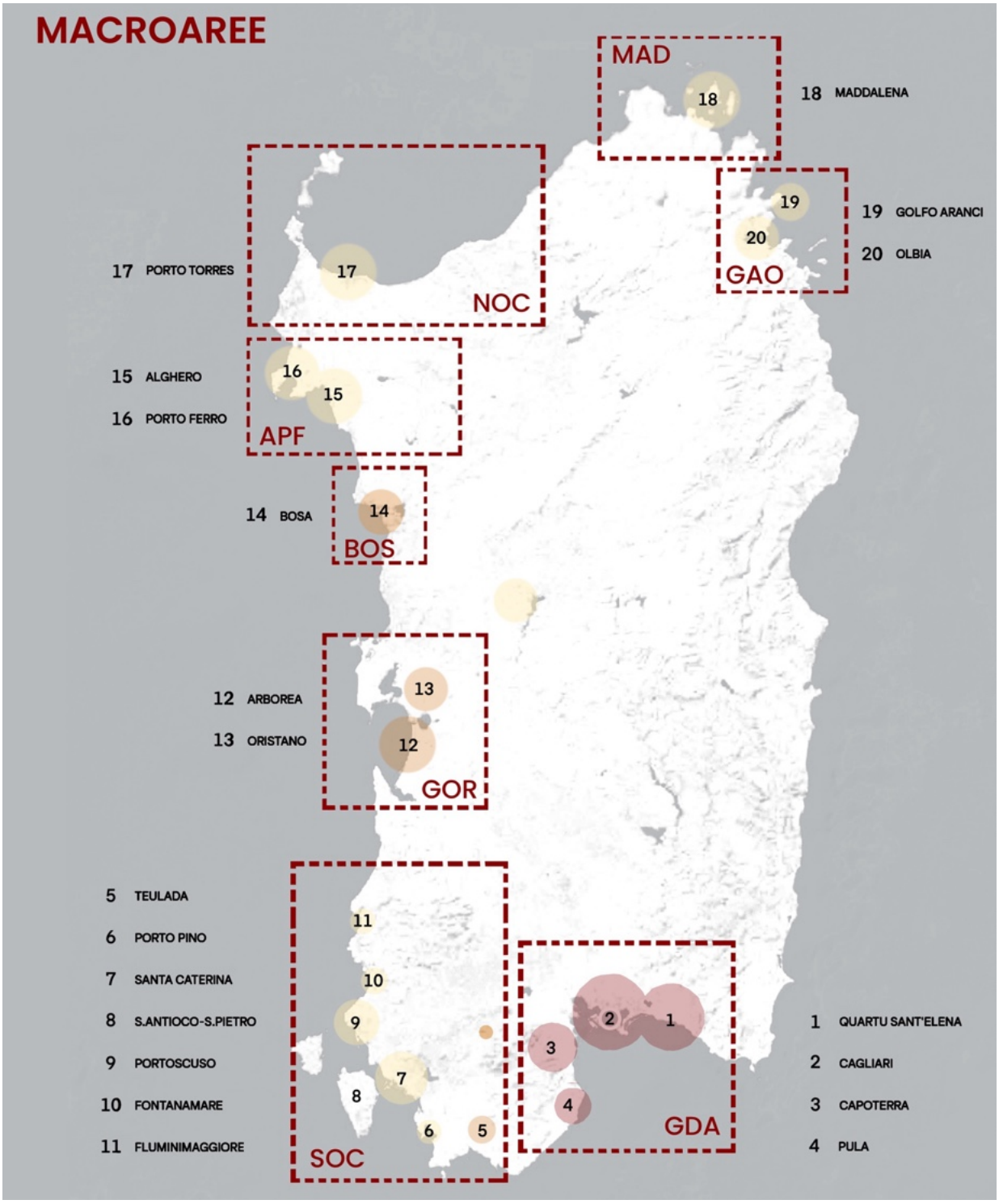


Fig. 3 — Individuazione delle macroaree e dei settori della difesa sarda durante la Seconda guerra mondiale. Elaborazione grafica dell'autore.

La macroarea costituisce l'unità strategico-territoriale di scala superiore, definita per organizzare il censimento per blocchi coesi alla scala regionale. La sua definizione non dipende dalla sola contiguità di tratti costieri, ma dalla cooperazione di più settori nella difesa di uno stesso specchio d'acqua, di un nodo infrastrutturale o di un insieme di obiettivi strategici. Può comprendere sistemi territorialmente distinti, con densità e configurazioni differenti, purché cooperino attivamente allo svolgimento della funzione difensiva. Questo livello consente di riconoscere strutture composte da un nucleo principale, componenti secondarie, margini specialistici e dispositivi di raccordo anche quando le opere non formano una linea continua.

All'interno della macroarea, il settore difensivo corrisponde a una porzione di costa o di territorio dotata di una propria configurazione e di una specifica funzione entro il sistema generale e fa riferimento alla organizzazione delle difese a scala territoriale nel lessico militare utilizzato nei tempi della guerra dal genio italiano. La sua struttura deriva dalla combinazione, variabile da caso a caso, di reti difensive costiere, capisaldi, archi di contenimento, batterie, sbarramenti e componenti complementari. I settori appartengono al medesimo livello gerarchico in quanto unità territoriali autonome e delimitabili, ma non risultano necessariamente equivalenti per estensione, densità fortificatoria, grado di articolazione o peso strategico. La loro comparabilità riguarda quindi la posizione occupata nel modello di lettura, non l'uniformità della configurazione materiale.

Il quadro complementare raccoglie invece sistemi e presenze che partecipano alla difesa regionale senza poter essere ricondotti, se non attraverso una forzatura, a un settore costiero pienamente definito. Vi rientrano nuclei interni, sbarramenti isolati, dispositivi specialistici, sistemi diffusi di controllo, opere di protezione passiva e infrastrutture con statuto territoriale differente. Esso non costituisce una categoria residuale né un settore incompleto: permette di conservare la funzione specifica di questi elementi e di integrarli nel sistema regionale senza assimilarli a configurazioni più strutturate.

4.1.3 — Geografia della minaccia

La strategia difensiva assume una configurazione concreta solo nel rapporto con uno spazio specifico. Il territorio non costituisce una superficie neutra sulla quale distribuire le opere, ma determina possibilità differenti di attacco, avanzata e risposta in relazione alla propria morfologia e alla posizione degli obiettivi strategici. È da questa interazione che deriva la geografia della minaccia: la costa sarda non si presenta come una linea uniformemente esposta, ma come una successione di ambiti nei quali approdi, direttrici di penetrazione e nodi da proteggere assumono peso diverso e richiedono conseguentemente dispositivi differenti.

La praticabilità dell'approdo costituisce il primo elemento di questa geografia. Spiagge ampie, margini sabbiosi, rade protette, foci e istmi favoriscono l'avvicinamento e lo sbarco, mentre coste alte, promontori rocciosi e tratti difficilmente accessibili riducono le possibilità di un'azione in forza, pur mantenendo esigenze di osservazione e controllo. L'esposizione non dipende tuttavia dalla sola forma del litorale: un punto di approdo acquista particolare rilevanza quando permette di accedere a strade, valli, pianure o altri corridoi capaci di trasferire rapidamente la minaccia dalla costa verso l'interno.

Le direttrici di penetrazione collegano infatti i possibili punti di sbarco agli obiettivi che attribuiscono loro valore strategico. Porti, aeroporti, idroscali, depositi, impianti industriali ed energetici, miniere, infrastrutture ferroviarie, basi militari e sistemi logistici orientano la densità e la profondità della difesa proprio perché costituiscono le destinazioni potenziali dell'avanzata. Il dispositivo viene così calibrato sulla relazione fra accesso e obiettivo: il contrasto ravvicinato dell'approdo può essere seguito da capisaldi arretrati, archi di contenimento e sbarramenti destinati a impedire che il superamento della prima linea si trasformi in una penetrazione territoriale. La morfologia interviene

contemporaneamente come condizione dell'attacco e come risorsa della difesa. Promontori, colli e rilievi retrostanti offrono quote favorevoli all'osservazione, all'artiglieria e al controllo visuale; lagune, stagni, canali e terreni bassi ostacolano o incanalano il movimento; restringimenti, crinali, guadi, ponti e passaggi obbligati selezionano i punti nei quali concentrare interdizione e fuoco. La disposizione delle opere sfrutta quindi attivamente il terreno attraverso orientamento, copertura reciproca (fig. 4), appoggio agli ostacoli naturali e organizzazione di linee successive. Il paesaggio non è lo sfondo del dispositivo: contribuisce a determinare dove la minaccia può manifestarsi e, di conseguenza, dove e come la difesa deve rispondere.

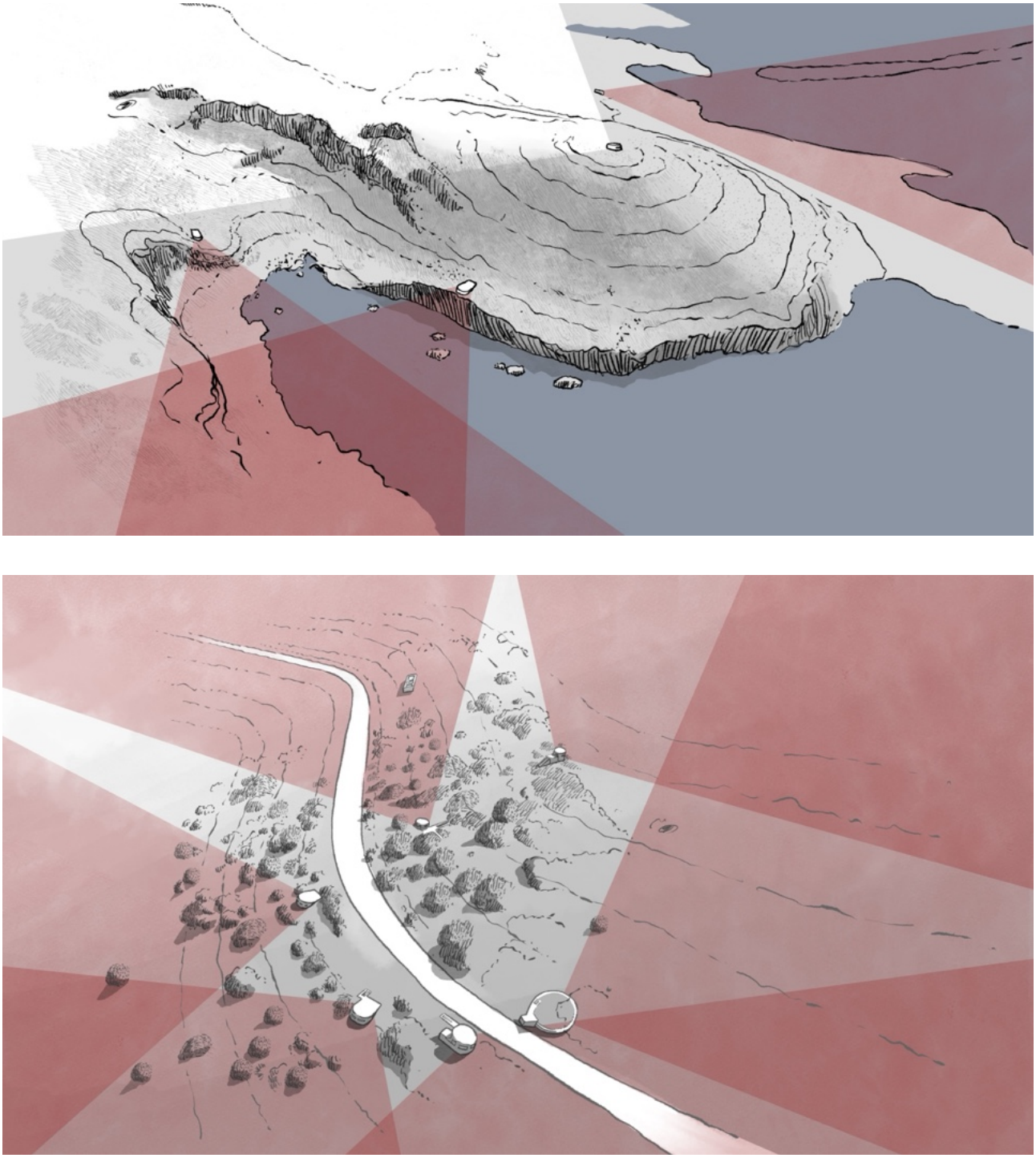


Fig. 4 — In alto: lettura morfologica e strategica del dispositivo difensivo di Cala 'e Moros a nord di Bosa. In basso: lettura morfologica e strategica del caposaldo di sbarramento sulla strada Bosa-Montresta. Disegno ibrido dell'autore.

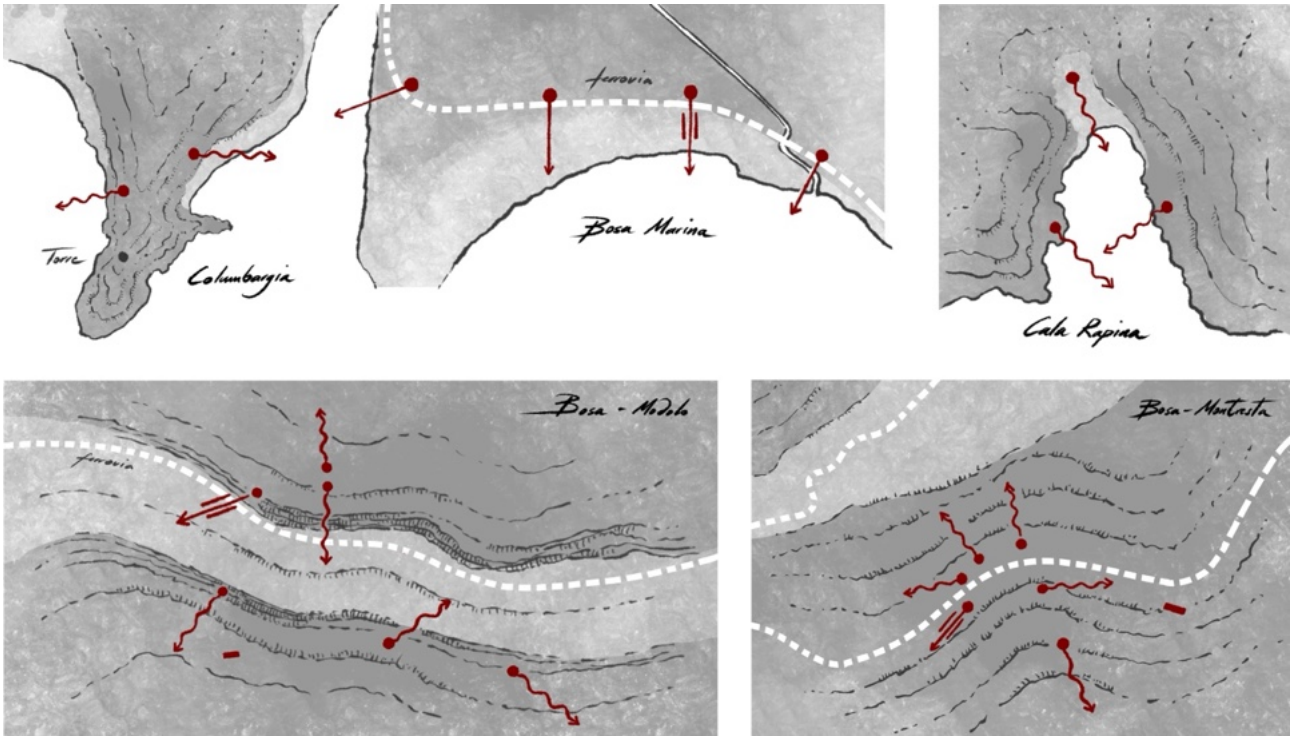


Fig. 5 — Analisi grafica comparativa della logica d'impianto dei raggruppamenti costieri e degli sbarramenti interni progettati in risposta alla geografia della minaccia. Disegni dell'autore.

La geografia della minaccia coincide pertanto con questa relazione fra possibilità di accesso, direttrici di avanzata, morfologia e obiettivi strategici**.** Essa consente di spiegare perché il sistema sardo non produca una fortificazione costiera continua e uniforme, ma configurazioni territoriali differenti (fig. 5): reti più fitte davanti ai litorali maggiormente esposti, archi e sbarramenti lungo le possibili vie di penetrazione, sistemi specialistici in corrispondenza di porti, infrastrutture e nodi militari, batterie e osservatori nei punti dai quali il controllo può essere proiettato sul mare e sul territorio. Definita in questi termini la logica spaziale della minaccia, il confronto regionale può essere condotto sulle diverse forme che essa assume nelle singole aree dell'isola.

4.2 — Sintesi censuaria del sistema difensivo sardo

Definite le unità territoriali e i principi attraverso cui leggere la configurazione regionale, il censimento consente di misurare la consistenza del repertorio e di confrontare sistemi molto differenti per estensione, composizione e rapporto con il territorio. Il passaggio dal singolo manufatto alla scala dell'isola richiede tuttavia di distinguere le unità registrate nella banca dati dagli oggetti fisici cui esse rinviano e di interpretare i valori quantitativi alla luce della diversa granularità raggiunta nei settori. La sintesi censuaria non costituisce pertanto una semplice somma di presenze, ma una verifica delle relazioni fra consistenza, articolazione interna e funzione territoriale dei dispositivi.

La sezione procede in tre passaggi. Il primo chiarisce la consistenza del repertorio e il diverso significato delle quantità impiegate. Il secondo confronta le principali macroaree e ne definisce i profili attraverso configurazione prevalente, obiettivi protetti e relazione fra costa e retroterra. Il terzo classifica i settori in rapporto al grado di articolazione dei loro sottosistemi e distingue tale carattere storico-territoriale dal livello di definizione raggiunto dal censimento.

4.2.1 — Consistenza del repertorio e distribuzione nei sistemi regionali

Alla chiusura del censimento assunto nella ricerca, la banca dati comprende 1.683 registrazioni georeferenziate. Il valore esprime la copertura informativa raggiunta e comprende manufatti singoli, attestazioni documentarie e complessi rappresentati con livelli differenti di scomposizione. Per questa ragione la registrazione georeferenziata costituisce l'unità di organizzazione del censimento, mentre l'oggetto inventariato identifica l'entità fisica o documentaria riconosciuta come autonoma.

La distinzione risulta particolarmente evidente nel Golfo di Cagliari, dove il censimento ha raggiunto il maggiore livello di dettaglio: 346 registrazioni corrispondono a 343 oggetti inventariati, dei quali circa 237 classificati come BKC, ossia opere permanenti in calcestruzzo armato destinate al combattimento (fig. 6). Nei complessi specialistici la relazione può invece essere più articolata, poiché una batteria comprende piazzole, osservatori, centrali di tiro, riservette, ricoveri, gallerie e strutture di servizio che possono essere censite separatamente o come parti dello stesso organismo.

Su scala regionale, il nucleo quantitativamente più consolidato è costituito da circa 1.250 BKC, comprendenti opere conservate, manufatti perduti ma documentati e localizzazioni ricostruibili con sufficiente attendibilità. La distribuzione di questa classe è stata verificata con particolare continuità negli archi di contenimento e nelle principali reti costiere, dove risultano leggibili appartenenze ai capisaldi, relazioni reciproche e direttrici controllate.

Considerando anche batterie, osservatori, ricoveri, tunnel, casermette, postazioni campali, depositi, strutture logistiche, dispositivi antiaerei e opere di protezione passiva, la consistenza complessiva del patrimonio difensivo della Seconda guerra mondiale in Sardegna può essere stimata in almeno 1.800 architetture, strutture e manufatti (Grioni & Carro, 2014; Sanna et al., 2025a). I circa 1.250 BKC rappresentano quindi il nucleo maggiormente verificato del repertorio, mentre la stima complessiva restituisce la più ampia articolazione materiale del sistema difensivo regionale.

La tabella seguente confronta le principali macroaree distinguendo, quando disponibile, registrazioni georeferenziate e oggetti inventariati. Le differenze fra i valori riflettono soprattutto il diverso grado di scomposizione raggiunto nei singoli sistemi e nei complessi specialistici.

Macroarea o sistema territoriale	Registrazioni georeferenziate	Oggetti inventariati	BKC individuate
Golfo di Cagliari	346	343	circa 237
Sardegna sud-occidentale	circa 424	almeno 428	circa 292
Alghero–Porto Ferro	circa 253	circa 253–256	circa 219
Golfo di Oristano	circa 153	circa 153–154	circa 134–135
Porto Torres e sbarramenti nord-occidentali	circa 141	n.d.	almeno 82
Bosa	circa 62	circa 65	circa 48
Golfo Aranci–Olbia	circa 61	circa 63	circa 40
Arcipelago della Maddalena	circa 52	n.d.	n.d.

Tab. 1 — Consistenza indicativa delle principali macroaree e dei sistemi territoriali. Le quantità non sono automaticamente additive a causa della diversa granularità delle registrazioni. Elaborazione dell'autore sulla base del censimento e della banca dati georeferenziata.

La distribuzione restituisce condizioni differenti. Golfo di Cagliari, Sardegna sud-occidentale, Alghero–Porto Ferro e Golfo di Oristano associano consistenza numerica, estensione territoriale e differenziazione funzionale. Bosa e Golfo Aranci–Olbia concentrano invece il dispositivo intorno a poche soglie e a nodi portuali chiaramente riconoscibili. L'Arcipelago della Maddalena rappresenta la condizione specialistica più evidente: il numero ridotto delle BKC contrasta con un sistema esteso di artiglierie, osservazione, difesa antiaerea e supporti. Il quadro complementare raccoglie infine presidi interni, sbarramenti isolati, infrastrutture, protezione passiva e fasce a documentazione più discontinua, che partecipano alla geografia militare dell'isola senza formare necessariamente settori costieri autonomi.

La consistenza inventariale assume pertanto valore soltanto se riferita alla configurazione del sistema. La quantità delimita l'estensione del repertorio; la scomposizione degli oggetti chiarisce la struttura dei complessi; la relazione fra sottosistemi, obiettivi e direttrici permette di riconoscere la funzione territoriale delle diverse concentrazioni difensive.



Fig. 6 — Due screenshot estratti da Google Earth con la localizzazione dei manufatti difensivi. In alto lo sbarramento "Catania" di Ponte Vecchio. In basso: i caposaldi alla pendice sud del colle di San Michele a Cagliari.

4.2.2 — Macroaree, settori e profili territoriali comparati

Il confronto regionale evidenzia configurazioni che non dipendono dalla sola quantità delle opere. Ciascuna macroarea viene qui qualificata attraverso la combinazione prevalente dei sottosistemi, la natura degli obiettivi protetti e il rapporto stabilito fra margine costiero, morfologia e retroterra. Le differenze tipologiche intervengono soltanto quando contribuiscono a definire la forma territoriale del dispositivo; la loro articolazione architettonica e genealogica appartiene all'analisi specifica del Capitolo 6.

Il Golfo di Cagliari costituisce una macroarea multipolare organizzata attorno al principale nodo urbano-portuale, aeroportuale e logistico della Sardegna. Il settore di Cagliari ne forma il nucleo centrale; Quartu Sant'Elena controlla le spiagge e le direttrici dell'ala orientale attraverso una rete costiera associata a un articolato sistema arretrato; Capoterra presidia il margine occidentale, le soglie lagunari e gli accessi meridionali; Pula estende il controllo specialistico sul quadrante marittimo sud-occidentale. La macroarea combina pertanto difesa ravvicinata degli approdi, contenimento controterra, sbarramenti, artiglierie costiere e antiaeree e protezione di infrastrutture differenti, senza coincidere con una linea continua di fortificazione.

La Sardegna sud-occidentale presenta la maggiore estensione e la più marcata eterogeneità. La successione di Fluminimaggiore, Fontanamare, Portoscuso, Santa Caterina, Sant'Antioco–San Pietro, Porto Pino e Teulada mette in relazione approdi, porti, miniere, impianti produttivi, isole e canali marittimi con una rete di sbarramenti interni. Alcuni settori concentrano le opere in prossimità di una spiaggia o di un istmo; altri sviluppano archi di contenimento e nuclei ad alta densità; i sistemi insulari affidano una parte decisiva del controllo a batterie e osservazione. La macroarea non deriva quindi da un unico principio geometrico, ma dalla cooperazione territoriale di dispositivi selettivi, nodali e specialistici distribuiti fra costa e retroterra minerario-industriale.

Alghero–Porto Ferro configura un sistema costiero-territoriale esteso. Le opere presidiano il margine marittimo, gli approdi, le infrastrutture aeroportuali e le principali soglie di accesso verso l'interno, combinando capisaldi, batterie, nuclei costieri e sbarramenti. La continuità funzionale fra Alghero, Fertilia, Porto Conte e Porto Ferro produce una difesa capace di associare controllo del litorale e profondità territoriale. La consistenza delle postazioni semplici e ripetibili riflette l'esigenza di coprire un fronte ampio, mentre le componenti controcarro e gli sbarramenti si concentrano nei passaggi nei quali la morfologia rendeva più controllabile l'avanzata terrestre.

Il Golfo di Oristano riunisce due settori contigui ma configurati secondo logiche differenti. Oristano sviluppa un dispositivo adattivo connesso alle lagune, agli accessi urbani e alle infrastrutture aeroportuali, nel quale la disposizione delle opere risponde alle condizioni locali e alle direzioni di tiro. Arborea traduce invece la struttura ortogonale della bonifica, dei canali e della viabilità poderale in un impianto più regolare, basato sulla reiterazione di postazioni lungo l'arco arretrato e la fascia costiera. La macroarea rende così leggibile, entro uno stesso sistema geografico, la differenza fra composizione territoriale adattiva e disposizione seriale.

Porto Torres costituisce il centro di un dispositivo formato dalla protezione del porto, dal presidio degli accessi costieri e dagli sbarramenti delle direttrici retrostanti. La distribuzione di postazioni essenziali e nuclei di soglia risponde alla necessità di controllare rapidamente vie di penetrazione, collegamenti e passaggi verso l'interno. Gli sbarramenti nord-occidentali ampliano questo profilo oltre il nodo portuale, selezionando istmi, strade e restringimenti nei quali la capacità d'interdizione dipende più dalla posizione relativa delle opere che dalla costruzione di un fronte continuo.

Bosa presenta un sistema autonomo, compatto e selettivamente gerarchizzato. Porto, foce del Temo, abitato e accessi vallivi concentrano obiettivi e direzioni di minaccia; la rete costiera si associa a batterie e sbarramenti interni destinati a controllare il passaggio dal mare al retroterra. La limitata

estensione non corrisponde a una configurazione elementare, ma alla concentrazione delle funzioni difensive su poche soglie territoriali chiaramente riconoscibili.

Golfo Aranci–Olbia assume una struttura bipolare. Golfo Aranci presidia il promontorio, l'istmo, lo scalo esterno e le rotte di avvicinamento; Olbia controlla il bacino interno, il retroporto e le soglie terrestri connesse alla rete delle comunicazioni. I due settori cooperano nella protezione di scali complementari ma sviluppano configurazioni diverse: più raccolta e direttamente esposta al mare quella di Golfo Aranci, più aperta e distribuita lungo rientranze costiere e direttrici interne quella di Olbia.

L'Arcipelago della Maddalena appartiene a un profilo specialistico distinto. La frammentazione insulare determina un sistema policentrico fondato sulla cooperazione fra batterie antinave e antiaeree, osservatori, reti fotoelettriche, ricoveri e infrastrutture di supporto distribuiti sulle isole e sulla costa gallurese prospiciente (Sanna, 1999). Il peso del dispositivo deriva dal controllo degli spazi acquei, dei canali e degli accessi alla piazza marittima, non dalla diffusione di casematte campali. Il caso dimostra con particolare chiarezza che consistenza delle registrazioni, numero delle BKC e articolazione strategica non costituiscono grandezze equivalenti.

Il quadro complementare amplia infine la geografia della difesa oltre le macroaree costiere. Il sistema del Tirso protegge una grande infrastruttura interna attraverso artiglieria, osservazione e difesa antiaerea; altri sbarramenti isolati controllano passaggi e direttrici la cui rilevanza non dipende dalla prossimità al mare. La costa orientale conserva nuclei, posti di osservazione e attestazioni ancora più discontinue, mentre i ricoveri antiaerei documentano l'organizzazione della protezione passiva degli insediamenti. Queste presenze mantengono uno statuto territoriale specifico e non devono essere assimilate artificialmente a settori costieri pienamente strutturati.

I profili regionali possono essere ricondotti, in termini descrittivi, a tre regimi prevalenti. I sistemi nodali concentrano la difesa attorno a porti, città e infrastrutture; i sistemi costiero-territoriali integrano rete del litorale, capisaldi, archi arretrati e sbarramenti; i sistemi specialistici affidano il controllo soprattutto ad artiglieria, osservazione, contraerea e impianti tecnici. Le macroaree combinano frequentemente più regimi, ma il loro diverso peso rende confrontabili strutture molto distanti per dimensione e consistenza senza trasformare tali profili in categorie rigide.

4.2.3 — Grado di articolazione dei sistemi e livello di definizione del censimento

La classificazione adottata nel censimento distingue i settori in rapporto al grado e alla forma di articolazione dei sottosistemi difensivi. Le classi A, B e C non esprimono una gerarchia d'importanza strategica o patrimoniale e non misurano la quantità delle opere, lo stato di conservazione o la completezza della ricerca. Descrivono esclusivamente il modo in cui rete costiera, capisaldi, archi di contenimento, sbarramenti, batterie, osservazione e componenti complementari concorrono alla configurazione storica del dispositivo. Un settore specialistico può pertanto possedere elevata rilevanza strategica e risultare documentato con maggiore precisione di un sistema multilivello.

Nel Golfo di Cagliari la classificazione rende immediatamente leggibile la differenza fra le componenti della macroarea (tab. 2). Cagliari e Quartu Sant'Elena appartengono alla classe A perché associano più livelli difensivi in forma riconoscibile; Capoterra rientra nella classe B per la configurazione coerente ma meno estesa dei suoi sottosistemi; Pula appartiene alla classe C per la prevalenza delle batterie e dei nuclei specialistici rivolti al controllo del quadrante marittimo meridionale. La classe C non identifica dunque un margine secondario, ma una funzione specifica entro il sistema generale del golfo.

Il grado di articolazione deve essere distinto dal livello di definizione del censimento. Le cartografie operative e progettuali del 1941–42 rappresentano spesso i capisaldi mediante simboli sintetici, senza scomporre le postazioni, gli orientamenti e le relazioni interne. Le rilevazioni postbelliche disponibili per il Golfo di Cagliari e per il sistema Oristano–Arborea restituiscono in alcuni casi localizzazioni più analitiche, direttrici di tiro e classi di resistenza, ma non coprono in forma omogenea l'intero territorio regionale. Al di fuori di tali ambiti, la struttura concreta dei raggruppamenti deve essere ricostruita attraverso il confronto fra documentazione, fotografie aeree, ricognizioni e permanenze territoriali.

Classe	Definizione funzionale	Settori
A — Sistema multilivello	Cooperazione riconoscibile fra rete costiera, arco di contenimento o capisaldi, batterie e componenti specialistiche.	Cagliari; Quartu Sant'Elena; Santa Caterina; Portoscuso; Oristano; Arborea; Alghero; Porto Torres.
B — Sistema ad articolazione intermedia	Configurazione coerente costruita attraverso due sottosistemi principali o mediante un dispositivo dominante accompagnato da componenti complementari.	Capoterra; Fontanamare; Bosa; Porto Ferro; Golfo Aranci; Olbia.
C — Sistema specialistico o selettivo	Netta prevalenza di un sottosistema, di una componente specialistica o di un dispositivo concentrato su poche soglie.	Pula; Teulada; Porto Pino; Sant'Antioco–San Pietro; Fluminimaggiore; sbarramenti nord-occidentali; Arcipelago della Maddalena.

Tab. 2 — Classificazione dei settori secondo il grado e la forma di articolazione dei sottosistemi difensivi. La classe non esprime importanza strategica, valore patrimoniale, consistenza quantitativa o stato di conservazione. Elaborazione dell'autore.

La georeferenziazione delle singole opere ha consentito di passare dal segno convenzionale del caposaldo alla distribuzione effettiva dei manufatti, riconoscendone posizione, orientamento, appartenenza e funzione relativa. La disposizione delle feritoie e delle camere armate, le quote, le coperture reciproche e il rapporto con strade, spiagge, lagune, valichi e infrastrutture chiariscono se un raggruppamento fosse destinato al controllo del litorale, alla chiusura di una direttrice o alla difesa contro un aggiramento. Questo risultato costituisce il principale apporto territoriale del censimento e permette di ricomporre sistemi che la documentazione storica rappresenta soltanto in forma aggregata.

Per le BKC, i principali archi di contenimento e le reti costiere delle macroaree maggiori, il censimento ha raggiunto un grado elevato di completezza rispetto agli obiettivi della ricerca. Risultano stabilizzate la posizione dei maggiori raggruppamenti, la distribuzione delle opere e le relazioni con le direttrici controllate. Nuove localizzazioni potranno colmare lacune puntuali o precisare la consistenza di singoli nuclei, senza modificare necessariamente la configurazione generale già riconosciuta. Il campione regionale consente inoltre di individuare le principali famiglie costruttive e di valutarne la distribuzione; la loro articolazione tipologica e genealogica è sviluppata nel Capitolo 6.

La copertura rimane più diseguale per posti di osservazione costiera, ricoveri tubolari, protezione passiva, strutture logistiche minori e complessi specialistici ancora registrati in forma aggregata. L'eventuale incremento delle unità inventariali potrà derivare sia da nuove localizzazioni sia dalla scomposizione analitica di sistemi già noti. Tale condizione non indebolisce il quadro regionale, ma chiarisce il diverso statuto dei valori quantitativi: il nucleo delle BKC è ormai sufficientemente consolidato, mentre la stima complessiva di almeno 1.800 strutture mantiene una funzione di ordine di grandezza aperto a ulteriori verifiche.
Definito il quadro censuario regionale, l'analisi procede alla macroarea del Golfo di Cagliari, articolata nei settori di Cagliari, Quartu Sant'Elena, Capoterra e Pula.

4.3 — Cagliari: nodo strategico e settore centrale del Golfo di Cagliari

Il passaggio dalla sintesi regionale alla macroarea del Golfo di Cagliari richiede di assumere Cagliari secondo una duplice prospettiva. Alla scala del golfo, la concentrazione del principale nodo urbano-portuale, aeroportuale e logistico della Sardegna spiega la costruzione di un dispositivo esteso sulle ali orientale e occidentale e sul quadrante sud-occidentale. Alla scala del settore, la stessa centralità si traduce in un organismo costiero-urbano nel quale difesa del porto, fronte terrestre, sbarramenti, batterie e presidi specialistici rispondono a funzioni differenti ma riconducibili alla protezione di un unico sistema di obiettivi.

La sezione distingue pertanto due livelli. La prima sottosezione ricostruisce le ragioni per cui Cagliari genera la geometria difensiva della macroarea e introduce le funzioni attribuite ai sistemi difensivi di Quartu Sant'Elena, Capoterra e Pula. Le tre sottosezioni successive riguardano esclusivamente il settore cagliaritano: ne definiscono la struttura interna, verificano la consistenza del patrimonio architettonico militare della Seconda guerra mondiale attraverso il confronto fra progetto, censimento postbellico, aerofotografie e ricognizione, e individuano le ricorrenze tipologiche e le strategie di mascheramento che ne qualificano il carattere architettonico.

4.3.1 — Cagliari come fulcro del sistema difensivo del Golfo

Nel quadro regionale delineato dal censimento, il Golfo di Cagliari si distingue per la convergenza, entro uno stesso campo territoriale, di funzioni urbane, portuali, aeronautiche, logistiche e militari. Cagliari ne costituisce il centro strategico (fig. 7): non soltanto in quanto capoluogo e principale città dell'isola, ma perché il suo porto, le connessioni ferroviarie e stradali, gli aeroporti, l'idroscalo, i depositi e gli apparati di supporto formavano un nodo essenziale per la mobilità, il rifornimento e il controllo del quadrante meridionale. La densità della difesa non deriva quindi dal valore simbolico della città né dalla sola estensione dell'abitato, ma dalla sovrapposizione di obiettivi la cui perdita avrebbe compromesso il funzionamento di un sistema territoriale più ampio.

Il porto rappresentava il nucleo immediato di questa concentrazione. Agli imbocchi, ai moli e alle aree operative si collegavano il fronte urbano, la ferrovia, i canali, i margini di Santa Gilla e le direttrici rivolte verso il Campidano. La sua protezione non poteva pertanto essere risolta mediante il solo controllo dello specchio d'acqua: richiedeva di presidiare gli accessi marittimi, i passaggi fra laguna e città, le vie di collegamento con il retroterra e gli impianti che garantivano continuità alla macchina logistica. Il porto va così letto come il centro di una rete di relazioni, non come un obiettivo isolato sul margine costiero.

A questa funzione si associava il sistema aeronautico. L'aeroporto di Elmas e l'idroscalo di Elmas-See ampliavano il nodo verso lo spazio aereo e lagunare; il campo di Monserrato e, alla scala territoriale più estesa, le infrastrutture di Decimomannu rafforzavano il rapporto fra Cagliari e la pianura retrostante. Depositi di carburante, magazzini, stazioni di pompaggio, aree di servizio e collegamenti viari e ferroviari costituivano la struttura di supporto di questo apparato. Il settore cagliaritano non comprende materialmente tutti i sopracitati elementi, ma ne proteggeva le principali soglie di accesso e partecipava alla difesa del sistema infrastrutturale gravitante sul capoluogo. Alla protezione attiva del nodo si affiancava inoltre il sistema della protezione antiaerea passiva, articolato attraverso ricoveri, cavità e strutture destinate alla protezione della popolazione e delle funzioni urbane durante gli attacchi aerei (Rassu, 2013).

La configurazione morfologica del golfo trasformava questa concentrazione di obiettivi in un problema difensivo articolato. Il fronte centrale, densamente urbanizzato e occupato dal porto, era delimitato da due grandi sistemi lagunari: Santa Gilla a occidente e Molentargius a oriente. Canali, argini, bonifiche e terreni bassi costituivano ostacoli al movimento ma, allo stesso tempo, selezionavano

attraversamenti e passaggi obbligati. I colli di San Michele, Tuvixeddu e Monte Urpinu e il promontorio Sant'Elia-Calamosca offrivano invece quote favorevoli all'osservazione, all'artiglieria e alla protezione degli obiettivi sensibili. Questi elementi non formavano uno sfondo passivo, ma una struttura capace di orientare posizione e funzione dei diversi rami difensivi.

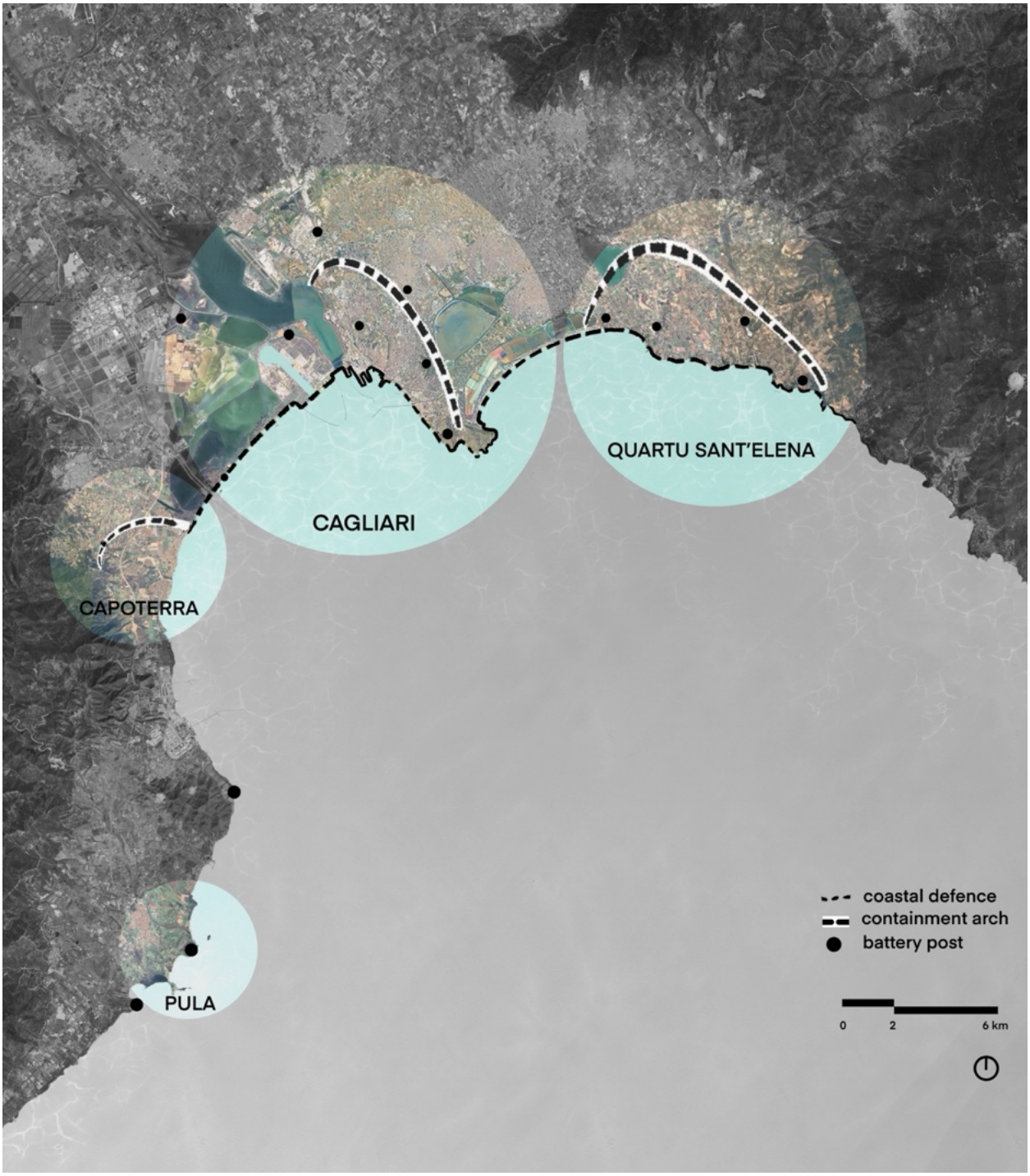


Fig. 7 — Inquadramento del Golfo di Cagliari e dei quattro settori difensivi che ne compongono la struttura territoriale: Quartu Sant'Elena, Cagliari, Capoterra e Pula.

Le aree maggiormente praticabili per uno sbarco in forza si disponevano soprattutto lungo le ali del golfo: il sistema del Poetto e delle spiagge quartesi a oriente, il margine di Capoterra e la costa occidentale a sud-ovest. Un eventuale superamento della prima difesa avrebbe aperto direttrici di penetrazione verso la città, il porto e le infrastrutture aeroportuali. Da questa condizione deriva la geometria della macroarea. Quartu Sant'Elena presidia l'ala orientale e le vie che dal litorale conducono verso il margine urbano; Capoterra controlla l'ala occidentale, le soglie di Santa Gilla e gli accessi meridionali; l'arco controterra di Cagliari protegge il nodo da una progressione proveniente dai margini e dalla possibilità di aggiramento delle difese costiere.

Il controllo terrestre non esauriva tuttavia le esigenze del sistema. Le batterie costiere estendevano l'azione sullo specchio d'acqua e sulle rotte di avvicinamento, mentre le batterie contraeree proteggevano porto, aeroporti, depositi e aree urbane dalla minaccia proveniente dall'alto. Le postazioni del settore centrale si inserivano in un dispositivo più ampio, disposto sui rilievi e sui promontori del golfo. Pula ne prolungava il margine sud-occidentale attraverso batterie e nuclei specialistici che, pur senza costituire un settore simmetrico a Cagliari o Quartu, completavano il controllo del quadrante marittimo occidentale. La differente struttura dei quattro settori risponde dunque alla distribuzione delle vulnerabilità e degli obiettivi, non a una ripartizione amministrativa della costa.

Come ricostruito da Grioni e Carro (2014), il fronte terrestre di Cagliari rientrava nel terzo lotto del *Piano di esecuzione dei lavori di carattere permanente* del 19 giugno 1942, con ultimazione prevista entro il 28 febbraio 1943; dal 18 gennaio 1943 risultavano inoltre avviati i lavori del fossato anticarro. La cronologia evidenzia una fortificazione impostata quando la pressione sul nodo cagliaritano richiedeva di associare alle difese aeronavali già esistenti un dispositivo terrestre più profondo, capace di contenere una minaccia proveniente dalle ali costiere o dal retroterra.

Cagliari genera quindi la forma del sistema del Golfo di Cagliari perché concentra le funzioni da proteggere e, simultaneamente, le principali connessioni fra mare, cielo, città e pianura interna. Le ali di Quartu e Capoterra, l'arco controterra, il sistema delle batterie e l'estensione specialistica di Pula costituiscono risposte differenziate a questa centralità. Definita la logica della macroarea, l'analisi può restringersi al settore cagliaritano e alla struttura attraverso cui esso protegge direttamente il nodo urbano-portuale.

4.3.2 — Struttura del dispositivo difensivo (CAG)

La struttura del settore difensivo di Cagliari (fig. 8) deriva dalla sovrapposizione di cinque componenti: difesa portuale e rete costiera urbana, arco di contenimento del fronte terrestre, sbarramenti delle cerniere occidentali, batterie costiere e contraeree, presidi dei depositi e degli impianti sensibili. Ciascuna componente possiede una propria distribuzione e una diversa consistenza, ma tutte rispondono alla protezione del medesimo nodo e ne controllano accessi, margini, profondità e infrastrutture interne (tab. 3).

La difesa del porto costituisce il livello più prossimo al fronte marittimo. Il sottosistema si sviluppava fra Marina Piccola e Ponte Sa Scaffa, adattandosi agli imbocchi, ai moli, alle foci dei canali e ai margini operativi della città. Le opere non presidiavano una costa genericamente vulnerabile, ma i punti nei quali il mare entrava direttamente in relazione con il porto, la rete ferroviaria, i depositi e il tessuto urbano. La trasformazione dei moli, di Sant'Elia, di Su Siccu e delle aree portuali occidentali ha fortemente ridotto la continuità materiale di questo ramo, la cui funzione resta tuttavia ricostruibile attraverso la documentazione storica e le localizzazioni censite.

Il ramo quantitativamente dominante era l'arco di contenimento controterra. Dal margine dello stagno di Elmas il sistema attraversava le soglie settentrionali della città, si appoggiava ai rilievi di San Michele

e proseguiva verso Molentargius e il Poetto. La disposizione delle opere era prevalentemente orientata verso nord, nord-est e nord-ovest, in rapporto con le direttrici provenienti dal Campidano, da Pirri e da Monserrato; soltanto nel tratto terminale orientale l'arco tornava a rivolgersi più nettamente verso il mare. La sua funzione non era quella di duplicare la difesa costiera, ma di contenere una penetrazione già avvenuta e impedire che il nodo urbano-portuale fosse raggiunto o aggirato dalle ali del golfo.

Gli sbarramenti di Sa Scaffa, denominato "Vittoria", e di Ponte Vecchio, denominato "Catania", controllavano due passaggi nei quali canali, margini lagunari, bonifiche e viabilità concentravano le possibilità di attraversamento. La loro consistenza numerica era limitata, ma la posizione attribuiva loro un valore territoriale elevato. Sa Scaffa serrava la soglia fra porto, Giorgino e margine occidentale della città; Ponte Vecchio controllava la direttrice della strada statale 195 presso l'idrovora di Conti Vecchi. I due nuclei operavano come cerniere fra il settore cagliaritano e quello di Capoterra.

Le batterie costiere e contraeree introducevano nel dispositivo una componente specialistica distinta dalle casematte del fronte terrestre. Il sistema di Calamosca–Cala Fighera, con la batteria C.135, e le installazioni di Prunas, Monte Urpinu e Tuvixeddu sfruttavano promontori e colli come piattaforme per osservazione, tiro e comunicazioni. Gli impianti permanenti erano costituiti da organismi articolati, nei quali alle postazioni dei pezzi si associavano strutture di osservazione e direzione del tiro, gallerie, ricoveri, depositi, stazioni fotoelettriche e altri locali di servizio. A questi si affiancavano batterie campali, formate da pezzi e apparati mobili o temporanei, privi di un analogo corredo architettonico stabile e per questo oggi molto meno riconoscibili, quando non del tutto scomparsi. Questo ramo estendeva la difesa agli accessi marittimi e allo spazio aereo e, contemporaneamente, proteggeva porto, città, depositi e principali retrovie infrastrutturali.

Componente	Consistenza documentata	Funzione territoriale	Relazione con il nodo
Arco controterra	90 opere previste; 81 censite nel 1948 in 19 capisaldi	Contenimento delle penetrazioni e controllo delle direttrici interne	Protezione da aggiramento e attacco proveniente dal retroterra
Difesa portuale e costiera	18 opere riconosciute nel censimento del 1948	Presidio di imbocchi, moli, canali e margini operativi	Protezione immediata della città-porto
Sbarramenti	6 opere riferite ai nuclei Vittoria e Catania	Chiusura dei passaggi viari e delle soglie lagunari occidentali	Cerniera fra Cagliari e Capoterra
Batterie e difese specialistiche	8 batterie strutturate nel 1948; apparato storico più esteso	Controllo dello spazio marittimo e aereo	Copertura di porto, città, aeroporti e retrovie sensibili
Presidi dei depositi	5 registrazioni nel censimento della tesi, inclusi 2 bunker-deposito	Protezione di carburanti, stoccaggi e impianti di supporto	Difesa interna della macchina logistica

Tab. 3 — Componenti principali del dispositivo difensivo del settore di Cagliari. Elaborazione dell'autore.

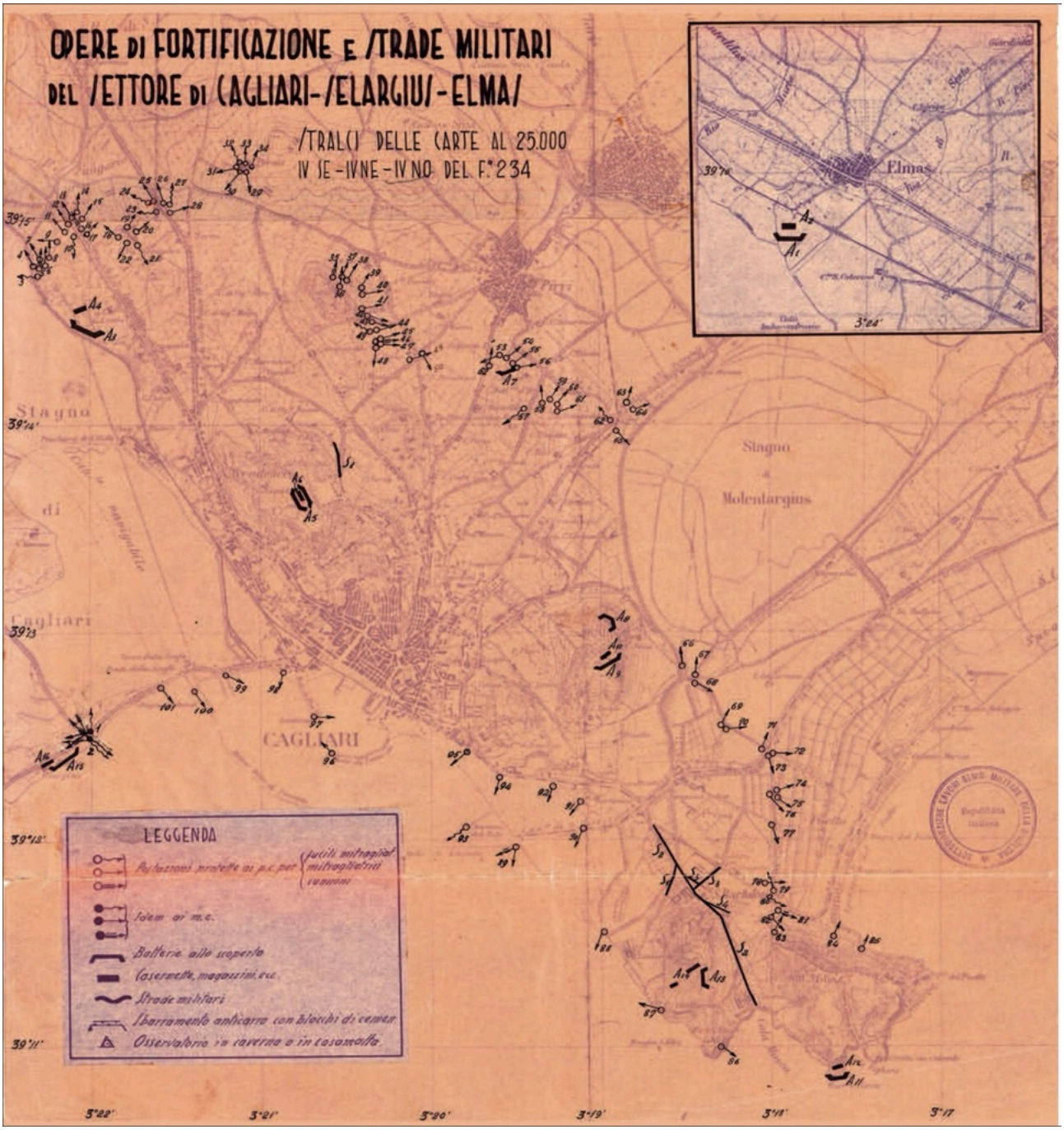


Fig. 8 — Carta IGM del censimento postbellico del 1948 relativa al settore di Cagliari: arco di contenimento, rete difensiva costiera e opere associate. Archivio AUSSME, Roma.

I presidi dei depositi rendono infine leggibile la profondità logistica del settore. Garitte e postazioni proteggevano serbatoi, aree di stoccaggio, stazioni di pompaggio e impianti necessari al funzionamento del nodo. Particolare rilievo assumono i due bunker-deposito di Monte Mixi, costruiti in calcestruzzo armato su due livelli e dotati di postazioni contraeree in copertura. La compresenza, entro lo stesso organismo, delle funzioni di deposito e combattimento li distingue dalle casematte ordinarie e documenta una forma di fortificazione direttamente integrata con l'infrastruttura da proteggere.

La struttura del settore risulta pertanto gerarchizzata. L'arco controterra ne definisce la profondità e costituisce il ramo più esteso; la difesa portuale controlla il margine operativo verso il mare; gli sbarramenti chiudono i passaggi occidentali; le batterie assicurano controllo aeronavale e protezione specialistica; i presidi dei depositi difendono il funzionamento interno del nodo. La forma complessiva non coincide quindi con la semplice somma delle opere, ma con la relazione fra rami dotati di peso quantitativo e funzioni territoriali differenti.

4.3.3 — Consistenza censuaria (CAG)

La consistenza storica del settore non può essere dedotta dalla sola distribuzione delle opere oggi visibili. Espansione urbana, cave, nuove infrastrutture, trasformazioni portuali, riporti di terra e ridefinizione dei margini lagunari hanno cancellato o alterato parti estese del dispositivo. La ricostruzione richiede pertanto di correlare fonti prodotte in momenti e con finalità differenti, distinguendo ciò che fu previsto, ciò che risultava utilizzabile durante il cantiere, ciò che venne registrato nel dopoguerra e ciò che le ricognizioni e la banca dati della ricerca permettono oggi di localizzare o documentare.

Come ricostruito da Grioni e Carro (2014, p. 107), il primo livello documentario restituisce il quadro progettuale ed esecutivo del 1942–43. Per il fronte terrestre di Cagliari risultavano previste 90 costruzioni in calcestruzzo, articolate in 19 capisaldi; al 24 febbraio 1943, a pochi giorni dalla scadenza programmata del lotto, 32 erano indicate come utilizzabili. Il dato misura lo stato di avanzamento del cantiere in quella specifica fase e non la consistenza finale delle opere effettivamente realizzate. Una ricognizione condotta nel 2001 registrava ancora 32 manufatti integralmente o parzialmente esistenti e stimava in circa 80 le postazioni complessivamente eseguite. La coincidenza numerica fra le 32 opere utilizzabili nel febbraio 1943 e le 32 permanenze riconosciute nel 2001 è pertanto soltanto apparente: i due valori si riferiscono a momenti, condizioni e criteri di osservazione differenti.

Il censimento postbellico del 1948 (Genio Militare, 1948; fig. 8) introduce un secondo livello, più vicino alla consistenza effettivamente riconosciuta dopo il conflitto. La documentazione registra 81 postazioni dell'arco, ripartite nei 19 capisaldi, 18 opere della difesa portuale e costiera, 6 postazioni appartenenti ai due sbarramenti e 8 batterie strutturate. I valori non compongono un inventario esaustivo di ogni manufatto: trincee, piccole garitte, opere campali, supporti logistici e alcune componenti delle batterie non venivano registrati con la stessa sistematicità. Il censimento del 1948 rimane tuttavia la base più solida per confrontare la previsione con la configurazione attuale (fig. 9).

Le aerofotografie storiche (fig. 10) consentono di controllare questa struttura nei tratti successivamente trasformati. La loro funzione è particolarmente rilevante per il fronte terrestre di Pirri e per le aree nelle quali nuove strade, cave, insediamenti e interventi portuali hanno eliminato i riferimenti originari. Le immagini non sostituiscono il progetto o il censimento postbellico, ma permettono di verificare posizioni, relazioni e permanenze intermedie, riducendo l'incertezza nei casi in cui il manufatto non sia più riconoscibile sul terreno.

Nel settore sono presenti 168 manufatti difensivi georeferenziati. La leggibilità risulta fortemente polarizzata. I sistemi dello stagno di Elmas, di San Michele e di Molentargius conservano nuclei nei quali appartenenza ai capisaldi, orientamento e rapporto con la morfologia sono ancora riconoscibili; nel tessuto urbano centrale, lungo alcuni assi viari e in ampie parti del fronte portuale prevalgono invece inglobamenti, frammenti o perdite complete. Gli sbarramenti presentano condizioni opposte: Il caposaldo di sbarramento di Sa Scaffa è perduto, mentre quello di Ponte Vecchio conserva una parte significativa del proprio impianto. Le batterie e i presidi logistici alternano strutture leggibili a tracce e attestazioni che richiedono il sostegno delle fonti documentarie.

Nel caso di Cagliari, la perdita materiale non coincide con una perdita equivalente di conoscibilità. Il progetto definisce l'intenzione e la scala dell'approntamento; il censimento del 1948 documenta la consistenza allora riconosciuta; le aerofotografie verificano configurazioni successivamente cancellate; ricognizione e banca dati ricompongono i dati secondo statuti espliciti.

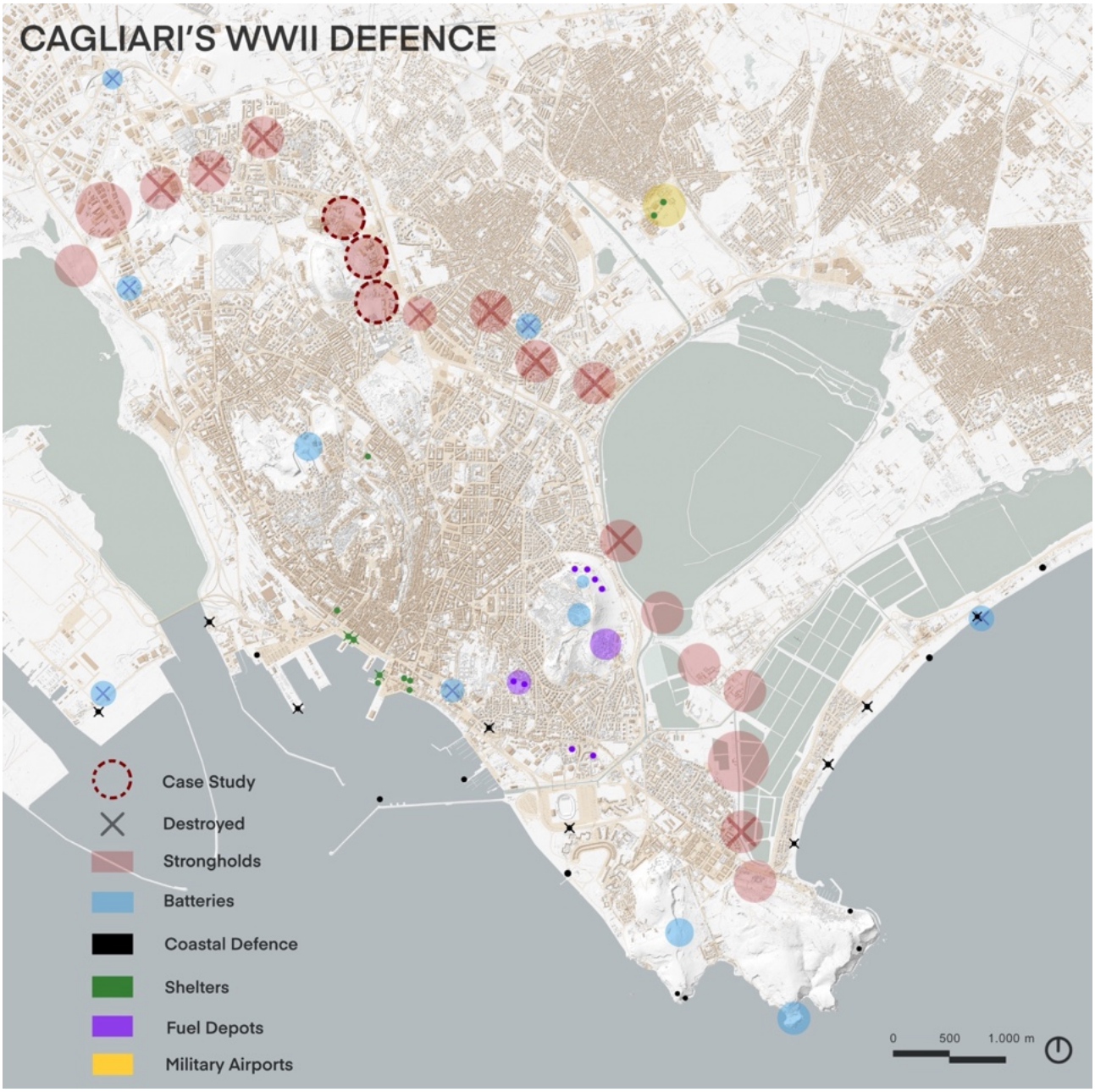


Fig. 9 — Restituzione GIS dello stato attuale del settore di Cagliari: localizzazione delle opere presenti, distrutte e delle principali tipologie specialistiche del sistema difensivo.



Fig. 10 — Inquadramento di postazioni difensive del caposaldo 1 di Cagliari su aerofotografia storica. https://www.comune.cagliari.it/portale/page/it/immagini_aeree_non_ortorettificate_anno_1963?contentId=DOC103170I. Elaborazione grafica dell'autore.

4.3.4 — Ricorrenze tipologiche, mascheramento e caratteri del settore (CAG)

La varietà funzionale del settore non corrisponde a una pari dispersione delle famiglie architettoniche. Fra i 117 BKC compresi nel censimento della tesi, 90 appartengono alla famiglia della monoarma circolare: 72 sono comprese nell'arco controterra e 18 nella difesa portuale e costiera. La postazione monoarma costituisce quindi la grammatica dominante del settore, coerente con un cantiere accelerato e con la necessità di distribuire numerose cellule armate lungo un fronte esteso. La ripetizione del principio non produce tuttavia uniformità assoluta (fig. 11): orientamento, quota, rapporto con il suolo e configurazione degli accessi variano in funzione delle direttrici controllate e delle condizioni locali.



Fig. 11 — Collage fotografico di alcuni bunker da combattimento nel settore di Cagliari. Fotografie dell'autore.

Entro questa dominante si inseriscono componenti minoritarie ma funzionalmente rilevanti. Le opere poliarma si concentrano soprattutto nei due sbarramenti, dove il controllo dei passaggi obbligati permetteva la canalizzazione del tiro; postazioni controcarro, barbette con ricovero e Tobruk qualificano punti selettivi dell'arco di contenimento. Osservatori, piazzole d'artiglieria, gallerie, stazioni fotoelettriche e casermette appartengono invece al ramo delle batterie, mentre i presidi dei depositi e i bunker-deposito di Monte Mixi costituiscono una famiglia specialistica direttamente legata alla protezione logistica. Queste eccezioni non annullano la prevalenza monoarma, ma mostrano come una base relativamente seriale fosse integrata da dispositivi calibrati su funzioni specifiche.

Il mascheramento costituisce uno dei principali caratteri trasversali del settore. La forma circolare e la massa emergente delle casematte monoarma dovevano essere dissimulate nei paesaggi urbani, periurbani, lagunari e infrastrutturali in cui le opere erano inserite. Teli, coloriture, cannicciati, terra, pietrame e schermature leggere intervenivano sull'aspetto esterno; in altri casi il mascheramento assumeva una dimensione propriamente architettonica, mediante muri, volumi accessori o costruzioni capaci di ricondurre il bunker al lessico ordinario di depositi, serbatoi, recinti e piccoli edifici di servizio. La perdita degli elementi deperibili rende oggi più evidenti le strutture coriacee in calcestruzzo armato.

I nuclei di Molentargius e del Canale Pala Montis documentano con particolare chiarezza questa strategia. Nei capisaldi 15 e 16 alcune postazioni furono ricondotte all'immagine di una torre idrica, di un serbatoio o di una costruzione di servizio coerente con il paesaggio industriale delle saline. Nel caposaldo 17 una casa occultava due casematte collegate, trasformando l'edificio civile apparente in involucro di un organismo difensivo. Il valore di questi esempi non risiede nell'eccezionalità isolata dei singoli manufatti, ma nella capacità di mostrare come la dissimulazione potesse modificare la relazione fra tipologia militare e paesaggio costruito.

4.4 — Quartu Sant'Elena: ala orientale del Golfo di Cagliari

Definita la centralità di Cagliari nella formazione del sistema difensivo del Golfo di Cagliari, l'analisi può estendersi alla sua ala orientale. Quartu Sant'Elena non costituisce una semplice prosecuzione del settore cagliaritano, ma un organismo territoriale costruito in rapporto alla vulnerabilità delle spiagge, alla profondità della pianura costiera e alle direttrici che dal litorale conducevano verso l'interno. La sua funzione deriva dunque dalla posizione occupata nel golfo, mentre la forma concreta del dispositivo dipende dalle specifiche condizioni morfologiche e insediative del territorio quartese (Carro & Grioni, 2001; Aresu et al., 2009; Picciau, 2017).

La sezione procede attraverso quattro livelli. Il primo ricostruisce la struttura territoriale e la formazione storico-operativa del settore; il secondo distingue rete difensiva costiera, arco di contenimento, batterie e componenti complementari; il terzo verifica la consistenza del censimento e gli scarti fra documentazione, registrazione georeferenziata e ricognizione; il quarto individua le ricorrenze tipologiche e le strategie di mascheramento che qualificano il settore. La lettura rimane pertanto alla scala del sistema e assume soltanto pochi casi come esempi qualitativi, rinviando all'Atlante la sequenza analitica dei capisaldi e al quadro tipologico l'esame comparato delle famiglie architettoniche.

4.4.1 — Struttura territoriale e quadro storico-operativo (QSE)

Quartu Sant'Elena presidia il margine orientale del Golfo di Cagliari, nel punto in cui la continuità del litorale e l'apertura del retroterra rendevano possibile associare allo sbarco una rapida progressione verso l'interno. Il settore non proteggeva quindi un obiettivo puntuale equivalente al porto di Cagliari, ma contrastava l'accesso a un campo territoriale più ampio: spiagge, stagni, rotabili, spazi agricoli e rilievi bassi costituivano una successione di soglie attraverso le quali una forza sbarcata avrebbe potuto

raggiungere i margini orientali del nodo urbano. La difesa quartese deve essere interpretata a partire da questa funzione di ala e non come sequenza autonoma di fortificazioni distribuite lungo la costa.

Il tratto compreso fra l'estremità orientale del Poetto, il litorale di Quartu, Flumini, Sant'Andrea, Capitana e Cala Regina presenta condizioni differenti, ma conserva per ampi segmenti un margine basso e accessibile. La spiaggia e le aree immediatamente retrostanti offrivano spazi praticabili per l'approdo, mentre stagni, canali e zone umide, pur ostacolando il movimento, concentravano gli attraversamenti e selezionavano le direttrici utilizzabili. Il fronte mare non poteva pertanto essere protetto mediante una linea uniforme: richiedeva presidi ravvicinati nei punti di possibile sbarco e una seconda organizzazione capace di intercettare le penetrazioni oltre la battigia.

La profondità del settore (fig. 12) si definisce soprattutto nel rapporto fra il litorale e la fascia interna. Dal sistema costiero le direttrici si sviluppavano verso Flumini, Riu Corongiu, Simbirizzi e Pitz'e Serra, intersecando la strada statale 125 e la rete delle vie rurali. Rilievi isolati, corsi d'acqua, guadi, margini agricoli e passaggi infrastrutturali offrivano punti favorevoli all'osservazione e al controllo del movimento. L'arco quartese non riproduce quindi la linea della costa a una distanza costante, ma si adatta alle soglie attraverso le quali lo spazio aperto del litorale si connetteva con il retroterra e con le vie rivolte verso Cagliari.

Il quadro storico-operativo conferma la progressiva definizione di questa struttura. Il tratto dipese inizialmente dal dispositivo costiero del 126° Reggimento di fanteria; il 1° maggio 1942 venne costituito il settore della XIII Brigata e, nel corso dell'anno successivo, la difesa dell'ala orientale fu ricondotta al sistema coordinato dal Comando Difesa Porto di Cagliari, istituito il 27 giugno 1943. Alla fine di agosto il settore risultava esteso da Torre Fenugu inclusa a Torre del Poetto esclusa. La delimitazione militare non coincideva con quella amministrativa, ma seguiva la continuità operativa del litorale e delle direttrici che ne organizzavano la difesa.



Fig. 12 — Carta IGM del censimento postbellico del 1948 relativa al settore di Quartu Sant'Elena: arco di contenimento, rete difensiva costiera e opere associate. Archivio AUSSME, Roma.

Lo schieramento comprendeva fanteria costiera, compagnie mitraglieri, artiglierie da posizione e presidi specialistici distribuiti fra la spiaggia, i gruppi di capisaldi e i nodi di osservazione. Nell'estate del 1943 vi rientrava anche il 902° Battaglione tedesco da fortezza, affiancato ai reparti italiani nel controllo di una parte del margine orientale. La presenza di unità differenti non richiede in questa sede la ricostruzione dell'intero ordine di battaglia; indica piuttosto che la difesa non era affidata alle sole opere permanenti, ma a un dispositivo nel quale personale, armamenti, postazioni campali e infrastrutture fortificate operavano secondo livelli complementari.

La costruzione del settore conserva due temporalità principali. Una prima fase è riconoscibile nei nuclei fissi della spiaggia, nei posti di osservazione e negli appostamenti disposti lungo il litorale e le rotabili, espressione di un presidio ravvicinato e relativamente precoce. Fra il 1942 e il 1943 il dispositivo venne irrobustito attraverso l'arco permanente dei capisaldi, con una forte incidenza delle opere poliarma, sistemi di collegamento, ostacoli e componenti campali associate. Le batterie costiere e contraeree rispondevano invece a una logica specialistica propria, in parte precedente e progressivamente integrata con il rafforzamento del fronte terrestre.

L'esito non fu una linea continua, ma una difesa organizzata a profondità successive. Presidio del litorale, contenimento arretrato e controllo specialistico dello spazio marittimo rispondevano a momenti diversi della minaccia e alle caratteristiche dei luoghi nei quali erano collocati. Stabilite le ragioni territoriali e la formazione del settore, è quindi necessario distinguerne le componenti, evitando di attribuire all'arco la consistenza dell'intero sistema quartese.

4.4.2 — Rete costiera, arco di contenimento, batterie e quadro complementare (QSE)

Il dispositivo difensivo di Quartu Sant'Elena (fig. 13) può essere ricondotto a tre componenti principali: la rete difensiva costiera, l'arco di contenimento e il sistema delle batterie e dell'osservazione specialistica. A esse si associa un quadro complementare formato da postazioni campali, trinceramenti, ostacoli, osservatori ed elementi non riconducibili a una sequenza regolare. Questa articolazione non esprime quattro rami equivalenti: le prime tre componenti possiedono una propria continuità funzionale e territoriale, mentre il quadro complementare attraversa il settore e rende leggibili adattamenti, raccordi e fasi intermedie dell'approntamento.

La rete costiera costituisce il livello direttamente rivolto verso il mare. Le opere erano distribuite lungo il Poetto e il litorale quartese, proseguendo verso Flumini, Sant'Andrea, Capitana, Cala Regina e Carcangiolas, in rapporto con spiagge, torri, approdi e passaggi fra costa e retroterra. La loro funzione era individuare e contrastare lo sbarco nella fase iniziale, sorvegliare la battigia e controllare gli accessi immediati dalle aree sabbiose. Il sottosistema assume pertanto una configurazione lineare ma discontinua, determinata dalla diversa praticabilità dei tratti costieri e dalla trasformazione delle soglie naturali e infrastrutturali. La documentazione attesta almeno sette, più probabilmente otto nuclei fissi della spiaggia. Il numero non esaurisce tuttavia la rete costiera, che comprendeva anche postazioni monoarma, punti di osservazione, opere isolate e dispositivi connessi agli accessi dal mare. I nuclei fissi rappresentano la struttura storicamente più riconoscibile della prima linea, ma non devono essere assunti come sinonimo dell'intero ramo. La rete era infatti costruita attraverso una costellazione di presenze con consistenza, funzione e grado di permanenza differenti, oggi ulteriormente frammentata dall'urbanizzazione del litorale, dall'erosione e dall'insabbiamento.

L'arco di contenimento costituisce la componente territorialmente più estesa. I capisaldi erano arretrati rispetto alla battigia e disposti in relazione a rilievi, corsi d'acqua, guadi, margini agricoli e assi viari. La loro funzione non era duplicare la difesa costiera, ma rallentare, incanalare e arrestare una progressione che avesse superato la prima linea. Per questo l'arco assume una geometria irregolare: la posizione delle opere dipende dai campi di osservazione e di tiro, dalle possibilità di attraversamento e dalla necessità di controllare più direzioni attraverso la cooperazione interna ai singoli raggruppamenti.

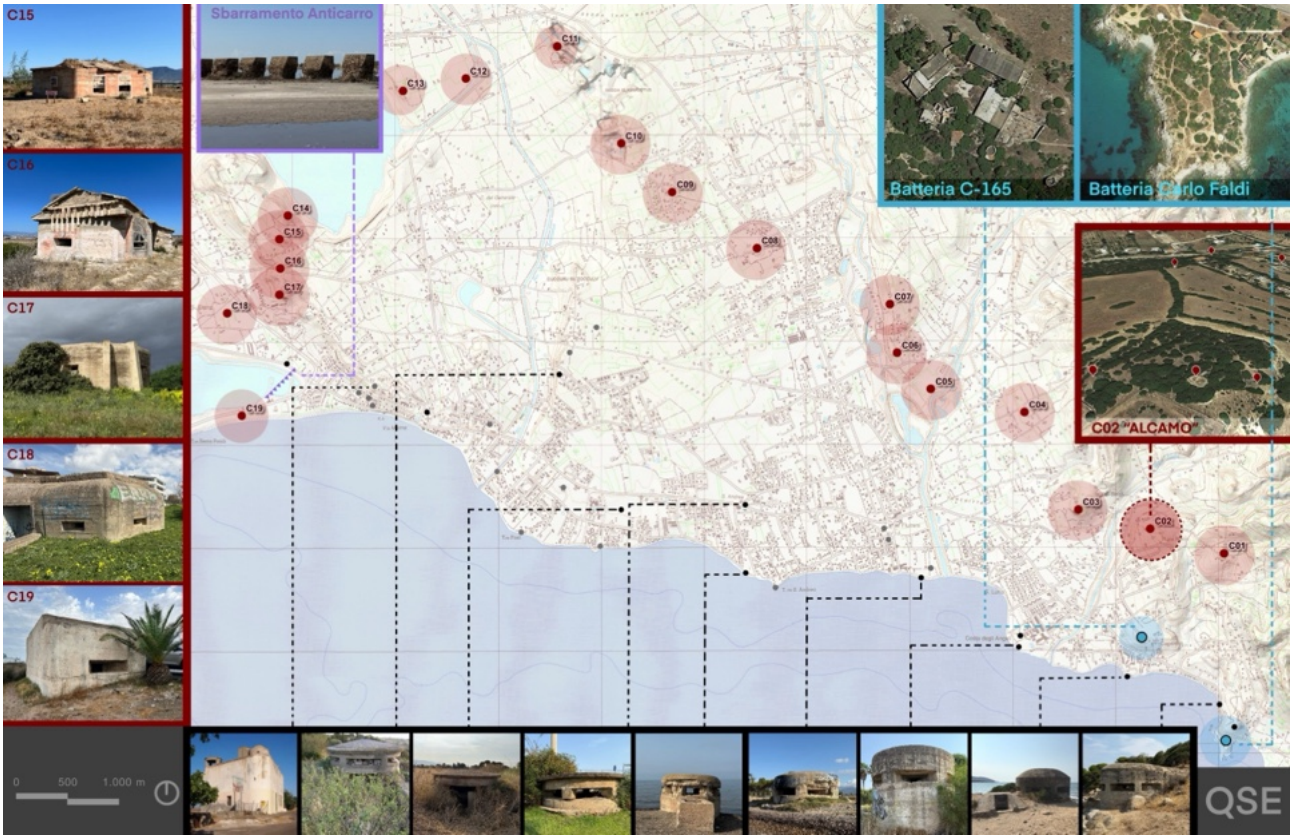


Fig. 13 — Restituzione GIS del settore di Quartu Sant'Elena: arco di contenimento, rete costiera e opere difensive georeferenziate. Elaborazione dell'autore.

All'interno di questa struttura si distinguono alcune sequenze territoriali senza che sia necessario ripercorrere tutti i capisaldi. Is Meris e il sistema del Riu Corongiu controllano il passaggio fra i rilievi costieri e le direttrici interne; Simbirizzi e Pitz'e Serra concentrano una parte significativa delle opere intorno al lago, alle rotabili e agli spazi agricoli; Carcangiolas chiude l'arco presso la fascia compressa fra spiaggia e stagno. Questi nodi mostrano come il dispositivo fosse costruito per adattamento alle condizioni locali, non mediante la ripetizione astratta di una stessa distanza dalla costa.

La terza componente comprende le batterie e l'osservazione specialistica. La batteria antinave Carlo Faldi di Is Mortorius rappresenta il nodo principale: le postazioni d'artiglieria erano associate a direzione del tiro, osservazione, depositi, collegamenti ipogei, casermaggio e strutture di controllo ravvicinato. La batteria contraerea C.165 di Capitana estendeva la protezione allo spazio aereo, mentre il presidio di Nuraghe Diana svolgeva funzioni di osservazione e deposito in rapporto con le quote dominanti del quadrante orientale. Questi organismi non possono essere assimilati alle casematte dell'arco, poiché dipendono da esigenze tecniche, logistiche e visuali specifiche.

Il quadro complementare comprende infine trinceramenti, postazioni campali, osservatori in casamatta o non bunkerizzati, ostacoli controcarro, campi minati documentati, opere leggere e presenze fuori sequenza. Alcuni elementi integravano i capisaldi, altri rafforzavano rotabili, guadi e intervalli non coperti dalle opere permanenti; altri ancora appartengono a fasi precoci o a varianti intervenute durante il cantiere. La loro registrazione impedisce di ridurre la difesa ai soli volumi in calcestruzzo armato e restituisce il carattere progressivo, eterogeneo e parzialmente trasformabile dell'approntamento.

La cooperazione interna del settore si organizza pertanto secondo profondità e funzioni differenti. La rete costiera controllava il contatto iniziale con il litorale; l'arco costruiva una seconda capacità di

contenimento sulle direttrici verso l'interno; batterie e osservazione estendevano il controllo al mare, allo spazio aereo e ai punti dominanti; le componenti complementari collegavano e rafforzavano i tre sottosistemi. L'unità del dispositivo non deriva dall'omogeneità delle opere, ma dalla relazione fra parti dotate di consistenza, distribuzione e specializzazione diverse.

4.4.3 — Consistenza censuaria (QSE)

La consistenza del settore deve essere verificata distinguendo almeno cinque dimensioni: ciò che le fonti storiche attestano, ciò che la banca dati registra, ciò che conserva una permanenza materiale, ciò che risulta riconoscibile nel paesaggio attuale e ciò che può essere direttamente raggiunto e rilevato. Le cinque condizioni non coincidono. Un'opera perduta può essere localizzata con elevata attendibilità; un manufatto esistente può risultare inglobato o inaccessibile; un complesso specialistico può generare più registrazioni perché articolato in piazzole, osservatori, depositi e strutture di servizio.

Nel censimento (tab. 4) della tesi il settore comprende 128 registrazioni georeferenziate, corrispondenti a 127 oggetti inventariati. La differenza di un'unità conferma che localizzazione spaziale e unità oggettuale non formano sempre un rapporto perfettamente biunivoco, ma non modifica l'ordine di grandezza del sistema. Il totale rimane inoltre internamente eterogeneo: comprende manufatti conservati, resti, componenti associate, presenze perdute ma documentate e strutture specialistiche rappresentate con una granularità maggiore rispetto ai censimenti storici. Le quantità misurano quindi l'articolazione della banca dati, non il numero delle architetture oggi integre o visitabili.

Componente	Registrazioni georeferenziate	Contenuto prevalente	Cautela interpretativa
Arco di contenimento	88	Capisaldi, postazioni e componenti associate	Il numero non coincide con le sole opere superstiti o accessibili
Rete difensiva costiera	24	Nuclei costieri, postazioni e presidi del litorale	La leggibilità è alterata da urbanizzazione, erosione e insabbiamento
Batterie e componenti associate	16	Batterie, osservazione, depositi e strutture di supporto	Un complesso specialistico può generare più registrazioni
Totale del settore	128	127 oggetti inventariati	Registrazioni spaziali e unità oggettuali non sono sempre equivalenti

Tab. 4 — Articolazione inventariale del settore di Quartu Sant'Elena. Le registrazioni misurano la struttura della banca dati e non coincidono automaticamente con il numero delle architetture conservate o accessibili. Elaborazione dell'autore.

Il dato numericamente prevalente dell'arco richiede una cautela specifica. Il ramo comprende non soltanto bunker principali, ma anche opere associate, osservatori, trinceramenti, postazioni campali, elementi complementari e casi riconoscibili soprattutto attraverso la documentazione. Il valore non può quindi essere trasferito automaticamente al patrimonio materiale attuale. Analogamente, le registrazioni della rete costiera non corrispondono al solo numero dei nuclei fissi, mentre quelle delle batterie scompongono organismi complessi in componenti funzionalmente distinte.









Fig. 14 — Screenshot estratti da Google Earth raffiguranti diverse aree del settore di Quartu Sant'Elena. Dall'alto verso il basso: i bunker del CS_09 in fondi privati; l'unica postazione illesa dalla cava nel CS_10; il CS_13 ben conservato sulla sponda orientale del lago Simbirizzi; il CS_19 collocato su una spiaggia attrezzata per la balneazione.

A questa articolazione inventariale si affianca l'attestazione di almeno 107 manufatti difensivi nell'insieme della fascia costiera quartese, oltre a posti di avvistamento e batterie. La quantità appartiene a un quadro storico-ricognitivo e non al solo arco di contenimento; non deve pertanto essere sommata ai dati della tabella né assunta come conteggio delle permanenze attuali. Lo scarto fra 107 manufatti documentati e 128 registrazioni georeferenziate non costituisce una contraddizione: dipende dal diverso perimetro delle fonti, dalla scomposizione dei complessi e dall'inclusione nella banca dati di componenti associate, perdite documentate e presenze non omogenee. La leggibilità contemporanea è condizionata da processi territoriali differenti. L'espansione residenziale ha inglobato alcune opere entro giardini, lottizzazioni e proprietà recintate; le attività di cava hanno cancellato manufatti e alterato i rilievi sui quali erano impostati alcuni capisaldi; l'agricoltura, la vegetazione e l'interramento hanno ridotto accessi e riconoscibilità; lungo il litorale, erosione, insabbiamento e trasformazioni balneari hanno modificato il rapporto fra bunker e battigia. Tali condizioni incidono sulla possibilità di rilievo, ma non sempre sulla capacità di ricostruire posizione e appartenenza al sistema.

Ne deriva una conoscibilità selettiva (fig. 14). In alcune aree la sequenza dei raggruppamenti e il rapporto fra opere e morfologia rimangono sufficientemente leggibili; in altre sopravvivono singoli manufatti privati della continuità originaria; nei casi di perdita completa, cartografia, aerofotografie e ricognizioni pregresse conservano la possibilità di localizzare il dispositivo senza attribuirgli una consistenza materiale inesistente. La banca dati assume quindi una funzione critica: mantiene nello stesso quadro presenze, resti e assenze documentate, ma deve conservarne distinti gli statuti.
Quartu presenta una forte capacità di rappresentare la struttura territoriale del sistema, ma non una conservazione uniforme. L'attendibilità dell'analisi dipende dalla correlazione fra fonti e dalla qualificazione del dato, non dalla trasformazione di ogni registrazione in un bunker esistente. La consistenza inventariale consente di riconoscere l'ossatura del settore; accessibilità, stato materiale e profondità del rilievo determinano invece il diverso grado con cui i singoli manufatti possono essere documentati e restituiti nell'Atlante.

4.4.4 — Ricorrenze tipologiche, mascheramento e caratteri del settore (QSE)

Le ricorrenze tipologiche vengono assunte in questa sede come indicatori della funzione e della costruzione territoriale del settore, non come anticipazione della genealogia sviluppata nel quadro comparativo. La loro distribuzione permette di distinguere la grammatica dell'arco da quella della rete costiera e dalle configurazioni specialistiche delle batterie. Tipologia, fase costruttiva e posizione nel dispositivo devono tuttavia rimanere correlate: una stessa famiglia può assumere ruoli differenti, mentre funzioni analoghe possono essere risolte attraverso impianti diversi in relazione al terreno e alle condizioni del cantiere.

Il carattere quantitativamente dominante è costituito dalle opere poliarma (fig. 15). Il censimento registra 64 postazioni di questa famiglia, contro 12 monoarma, con una concentrazione particolarmente evidente nell'arco di contenimento. La poliarma consentiva di associare più camere operative e più direzioni di tiro entro un solo organismo, ma il suo significato non può essere ridotto alla maggiore complessità planimetrica. A scala territoriale, la prevalenza indica la costruzione di capisaldi nei quali opere differenti, orientamenti complementari e adattamento alle soglie del terreno dovevano produrre una capacità di interdizione distribuita in profondità.



Fig. 15 — Collage fotografico di alcuni bunker da combattimento nel settore di Quartu. Fotografie dell'autore.

Le monoarma assumono un peso più circoscritto e risultano particolarmente presenti sul margine costiero, con le varianti introdotte durante il cantiere e con i punti nei quali era sufficiente controllare una direzione selettiva. I nuclei fissi appartengono invece alla fase precoce del presidio della spiaggia e mantengono una funzione storica e distributiva distinta dalle casematte dell'arco. Postazioni controcarro con ricovero, osservatori, barbette, trinceramenti e opere campali introducono ulteriori variazioni, mentre piazzole, gallerie e direzioni del tiro delle batterie rispondono a una logica specialistica non assimilabile alle famiglie dei bunker da combattimento.

Il mascheramento attraversa queste differenze e costituisce uno dei caratteri più riconoscibili del settore. Le strategie documentate comprendono integrazione nel terreno, riporti di terra, rivestimenti lapidei, coloriture, schermature vegetali, simulazioni edilizie e rapporto con preesistenze. Non si tratta

di una finitura applicata a un volume già definito, ma di un insieme di operazioni capace di modificarne sagoma, materia e riconoscibilità. Nel paesaggio agricolo e periurbano quartese il bunker poteva così assumere l'immagine di un ovile, di una casa rurale, di un rudere o di una piccola costruzione di servizio.

Il caso noto come Falsa Chiesa costituisce l'esempio più esplicito di dissimulazione architettonica. Il manufatto in calcestruzzo era inserito in una configurazione edilizia predisposta per evocare una piccola chiesa o una costruzione rurale, mediante una copertura inclinata e componenti leggere che attenuavano la riconoscibilità dell'opera militare. La perdita di gran parte del rivestimento rende oggi più evidente il nucleo resistente e solo parzialmente leggibile il dispositivo originario. La denominazione identifica quindi una strategia mimetica specifica, non una famiglia tipologica autonoma.

A Is Meris il rapporto con il contesto assume una forma diversa. Una delle postazioni del caposaldo Alcamo è integrata nei resti del Nuraghe Is Meris, mentre altri manufatti ricorrono a forme rurali e pastorali o all'adesione alla morfologia del rilievo. La preesistenza non agisce come semplice sfondo: materia lapidea, andamento del terreno e immagine archeologica riducono la distinzione percettiva fra volume antico e struttura in calcestruzzo. Il caso dimostra come il mascheramento potesse operare attraverso l'appropriazione selettiva dei caratteri del luogo, producendo un'ambiguità che continua a influire sulla percezione contemporanea.

Carcangiolas documenta invece il rapporto fra tipologia e trasformazione del progetto. Nel 1942 il caposaldo era inizialmente impostato su due postazioni poliarma; la configurazione venne modificata in corso d'opera e sostituita da una postazione per cannone e tre postazioni per mitragliatrici, associate a dispositivi di interdizione. Il caso impedisce di assumere il progetto come descrizione automatica della consistenza realizzata e mostra come le scelte tipologiche potessero essere ricalibrate in funzione della soglia compresa fra spiaggia e stagno. Il suo valore è pertanto dimostrativo dello scarto fra previsione, adattamento e realizzazione, non quello di introdurre una nuova rassegna di manufatti.

La condizione attuale richiede infine di distinguere il camouflage storico dalla successiva rinaturalizzazione. Vegetazione, interramento, erosione e trasformazioni edilizie possono rafforzare oggi l'occultamento delle opere, ma non costituiscono automaticamente parti del dispositivo mimetico originario. Quando rivestimenti e strutture leggere sono perduti, la ricostruzione del mascheramento deve fondarsi sulla convergenza fra tracce materiali, documentazione e confronto, mantenendo separate evidenza, interpretazione e ipotesi. Questa distinzione è essenziale perché la difficoltà di riconoscere un manufatto può derivare tanto dalla strategia bellica quanto dai processi territoriali successivi.

Il settore di Quartu Sant'Elena si caratterizza quindi per la forte presenza delle poliarma nell'arco, per la maggiore semplicità e discontinuità delle opere costiere, per l'inserimento di componenti specialistiche e per la diffusione di strategie di mascheramento strettamente dipendenti dal paesaggio. La combinazione non produce una serie uniforme, ma un sistema nel quale variazioni tipologiche, adattamento locale e trasformazioni successive restano leggibili a scale differenti. La sequenza analitica dei capisaldi appartiene all'Atlante; su questa base, la lettura del Golfo può ora proseguire con Capoterra e con la diversa configurazione della sua ala occidentale.

4.5 — Capoterra: ala occidentale del Golfo di Cagliari

4.5.1 — Struttura territoriale del dispositivo difensivo (CAP)

Nel sistema del Golfo di Cagliari, Capoterra costituisce l'ala occidentale della macroarea e una delle principali strutture di contenimento predisposte a protezione della piazza cagliaritana. Rispetto alla sovrapposizione urbana, portuale, infrastrutturale e specialistica che caratterizza Cagliari e alla più

ampia cooperazione fra rete costiera, arco arretrato, batterie e osservazione riconoscibile nel settore di Quartu Sant'Elena, Capoterra presenta un assetto più selettivo e compatto. La sua struttura dipende soprattutto da un arco di contenimento disposto in profondità, integrato da artiglierie, osservazione, ostacoli e presidi complementari del margine costiero.

La configurazione del settore (fig. 16) è strettamente connessa alla morfologia del quadrante occidentale del golfo. Il sistema Santa Gilla–Conti Vecchi non costituisce un semplice sfondo geografico, ma partecipa direttamente alla costruzione del dispositivo: stagni, saline, canali, terreni bassi e bonifiche restringono le aree attraversabili e contribuiscono a orientare le possibili direttrici di avanzata dal margine costiero verso Cagliari. La difesa non si concentra pertanto sulla protezione uniforme di una spiaggia continua, ma sul controllo di un campo di soglie nel quale acqua, viabilità, infrastrutture, margini produttivi e progressiva risalita dei rilievi rendono alcuni passaggi maggiormente esposti o prevedibili.

Entro questa struttura, l'arco segue una progressione riconoscibile dalla fascia di Maddalena Spiaggia e dal nodo viario della S.S. 195 verso Podere Vanini e San Girolamo, quindi risale alle pendici di Monte Pauliara e raggiunge il settore di Baccalamanza e Mason'e Ollastu. La sequenza non corrisponde a una linea geometrica continua: utilizza la morfologia per presidiare varchi, attraversamenti e direttrici di penetrazione, disponendo i capisaldi nei punti in cui il terreno consente di concentrare il controllo e articolare la difesa in profondità. La relazione fra piana costiera e rilievi costituisce quindi una condizione strutturale dell'impianto.

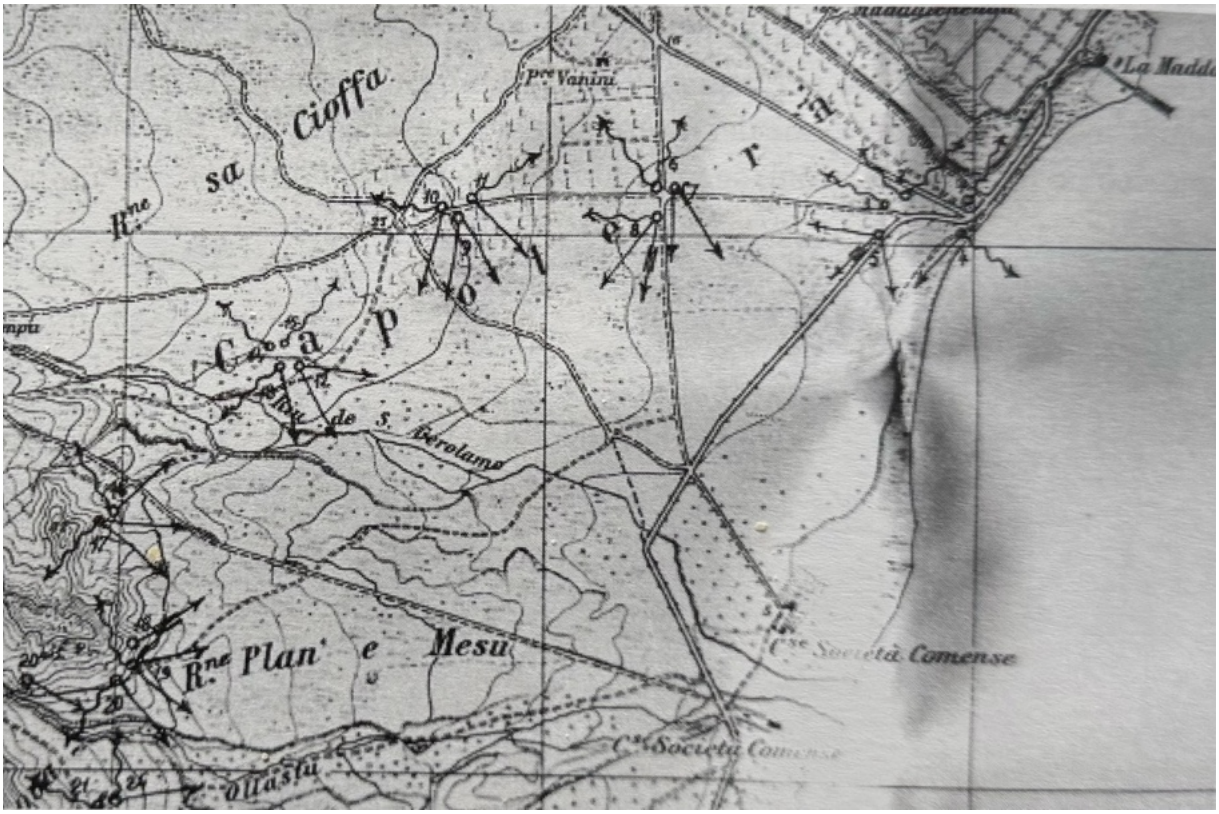


Fig. 16 — Cartografia del censimento del Genio del 1948 relativa all'arco di Capoterra: assetto progettuale e localizzazione delle opere difensive nel settore occidentale del Golfo di Cagliari. Archivio AUSSME, Roma.

La documentazione storica colloca la realizzazione dell'arco entro il rapido rafforzamento della difesa del Golfo di Cagliari nel 1942. I lavori risultano avviati il 20 febbraio e il sistema viene consegnato alle truppe il 2 ottobre dello stesso anno (Grioni & Carro, 2014). La linea comprendeva ventisei fortini distribuiti fra La Maddalena e Baccalamanza, integrati da appostamenti secondari, reticolati continui fra i capisaldi, ostacoli minati, batterie di artiglieria e presidi costieri. Nell'ottobre 1942 iniziano inoltre i collegamenti telefonici fra i capisaldi dei settori di Quartu Sant'Elena e Capoterra, segnalando una progressiva integrazione delle due ali entro la difesa complessiva del golfo.

Nel corso del 1943 il dispositivo viene ulteriormente rafforzato sul piano del presidio e dell'artiglieria. Alle opere dell'arco si associano la 148ª Batteria presso Monte Pauliara, la 454ª Batteria da 75/27 a Monte Luas e la 629ª Batteria da 155/36 presso Sa Perd'e Sa Scova. La presenza di questi impianti amplia la funzione del settore oltre il solo arresto terrestre: l'ala occidentale viene organizzata come sistema nel quale contenimento, controllo delle direttrici interne, osservazione e artiglieria concorrono alla protezione del fianco occidentale della piazza cagliaritana.

La costruzione dell'arco deve pertanto essere interpretata in rapporto alla geografia della penetrazione più che alla sola prossimità della costa. L'obiettivo non consisteva nel saturare il margine litoraneo di opere, ma nel sfruttare la configurazione territoriale per intercettare un'avanzata proveniente da sud-ovest e impedirne la convergenza verso Cagliari. Capoterra assume così la forma di un'ala arretrata di contenimento e antiaggiramento, la cui logica risiede nella cooperazione fra terreno, soglie e dispositivi militari.

4.5.2 — Arco di contenimento, batterie, osservazione e margine costiero (CAP)

L'arco di contenimento costituisce l'ossatura primaria del settore (fig. 17). I sette capisaldi devono essere letti come raggruppamenti disposti lungo una struttura territoriale che collega piana costiera, viabilità, corsi d'acqua e rilievi. Le opere permanenti in calcestruzzo armato concentrano il controllo nei punti selezionati dal dispositivo, mentre reticolati, ostacoli e appostamenti secondari ne completavano la continuità tattica. La distanza fra i manufatti non corrisponde quindi a un vuoto della difesa: il funzionamento dell'arco dipende dalla relazione fra postazioni, terreno e dispositivi complementari oggi in gran parte scomparsi.

Il sistema funziona come dispositivo di contenimento in profondità data la sostanziale assenza di una forte rete difensiva costiera. L'arco viene quindi costruito arretrando le opere rispetto alla costa e disponendole in rapporto ai percorsi che consentono di superare il margine lagunare e raggiungere il retroterra. A partire dalla soglia della spiaggia della Maddalena, il dispositivo intercetta la viabilità e prosegue verso San Girolamo, per poi risalire progressivamente verso Monte Pauliara, Mason'e Ollastu e Baccalamanza. Il terreno non costituisce un supporto passivo della fortificazione, ma contribuisce a selezionare le direzioni lungo le quali il sistema concentra capacità di osservazione, interdizione e contenimento.

Il secondo livello è costituito dalle batterie e dall'osservazione d'artiglieria. Monte Pauliara assume in questo quadro uno statuto distinto rispetto ai capisaldi dell'arco e costituisce un nodo specialistico nel quale piazzole d'artiglieria, osservatorio, riservette, strutture ipogee e collegamenti sfruttano la quota per ampliare il controllo sul territorio.

La componente specialistica non si esaurisce a Monte Pauliara. Il censimento del 1948 attesta anche le batterie di Monte Luas e Sa Perd'e Sa Scova, che concorrono al rafforzamento dell'ala occidentale e alla costruzione di un sistema d'artiglieria distribuito. Il loro statuto deve tuttavia essere mantenuto distinto: mentre Monte Pauliara costituisce un nodo di batteria con strutture permanenti, Monte Luas e Sa Perd'e Sa Scova probabilmente erano costituite da batterie campali e meno strutturate. La

specificità di Capoterra risiede in questa gerarchia: arco come struttura primaria, artiglieria e osservazione come intensificazione specialistica, ostacoli come continuità tattica e margine costiero come presidio complementare.

4.5.3 — Consistenza censuaria (CAP)

Il progetto dell'arco di Capoterra comprendeva ventisei fortini fra Maddalena e Baccalamanza, ai quali si aggiungevano appostamenti secondari, ostacoli, batterie e strutture di osservazione. Di questo sistema permane oggi una consistenza discontinua: una parte delle opere è stata perduta o profondamente trasformata, altre sono state inglobate entro proprietà private, lotti residenziali o paesaggi agricoli, mentre alcuni nuclei conservano ancora una relazione sufficientemente integra fra manufatti, terreno e direttrici controllate. La perdita di singoli elementi non ha tuttavia cancellato la figura territoriale dell'arco, ancora riconoscibile nella successione delle sue posizioni fra il margine costiero, la pianura e la progressiva risalita verso i rilievi.

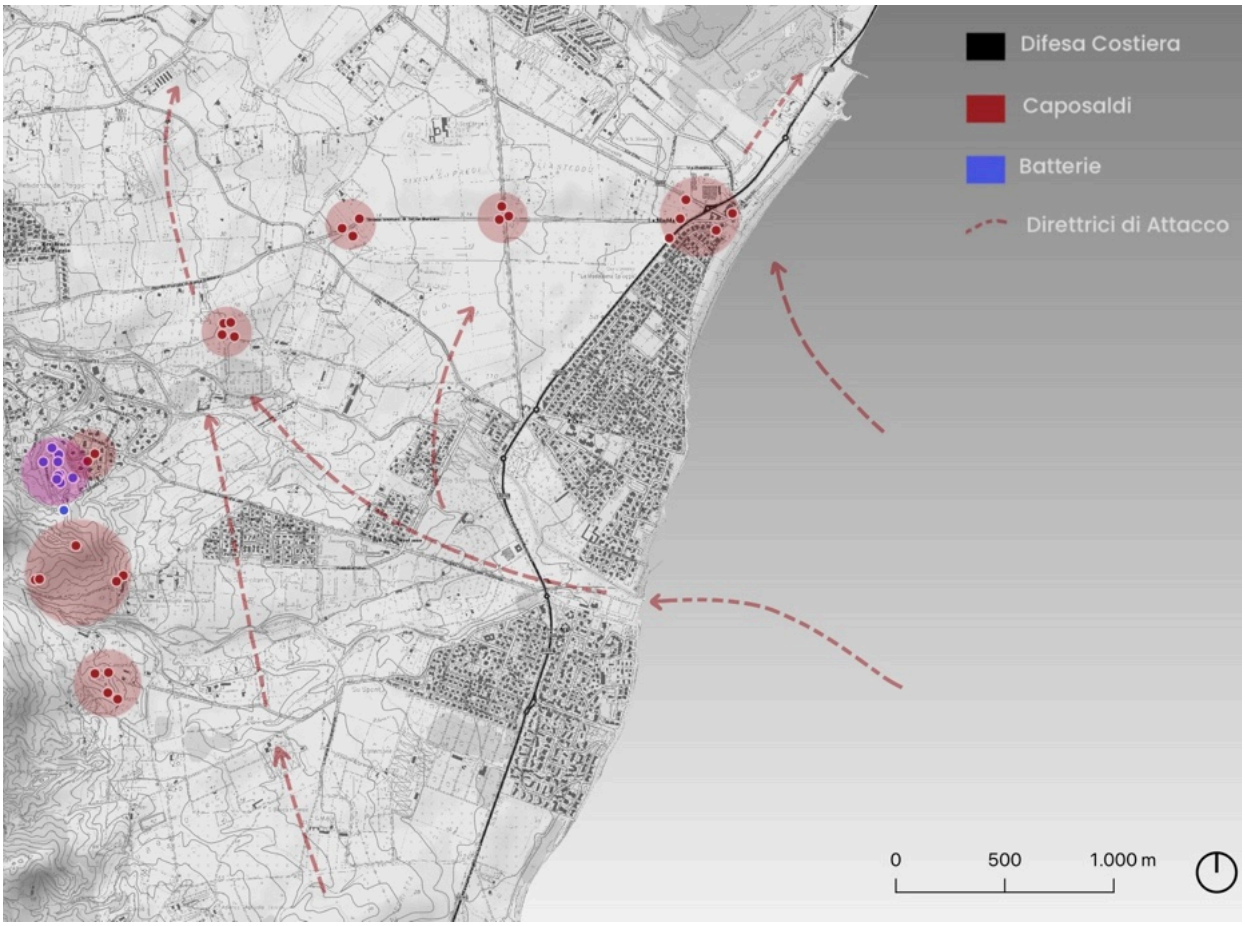


Fig. 17 — Restituzione GIS del settore di Capoterra: arco di contenimento, rete costiera e opere difensive georeferenziate. Elaborazione dell'autore.

Le differenti condizioni di permanenza mostrano anche il modo in cui il paesaggio contemporaneo ha incorporato la fortificazione. In alcuni casi l'espansione insediativa e infrastrutturale ha frammentato il sistema; in altri, la continuità degli usi agricoli ha modificato il contesto lasciando tuttavia sopravvivere le opere. Particolarmente significativi sono i nuclei nei quali si sono conservate anche le originarie strategie di mascheramento: manufatti concepiti per assimilarsi a elementi ordinari del paesaggio mantengono ancora oggi la capacità di testimoniare non soltanto la presenza della linea difensiva, ma il modo in cui essa cercava di sottrarsi alla percezione. La salvaguardia di alcune di queste opere, anche in occasione delle successive trasformazioni della viabilità, ha consentito di preservare testimonianze altrimenti destinate alla perdita.

Una condizione di particolare valore si riconosce nell'area di Monte Pauliara, dove la presenza delle fortificazioni si mantiene in rapporto con un contesto ancora prevalentemente aperto e con le quote dalle quali dipendevano osservazione e controllo territoriale. Il Parco dei Fortini di Pauliara conserva così non soltanto singoli manufatti, ma una porzione ancora leggibile del paesaggio militare dell'ala occidentale del Golfo: opere, rilievo, visuali e percorsi possono essere percepiti come parti dello stesso sistema. La conservazione di questa relazione fra architetture e contesto assume particolare rilievo anche in prospettiva patrimoniale, poiché costituisce la condizione sulla quale possono fondarsi strategie di valorizzazione e riuso capaci di intervenire sul sistema e sul paesaggio, anziché sul singolo manufatto isolato (Sanna et al., 2025b). In questo caso la permanenza materiale coincide quindi con una condizione favorevole di salvaguardia e rende possibile comprendere direttamente una relazione fra architettura e territorio che nei tratti maggiormente urbanizzati dell'arco può essere ricostruita soltanto in forma frammentaria.

4.5.4 — Ricorrenze tipologiche, mascheramento e caratteri del settore (CAP)

Il settore di Capoterra presenta una relativa continuità delle opere della famiglia poliarma anche se sono presenti altre opere complementari in barbetta e per l'osservazione (fig. 18). Alla scala territoriale, tuttavia, il carattere più significativo non risiede nella reiterazione tipologica, quanto nella capacità delle architetture di modificare forma e presenza in rapporto al paesaggio attraversato dall'arco.

Nella piana e nei margini agricoli il mascheramento ricorre soprattutto alla dissimulazione edilizia**.** Sagome, coperture e rivestimenti assimilano la massa fortificata a costruzioni ordinarie del paesaggio rurale, trasformando il bunker in una presenza apparentemente estranea alla propria funzione militare. Il caso della cosiddetta **"**finta macina" mostra con particolare evidenza questa strategia: il camouflage non si limita a ridurre il contrasto dell'opera, ma le attribuisce un'identità alternativa, plausibile all'interno del contesto osservato.

Con la progressiva risalita verso i rilievi cambia anche il repertorio della dissimulazione. La finzione architettonica lascia spazio all'integrazione con la roccia, ai rivestimenti lapidei e all'assorbimento della massa costruita nella topografia. Nei settori più elevati, fino a Monte Pauliara, è la stessa conformazione del terreno a partecipare all'occultamento: quota, incisioni, affioramenti e percorsi permettono di combinare protezione, osservazione e controllo visuale riducendo la riconoscibilità delle strutture.



Fig. 18 — Bunker dei Capisaldi III e IV di Capoterra e osservatorio d'artiglieria nel Parco dei Fortini di Pauliara: differenti strategie di mascheramento e integrazione delle opere nel paesaggio. Fotografie dell'autore.

4.6 — Pula: settore specialistico del Golfo di Cagliari

4.6.1 — Configurazione territoriale e ruolo nel sistema del Golfo (PUL)

Il settore di Pula (fig. 19) occupa il margine sud-occidentale del Golfo di Cagliari e presenta una configurazione differente rispetto ai tre settori precedentemente esaminati. Non sviluppa un arco di contenimento continuo paragonabile a quelli di Quartu Sant'Elena e Capoterra, né una rete difensiva costiera sufficientemente estesa da costituirne l'ossatura territoriale. La sua appartenenza al sistema del Golfo non deriva quindi dalla continuità lineare delle opere antisbarco, ma dalla presenza di nuclei specialistici separati, distribuiti lungo il margine costiero e le principali direttrici di collegamento, ai quali sono assegnate funzioni militari differenti e complementari.

Questa condizione non riduce Pula a un'area periferica o residuale del dispositivo. Al contrario, ne definisce lo statuto specifico. Se nei settori di Quartu Sant'Elena e Capoterra la forma della difesa è riconoscibile soprattutto nella successione dei capisaldi e nel rapporto fra costa e contenimento arretrato, a Pula la struttura territoriale emerge attraverso una costellazione di installazioni concentrate fra Capo Pula e il promontorio di Santa Vittoria, Punta e Monte Agumu, Perde Sali–Punta Furcadizzu e la direttrice verso Sarroch. Tali nuclei non costituiscono segmenti di una medesima linea, ma presidiano domini operativi diversi: spazio acqueo, spazio aereo, osservazione e radiolocalizzazione, margine costiero e passaggi terrestri.

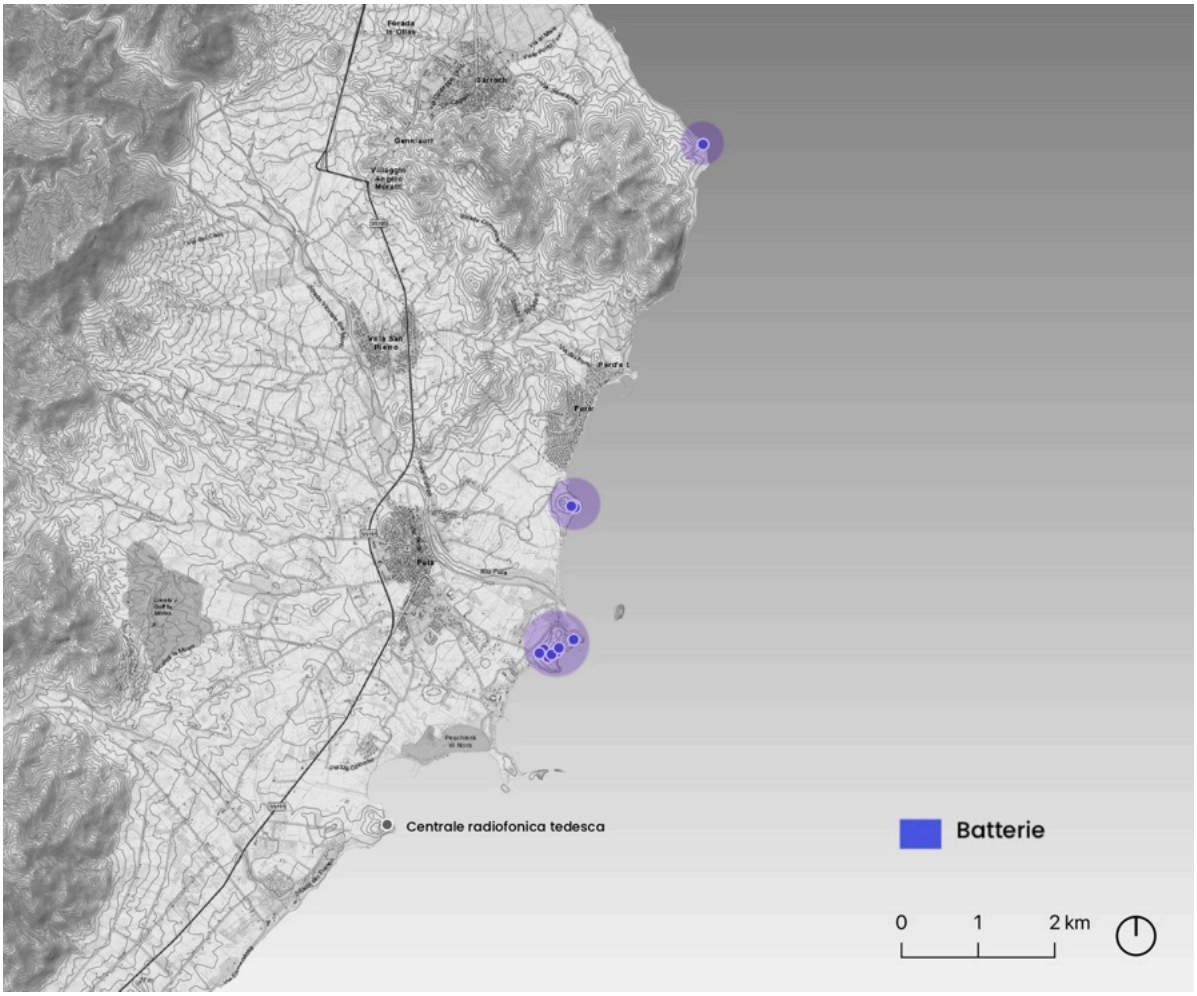


Fig. 19 — Individuazione GIS delle architetture e dei nuclei difensivi della Seconda guerra mondiale nel settore di Pula: distribuzione delle componenti specialistiche fra Capo Pula, Punta Agumu, Perde Sali–Punta Furcadizzu e la direttrice verso Sarroch. Elaborazione dell'autore.

La morfologia del quadrante contribuisce a questa organizzazione discontinua. Promontori e punti elevati permettono di proiettare il controllo verso il mare e di collocare impianti di osservazione e artiglieria in posizione dominante; le aree costiere più basse accolgono installazioni e strutture di supporto; la direttrice verso Sarroch introduce invece una soglia terrestre nella quale il dispositivo assume caratteri prevalentemente campali e di interdizione.
Il settore si prolunga funzionalmente verso Sarroch proprio attraverso il controllo di questa direttrice. La Stretta di Sarroch non costituisce un'estensione lineare delle installazioni costiere di Pula, ma un punto di concentrazione della difesa lungo un passaggio obbligato, nel quale lo sbarramento stradale, il campo minato e le postazioni campali documentate nel 1943 traducono il controllo territoriale in un dispositivo puntuale di arresto. La relazione Pula–Sarroch amplia così la profondità del settore oltre i soli nuclei affacciati sul mare e mostra come la specializzazione riguardi anche la selezione delle soglie terrestri.

4.6.2 — Batterie, radiolocalizzazione, sbarramenti e caratteri specialistici (PUL)

La specializzazione del settore emerge con maggiore evidenza considerando congiuntamente i diversi dispositivi che lo compongono. Batterie antinave e contraeree, installazioni della Regia Marina, radiolocalizzazione e sbarramenti non costituiscono varianti di uno stesso tipo di presidio, ma risposte differenti a esigenze operative che interessano mare, cielo e territorio. Pula concentra quindi, entro

un quadro territorialmente discontinuo, un insieme di funzioni che ampliano la difesa oltre la scala dei bunker da combattimento e dei capisaldi prevalenti negli altri settori.

La batteria Corrado Boggio, collocata sul promontorio di Santa Vittoria presso Capo Pula, costituisce il principale complesso permanente di artiglieria del settore. La posizione dominante permette il controllo dello spazio acqueo antistante e mette in relazione il sistema di tiro con la morfologia del promontorio. La documentazione disponibile consolida quattro postazioni principali destinate a pezzi da 152/50, alle quali si associano strutture di osservazione e telemetria, depositi e riservette, collegamenti e ulteriori componenti di supporto.

Alla funzione antinave della Corrado Boggio si affianca la batteria C.146, che introduce la componente contraerea nel medesimo quadrante. Il complesso presenta una configurazione più concentrata, costituita da un corpo edilizio principale associato a postazioni superiori, e le fonti disponibili ne documentano la funzione antiaerea, associandola ad armamento da 76/40. La sua autonomia rispetto alla Boggio deve essere mantenuta sul piano inventariale e architettonico; allo stesso tempo, la prossimità dei due complessi rende leggibile una complementarità funzionale fra controllo dello spazio marittimo e protezione rispetto alla minaccia aerea.

Il quadro costiero comprende inoltre il nucleo di Perde Sali–Punta Furcadizzu, nel quale censimento e ricognizione riconoscono piazzole, strutture di casermaggio e componenti di supporto, in rapporto con installazioni riferibili alla Regia Marina. Il grado di determinazione dell'insieme è inferiore rispetto a quello raggiunto per Corrado Boggio e C.146: la presenza militare e le principali permanenze risultano leggibili, mentre la funzione specifica di tutte le componenti non è definibile con la stessa precisione. Il nucleo deve pertanto essere mantenuto come installazione tecnico-militare costiera distinta, evitando sia di assimilarlo automaticamente alla Corrado Boggio sia di ricondurre ogni piazzola riconosciuta a una batteria unitaria non sufficientemente documentata. La sua importanza, alla scala del capitolo, consiste soprattutto nel confermare la diffusione di strutture specializzate lungo il margine sud-occidentale.

Una funzione ulteriormente diversa è documentata a Punta e Monte Agumu, dove era installato un impianto tedesco di radiolocalizzazione. Le fonti registrano tre apparati principali, mentre la ricognizione individua due basamenti in calcestruzzo ancora riconoscibili. Il sito introduce nel sistema una componente tecnologica che non coincide né con il tiro diretto né con l'interdizione terrestre: l'acquisizione e la trasmissione dell'informazione diventano parte dell'organizzazione difensiva. La presenza del radiolocalizzatore conferisce quindi ad Agumu uno statuto specialistico autonomo e amplia la lettura del settore verso il controllo strumentale dello spazio aeronavale. Il rapporto fra impianto tecnico e presidio militare mostra inoltre che tali infrastrutture necessitavano di una propria protezione e non operavano come dispositivi isolati dal sistema territoriale.

La Stretta di Sarroch introduce infine una configurazione differente per consistenza materiale e temporalità. La documentazione attesta uno sbarramento stradale, un campo minato attivo e, al 1º settembre 1943, una linea di resistenza dotata di almeno undici mitragliatrici e un cannone. A differenza delle batterie e degli impianti specialistici costieri, il nodo non emerge nel censimento come un complesso permanente altrettanto chiaramente strutturato: il suo statuto è soprattutto storico-operativo e rimanda a un dispositivo tardivo, prevalentemente campale, organizzato per controllare la direttrice terrestre fra Pula e Sarroch. La differenza fra forte evidenza documentaria e debole consistenza architettonica attuale non costituisce una contraddizione, ma registra un diverso modo di occupare e difendere il territorio.

La successione dei nuclei rende quindi leggibile la specificità di Pula senza richiedere una continuità fortificata che le evidenze non sostengono. Corrado Boggio concentra il controllo antinave; la C.146 introduce la protezione contraerea; Perde Sali–Punta Furcadizzu documenta un presidio tecnico-

militare del margine costiero; Punta Agumu integra la radiolocalizzazione; la Stretta di Sarroch trasferisce il dispositivo sul piano dell'interdizione terrestre. La configurazione del settore deriva dalla complementarità di queste funzioni e dalla loro distribuzione in punti selezionati del quadrante sud-occidentale. Pula assume così un ruolo distinto entro il Golfo di Cagliari: non un sistema territorialmente continuo fondato sulla reiterazione delle stesse opere, ma un insieme di nodi specialistici attraverso i quali controllo dello spazio acqueo, protezione aerea, acquisizione dell'informazione e presidio delle soglie concorrono alla difesa del margine.

4.7 — Terra, acqua e cielo: il Golfo di Cagliari come caso guida

4.7.1 — Terra

Sul piano terrestre, la difesa del Golfo di Cagliari risponde a una medesima eventualità operativa: impedire che un attacco anfibio, superato il margine costiero, potesse trasformarsi in una penetrazione verso Cagliari. Le postazioni fronte mare costituiscono il primo livello di interdizione; alle loro spalle, gli archi di contenimento di Quartu Sant'Elena e Capoterra controllano le principali direttrici di avanzamento dalle due ali del Golfo, mentre la particolare difesa controterra di Cagliari protegge il nucleo urbano-portuale dall'eventualità che tali sistemi fossero superati o aggirati. Le diverse linee non costituiscono quindi dispositivi autonomi, ma rispondono a fasi successive della stessa possibile progressione: contrasto dell'approdo, contenimento dell'avanzata e protezione della retrovia.

Questa organizzazione in profondità assume forma attraverso la morfologia. I sistemi di Molentargius–Simbirizzi a oriente e di Santa Gilla–Conti Vecchi a occidente restringono le possibilità di attraversamento e concentrano il movimento entro corridoi più prevedibili; rilievi, corsi d'acqua, canali e infrastrutture concorrono allo stesso processo di selezione. La fortificazione non occupa pertanto il territorio in modo uniforme, ma si dispone nei punti in cui la conformazione dei luoghi consente di controllare con maggiore efficacia direttrici e soglie. Gli sbarramenti di Sa Scaffa "Vittoria" e Ponte Vecchio "Catania", e più a sud quello della Stretta di Sarroch, rendono esplicita questa logica: dove acqua, viabilità e morfologia comprimono il passaggio, la difesa concentra l'interdizione. La struttura terrestre del Golfo deriva così dalla cooperazione fra dispositivi successivi più che dalla continuità di una cinta fortificata. Gli archi delle due ali rallentano e incanalano l'avvicinamento; il sistema controterra di Cagliari interviene sulla possibilità che la minaccia raggiunga il cuore della piazza da tergo; gli sbarramenti presidiano le soglie nelle quali il movimento è costretto a convergere. La profondità difensiva non coincide quindi con la semplice distanza delle opere dalla costa, ma con una sequenza di relazioni nella quale ogni livello presuppone l'azione degli altri. Lagune, rilievi, infrastrutture e passaggi obbligati cessano, in questa organizzazione, di costituire lo sfondo delle fortificazioni e diventano parte attiva del dispositivo.

4.7.2 — Acqua e cielo

Alla difesa terrestre si sovrappone il sistema destinato al controllo dello spazio marittimo e aereo del Golfo. Il suo nucleo principale è costituito dalle batterie del Fronte a Mare, organizzate non come presidi isolati ma come punti di una struttura di artiglieria e osservazione estesa alla scala della piazza. La Carlo Faldi a Is Mortorius, Prunas nel settore centrale e la Corrado Boggio presso Capo Pula occupano tre posizioni complementari sui margini orientale, centrale e sud-occidentale: la loro disposizione consente ai rispettivi settori di tiro di concorrere al controllo dello stesso specchio d'acqua e degli accessi verso Cagliari (fig. 20).

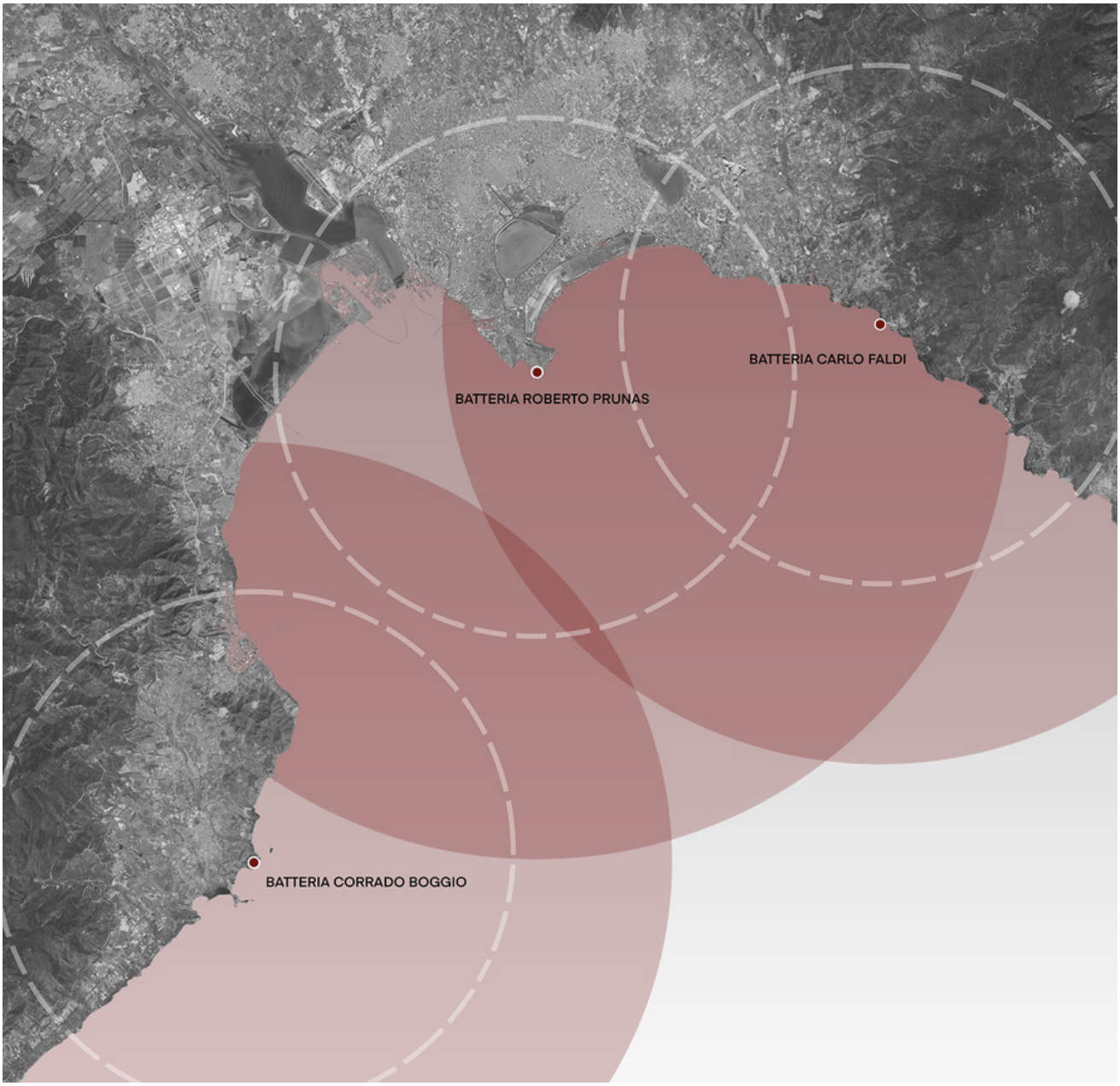


Fig. 20 — Fronte a Mare del Golfo di Cagliari: distribuzione delle batterie Carlo Faldi, Prunas e Corrado Boggio e relazione fra i rispettivi settori di tiro sullo spazio acqueo. Elaborazione dell'autore; cfr. Sanna & Pirinu, 2025.

La batteria Faldi e la Boggio, entrambe articolate intorno a quattro postazioni principali per pezzi da 152/50 e integrate da apparati di osservazione, telemetria e supporto, mostrano con particolare chiarezza come la batteria costiera costituisca un organismo complesso, nel quale capacità di tiro e controllo dello spazio risultano inseparabili. La lettura della Carlo Faldi alla scala del paesaggio conferma precisamente questo carattere relazionale, nel quale la singola installazione acquista significato all'interno del più ampio sistema di copertura del Golfo (Sanna & Pirinu, 2025). La relazione Faldi–Prunas–Boggio rende evidente la logica cooperante del Fronte a Mare. La batteria orientale controlla l'accesso dal quadrante di Is Mortorius; Prunas occupa una posizione direttamente connessa al settore urbano-portuale; Boggio completa il dispositivo da Capo Pula, attribuendo al margine sud-occidentale un ruolo essenziale nella copertura complessiva. Nessuna delle tre posizioni esaurisce autonomamente il controllo dello spazio marittimo: è la loro disposizione reciproca, resa leggibile dalla sovrapposizione dei settori di tiro, a trasformare il Golfo in uno spazio di controllo incrociato.

Alla difesa antinave si associa la protezione dello spazio aereo. Sul margine orientale la C.165 di Nuraghe Capitana si integra con il sistema della Carlo Faldi; nel quadrante sud-occidentale la C.146 affianca la Corrado Boggio; nel settore centrale la C.135 di Calamosca, insieme alle batterie e agli impianti disposti sulle quote cagliaritane, partecipa alla protezione della piazza e delle sue infrastrutture. A questa struttura si aggiungono nuclei come Tuvixeddu–C.367 e Monte Urpinu–C.198, rivolti alla difesa del principale addensamento urbano, portuale e militare dell'isola. La rete contraerea non riproduce quindi semplicemente la geometria del Fronte a Mare: ne protegge i principali nodi e, nello stesso tempo, si addensa intorno agli obiettivi che rendevano Cagliari particolarmente esposta alla minaccia aerea. Anche batterie collocate più all'interno, come Monte Pauliara, mostrano come gittata, quota e possibili funzioni complementari rendano impropria una separazione rigida fra artiglierie "costiere" e dispositivi rivolti esclusivamente alla profondità terrestre.

Il funzionamento dell'intero sistema dipende infine dalla capacità di osservare e misurare per poter colpire. Telemetri, osservatori, posti di avvistamento, fotoelettriche e collegamenti integrano le batterie in una rete nella quale l'efficacia del tiro dipende dalla conoscenza dello spazio controllato. A Is Mortorius il rapporto con Nuraghe Diana amplia il sistema di osservazione della Faldi; nel settore sud-occidentale l'impianto tedesco di radiolocalizzazione di Punta Agumu introduce una componente strumentale capace di estendere il controllo allo spazio aeronavale. Acqua e cielo risultano così domini differenti dello stesso dispositivo: le artiglierie controllano gli accessi marittimi, la difesa contraerea protegge batterie e obiettivi strategici, mentre osservazione, telemetria e radiolocalizzazione ne rendono possibile l'azione coordinata. Il Golfo non è quindi soltanto circondato da opere difensive, ma sottoposto a un sistema di controllo che ne mette in relazione margini, spazio acqueo e spazio aereo.

4.7.3 — Il Golfo di Cagliari come caso guida

La rilevanza del Golfo di Cagliari deriva dalla possibilità di riconoscervi, entro uno stesso campo strategico, un sistema difensivo sufficientemente compiuto da rendere leggibili insieme organizzazione territoriale, specializzazione funzionale e varietà architettonica. Alla concentrazione del principale nodo urbano-portuale dell'isola e delle relative infrastrutture aeronavali e logistiche corrisponde infatti una notevole articolazione dei raggruppamenti e un repertorio tipologico che comprende quasi interamente le principali famiglie riconosciute nel sistema sardo: nuclei fissi, casematte monoarma e poliarma, opere circolari, postazioni per armi controcarro, Tobruk, ricoveri, casermaggi e differenti installazioni specialistiche. Il valore del caso cagliaritano non risiede dunque soltanto nella quantità delle opere, ma nella possibilità di osservare nello stesso territorio come differenti tipi architettonici assumano significato entro relazioni operative e morfologiche più ampie.

È questa compiutezza a rendere il Golfo una chiave di lettura del quadro regionale, senza trasformarlo in un modello normativo della Sardegna. La varietà interna del sistema permette infatti di riconoscere per confronto configurazioni nelle quali alcuni caratteri si accentuano, si riducono o si combinano diversamente. Santa Caterina presenta una particolare complessità del dispositivo e una marcata presenza di opere poliarma; Arborea lega la serialità delle postazioni alla maglia ortogonale prodotta dalla bonifica e dall'appoderamento; Olbia organizza la difesa intorno a un porto strategicamente connesso alle comunicazioni con la penisola; Sant'Antioco e La Maddalena, pur secondo condizioni insulari e funzioni differenti, mostrano invece il peso assunto dalle batterie e dal controllo degli spazi marittimi. Il Golfo costituisce quindi un termine di comparazione proprio perché contiene una variazione interna abbastanza ampia da rendere riconoscibili analogie, specializzazioni e scarti nelle altre configurazioni regionali.

La stessa capacità di confronto riguarda la condizione contemporanea del patrimonio. Entro il Golfo convivono sistemi ancora leggibili in paesaggi aperti, manufatti conservati ma isolati entro proprietà private o territori agricoli trasformati, settori nei quali urbanizzazione e infrastrutture hanno quasi dissolto la continuità originaria e opere ormai assorbite dagli usi contemporanei del litorale. Il caso

guida permette così di osservare non soltanto differenti modi di costruire e organizzare la difesa, ma differenti regimi della sua permanenza: dalla conservazione delle relazioni territoriali alla sopravvivenza residuale del singolo manufatto, fino alla sua incorporazione entro paesaggi e pratiche che hanno perduto ogni funzione militare.

La dismissione ha dissolto l'evidenza del sistema prima ancora della materia delle sue architetture. Ciò che era connesso da visuali, distanze, campi di tiro, soglie e reciproche dipendenze tende oggi ad apparire come una costellazione di oggetti separati; il paesaggio militare riemerge quando queste relazioni vengono ricostruite e il territorio torna a essere riconosciuto come parte attiva del dispositivo (Martínez-Medina & Pirinu, 2019). Nel conflitto del Novecento la guerra investe infatti lo spazio nelle sue tre dimensioni: la terra è attraversata dalle direttrici dell'approdo e della penetrazione, l'acqua dai settori di tiro delle artiglierie, il cielo dalle traiettorie degli aeromobili, delle bombe e della difesa contraerea. Il Golfo di Cagliari risponde a questa estensione tridimensionale della minaccia costruendo un'architettura altrettanto estesa, capace di occupare il suolo, coprire lo spazio acqueo e monitorare quello aereo. È in questa trasformazione del territorio in campo operativo — e nella rete di relazioni che lega manufatti, morfologia, visuali e armamenti — che il Golfo manifesta pienamente il proprio valore come caso guida della ricerca.

CAPITOLO 5
Atlante del Golfo di Cagliari: attraversare e leggere il paesaggio militare

5.1 — Dal protocollo all'Atlante del Golfo di Cagliari

5.1.1 — Funzione e campo di applicazione dell'Atlante

Il Capitolo 5 costituisce il passaggio dalla definizione del protocollo di documentazione e rappresentazione alla sua applicazione sul caso guida del Golfo di Cagliari. La banca dati georeferenziata e il GIS hanno organizzato il patrimonio entro una struttura informativa interrogabile; il Capitolo 3 ha definito criteri, strumenti e forme della restituzione; il Capitolo 4 ha ricomposto la distribuzione delle opere entro la struttura territoriale del sistema difensivo sardo, individuando nel Golfo il principale campo di approfondimento. L'Atlante assume questi livelli come premesse già acquisite e li mette in relazione sullo stesso corpus attraverso una sequenza coordinata di elaborati. Non introduce quindi un ulteriore apparato metodologico, ma costituisce uno degli esiti applicativi della ricerca.

La funzione dell'Atlante consiste nel coordinare informazioni differenti per scala, origine e statuto, mantenendone riconoscibile la natura. Il dato inventariale individua e qualifica le presenze; la lettura territoriale ne stabilisce l'appartenenza a settori e raggruppamenti; il rilievo verifica la consistenza delle architetture accessibili; il Disegno rende confrontabili geometrie, relazioni con il suolo, condizioni percettive e trasformazioni. Dato rilevato, fonte documentaria, interpretazione e ricostruzione possono così concorrere alla stessa lettura senza essere assimilati.

Il Golfo di Cagliari riunisce entro una stessa macroarea condizioni territoriali e documentarie profondamente differenti. Quartu Sant'Elena conserva la maggiore continuità dell'arco di contenimento e associa ai capisaldi una rete costiera e batterie; Cagliari presenta un sistema più frammentato, nel quale urbanizzazione, infrastrutture e demolizioni si alternano a nuclei ancora consistenti come San Michele e Molentargius; Capoterra articola la progressione dalla fascia costiera ai rilievi dell'entroterra, con una significativa presenza di opere poliarma e strategie di camouflage; Pula completa il quadrante sud-occidentale attraverso batterie e nuclei specialistici. Le differenze nella quantità e nella qualità delle evidenze non vengono compensate mediante restituzioni uniformi, ma conservate come condizioni effettive del campo di studio.

La struttura dell'Atlante permette pertanto di passare dal settore al raggruppamento e dal raggruppamento al manufatto, riaprendo quando necessario la lettura verso il contesto. Uno stesso bunker può ricomparire in elaborati successivi perché interrogato rispetto a relazioni differenti: posizione nel sistema, configurazione architettonica, geometria rilevata, percezione, rapporto con il terreno o trasformazioni. Il montaggio costruisce la continuità fra questi passaggi senza colmare graficamente lacune o perdite non sostenute dalle evidenze. La dimensione narrativa dell'Atlante risiede in questa successione controllata di scale e registri, attraverso la quale le permanenze materiali, le assenze e le trasformazioni possono essere ricondotte alla struttura complessiva del paesaggio militare.

5.1.2 — Come leggere l'Atlante

L'Atlante è ordinato secondo la geografia del caso studio. La sequenza procede da Quartu Sant'Elena a Cagliari e Capoterra, per concludersi con il margine specialistico di Pula. All'interno di ciascun settore, le componenti grafiche definite nel Capitolo 3 vengono attivate in relazione ai casi effettivamente documentati: la **Scheda minima BKC** identifica e rende confrontabili i bunker direttamente rilevati; le **tavole T** ricostruiscono l'inquadramento territoriale e cartografico-diacronico; le **tavole R** leggono l'assetto locale dei raggruppamenti e la relazione suolo–opera; le

tavole P restituiscono condizioni situate di percezione e osservazione; le **tavole D** coordinano i derivati metrici del rilievo digitale; le **tavole M** integrano dati, modelli e interpretazioni entro elaborati multilivello. La **Scheda X**, applicata a un numero selezionato di **tavole P**, ne esplicita condizioni di osservazione, tecniche e statuto interpretativo. Queste componenti non formano una sequenza obbligatoria. Un raggruppamento documentato prevalentemente attraverso fonti e ricognizione può arrestarsi alle scale T e R; un bunker accessibile può essere approfondito mediante Scheda minima e tavola D; altri casi possono associare tavole P o M quando l'incremento di risoluzione consente di affrontare aspetti specifici. I livelli **L1, L2 e L3** sintetizzano il grado complessivo di approfondimento raggiunto dal caso e non costituiscono né nuove famiglie di tavole né una graduatoria del suo valore patrimoniale. La diversa densità delle sequenze deriva quindi dalla qualità delle evidenze, dall'accessibilità e dalle domande poste al singolo caso. La ricomparsa dello stesso manufatto in pagine differenti deve essere letta secondo la stessa logica. La Scheda minima ne stabilizza identità e configurazione planimetrica; una tavola R può ricollocarlo nel raggruppamento; una tavola D approfondirne geometria e rapporto tridimensionale con il suolo; una tavola P registrarne avvicinamento, riconoscibilità, luce o materia; una tavola M mettere in relazione stato attuale, rilievo, fonti e ricostruzioni dichiarate. Ciò che cambia non è soltanto il mezzo grafico, ma la relazione sottoposta a osservazione.

Alcune convenzioni ricorrenti consentono infine di riconoscere immediatamente le principali famiglie. Nelle **tavole T**, il simbolo bianco identifica un manufatto ancora esistente e riconoscibile, anche quando degradato, alterato o non direttamente accessibile; il rosso indica invece un'opera scomparsa. Le **tavole R** adottano una restituzione prevalentemente in scala di grigi, nella quale i bunker emergono in bianco, con contorno più netto, rispetto alle tessiture del contesto. Le **tavole D** sono riconoscibili per il fondo grigio scuro, utilizzato per distinguere e rendere leggibili modelli e derivati metrici. La **Scheda minima BKC**, sviluppata in formato verticale, associa invece tre fasce principali — testata alfanumerica, pianta restituita e fotografia documentaria. Le tavole P e M mantengono una maggiore variabilità interna, poiché la loro riconoscibilità dipende dalla funzione dell'elaborato e dalla successione dei contenuti più che da un unico codice cromatico.
Un riferimento ricorrente nel testo e nelle tavole è costituito dalla documentazione tecnico-ricognitiva prodotta dal **Genio Militare nel 1948** per le opere di fortificazione e le strade militari del settore Cagliari–Selargius–Elmas, di Quartu Sant'Elena e di Capoterra. Cartografie e rilievi postbellici registrano la posizione e, per una parte dei manufatti, la configurazione delle opere allora censite; non costituiscono pertanto progetti originari, ma una documentazione successiva alla guerra delle fortificazioni riconosciute sul territorio (Genio Militare, 1948). Nelle tavole T questi elaborati sono affiancati allo stato contemporaneo per confrontare la consistenza documentata nel 1948 con le permanenze, le trasformazioni e le perdite attuali.

Quando il testo richiama le ricognizioni precedenti, il riferimento riguarda invece principalmente i censimenti e gli studi condotti da Carro, Grioni e Aresu fra l'inizio degli anni Duemila e il decennio successivo, che hanno documentato localizzazione, consistenza e stato di numerose opere prima delle verifiche svolte nella presente ricerca (Carro & Grioni, 2001; Aresu, Carro, & Grioni, 2009; Grioni & Carro, 2014). Inoltre, si precisa che i nomi di città italiane associate ai caposaldi sono i nomi in codice storici utilizzati dai militari nelle comunicazioni radiofoniche nell'eventualità di intercettazioni.

5.2 — Settore QSE. Atlante delle opere di Quartu Sant'Elena

Il settore di Quartu Sant'Elena viene percorso a partire dall'arco di contenimento, seguendo in successione i diciannove capisaldi da **QSE_CS01** "Agrigento" a **QSE_CS19** "Carcangiolas". La progressione attraversa condizioni territoriali differenti: dai rilievi di Flumini e Is Meris ai settori pianeggianti e agricoli; quindi, alle aree progressivamente interessate dall'espansione insediativa e al sistema del lago di Simbirizzi, dove la concentrazione delle opere e la permanenza di numerosi manufatti mantengono particolarmente evidente il rapporto fra architettura difensiva, morfologia e paesaggio. L'ultimo tratto raggiunge la fascia compresa fra stagno e litorale e conclude l'arco arretrato in prossimità del Poetto. La conservazione dell'arco non è tuttavia uniforme. In diversi capisaldi le opere sono ancora presenti ma ricadono entro proprietà private, giardini, fondi agricoli o aree recintate che ne limitano l'accesso e, in alcuni casi, ne hanno modificato il rapporto con il contesto. Altrove le trasformazioni sono state più incisive: edificazione, infrastrutture e attività di cava hanno determinato alterazioni o perdite, concentrate soprattutto in alcuni nuclei. Nel complesso, tuttavia, Quartu conserva una continuità materiale maggiore rispetto al fronte cagliaritano, con ampi tratti nei quali la successione dei capisaldi rimane direttamente riconoscibile. Concluso l'arco, la lettura ritorna sul fronte mare attraverso alcuni manufatti della rete difensiva costiera: alcuni nuclei fissi circolari, due casematte del settore di Capitana e la Torre di Carcangiolas, nella quale una preesistenza costiera viene incorporata nel dispositivo del XX secolo. La sequenza termina quindi sul promontorio di Is Mortorius con la batteria "Carlo Faldi", complesso specialistico nel quale piazzole d'artiglieria, osservazione, telemetria, gallerie e strutture di servizio si distribuiscono secondo un impianto distinto da quello seriale dei capisaldi dell'arco.

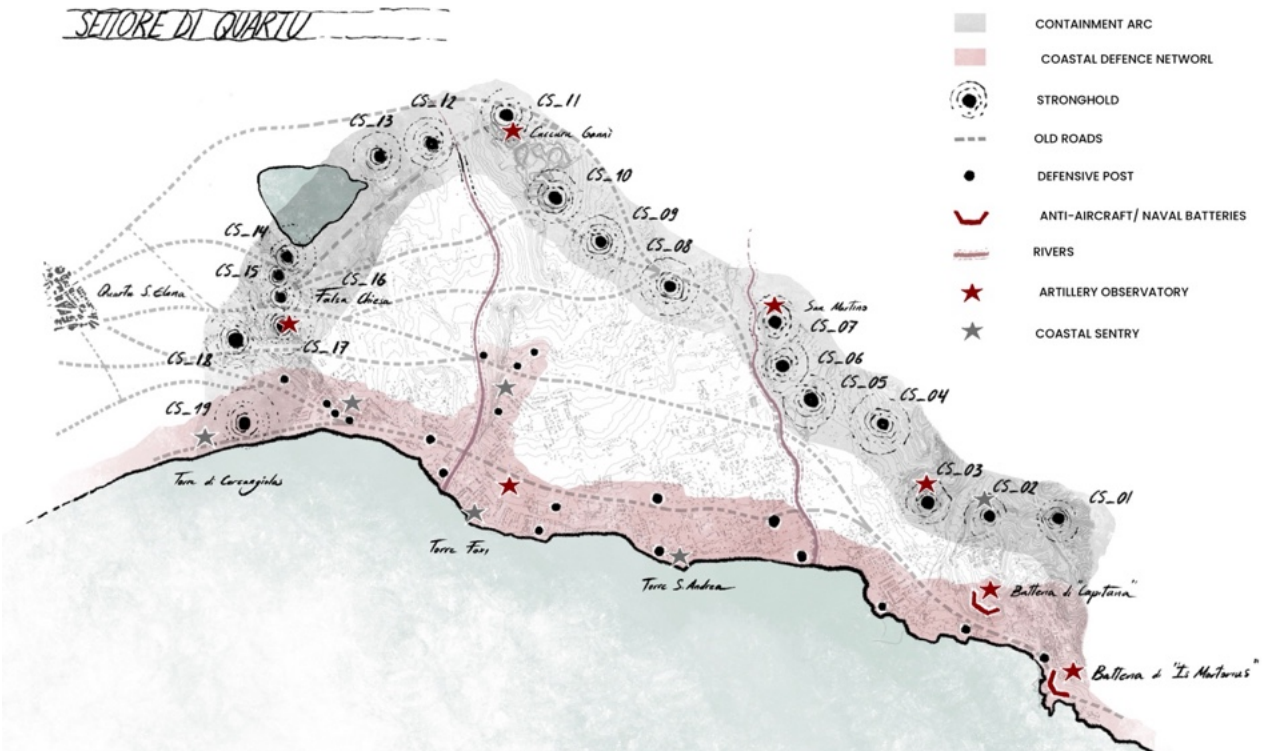


Fig. 1—Tavola di inquadramento territoriale del settore di Quartu. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.2.2 — QSE_CS01 “Agrigento” (L2)

Il Caposaldo 01 “Agrigento” comprende tre opere poliarma disposte su un rilievo raggiunto attraverso un ponte, secondo orientamenti complementari verso nord, sud-ovest e sud-est. Le due postazioni settentrionale e occidentale sono ancora accessibili e sono state direttamente rilevate; la prima, semiesagonale, era destinata a mitragliatrici leggere, mentre la seconda presenta impianto pentagonale e combinava mitragliatrice pesante e leggera. Entrambe conservano una buona leggibilità architettonica, pur in presenza di rifiuti e depositi negli ambienti interni; la postazione orientale presenta una recinzione che lo attraversa. La terza opera, rivolta verso sud-ovest, è inglobata in una proprietà privata, modificata e dipinta di rosso: è stata documentata fotograficamente dall’esterno, ma non è stato possibile verificarne gli spazi interni. La posizione panoramica consente di leggere la cooperazione fra le tre postazioni nella copertura difensiva.

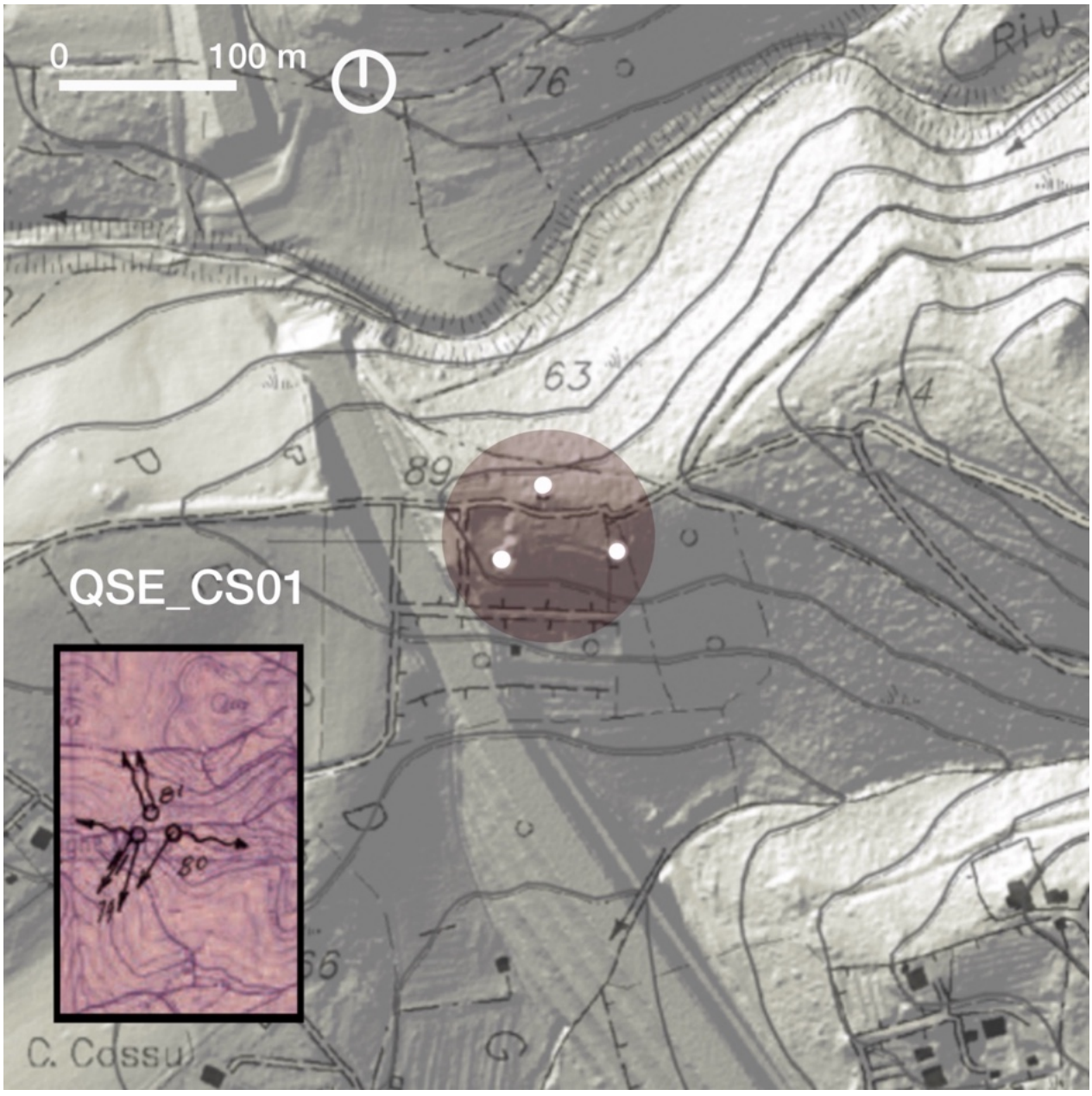


Fig. 2 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere del caposaldo. Elaborazione dell’autore su base GIS.

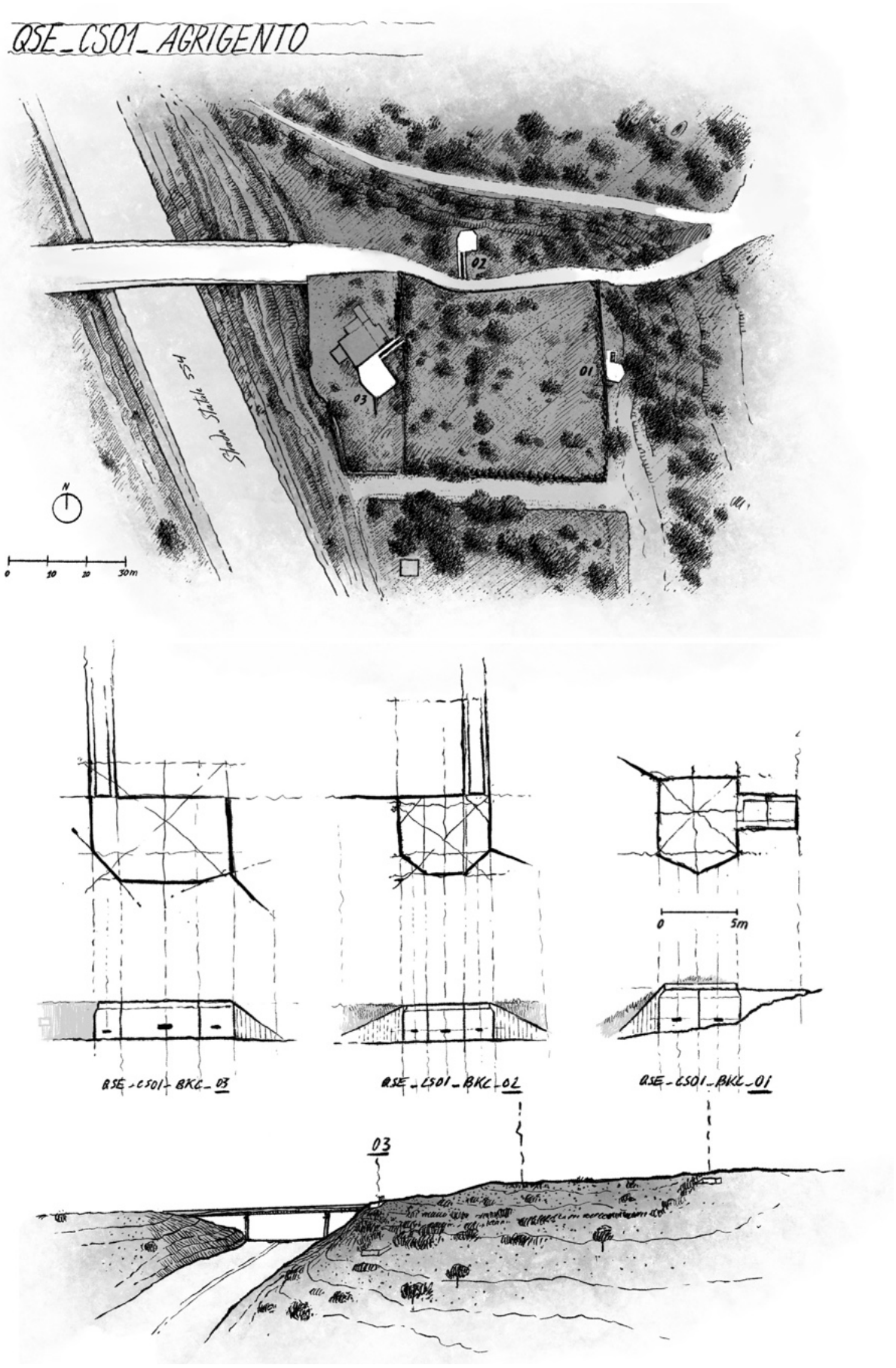


Fig. 3 —Tavola R di lettura del raggruppamento mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto delle tre opere e vista obliqua a bassa quota. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS01_BKC_01 (39°13'03.58"N 9°19'29.83"E)

Località: Perdigoni - Nuraghe Spina
Tipologia: BKC poliarma · (LMG – HMG)
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: limitata
Quota: 91,82 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: integrato nel terreno
Camouflage: collinetta + teli mimetici
Feritoie: 3 **Accesso:** rampa e scala alla marinara
Settore operativo: NO-NE
Area occupata: 37,6 m²
Pieno/vuoto: 58% / 42%

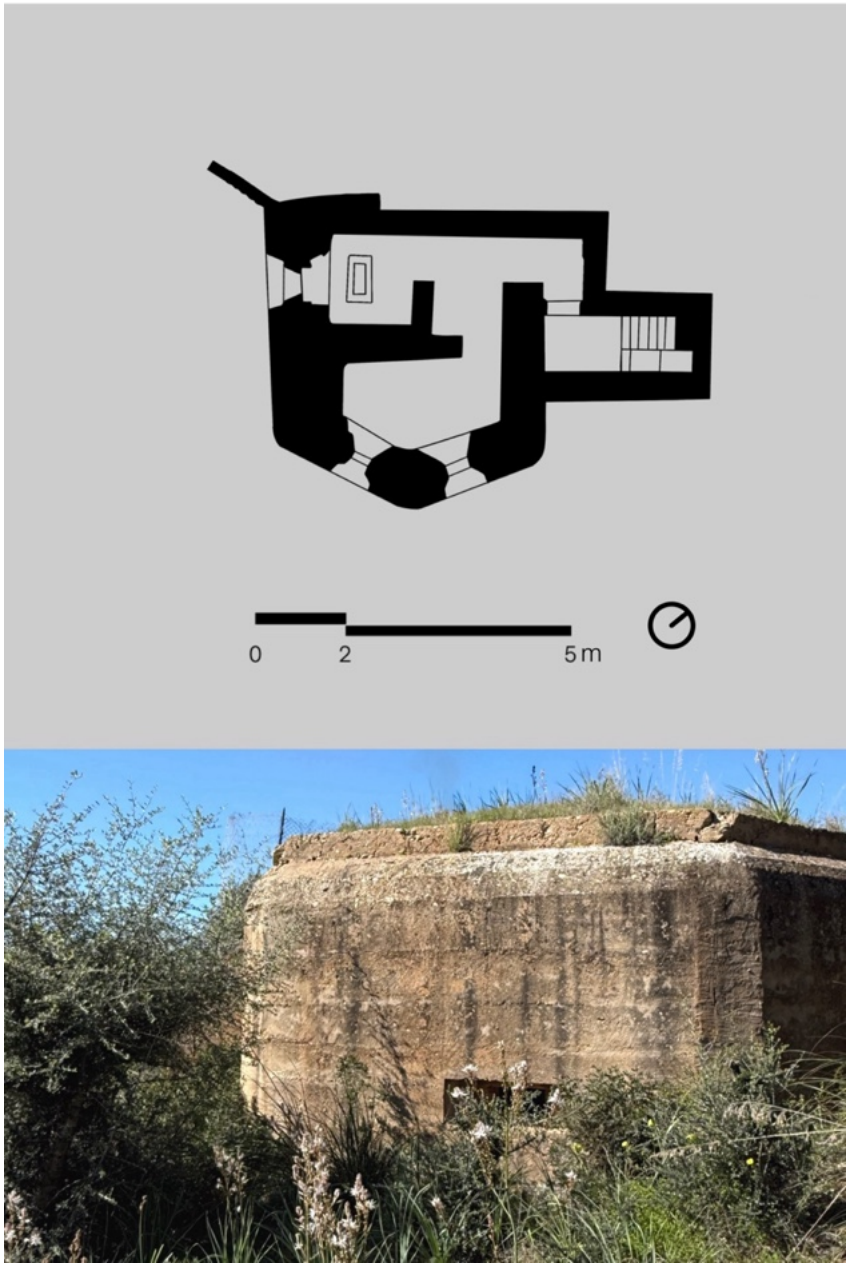


Fig. 4 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS01_BKC_02 (39°13'03.75"N 9°19'32.55"E)

Località: Perdigoni - Nuraghe Spina
Tipologia: BKC poliarma · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: limitata
Quota: 95,65 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: integrato nel terreno
Camouflage: collinetta + teli mimetici
Feritoie: 3 **Accesso:** rampa e scala alla marinara
Settore operativo: E-S
Area occupata: 24,4 m²
Pieno/vuoto: 56,4% / 43,6%

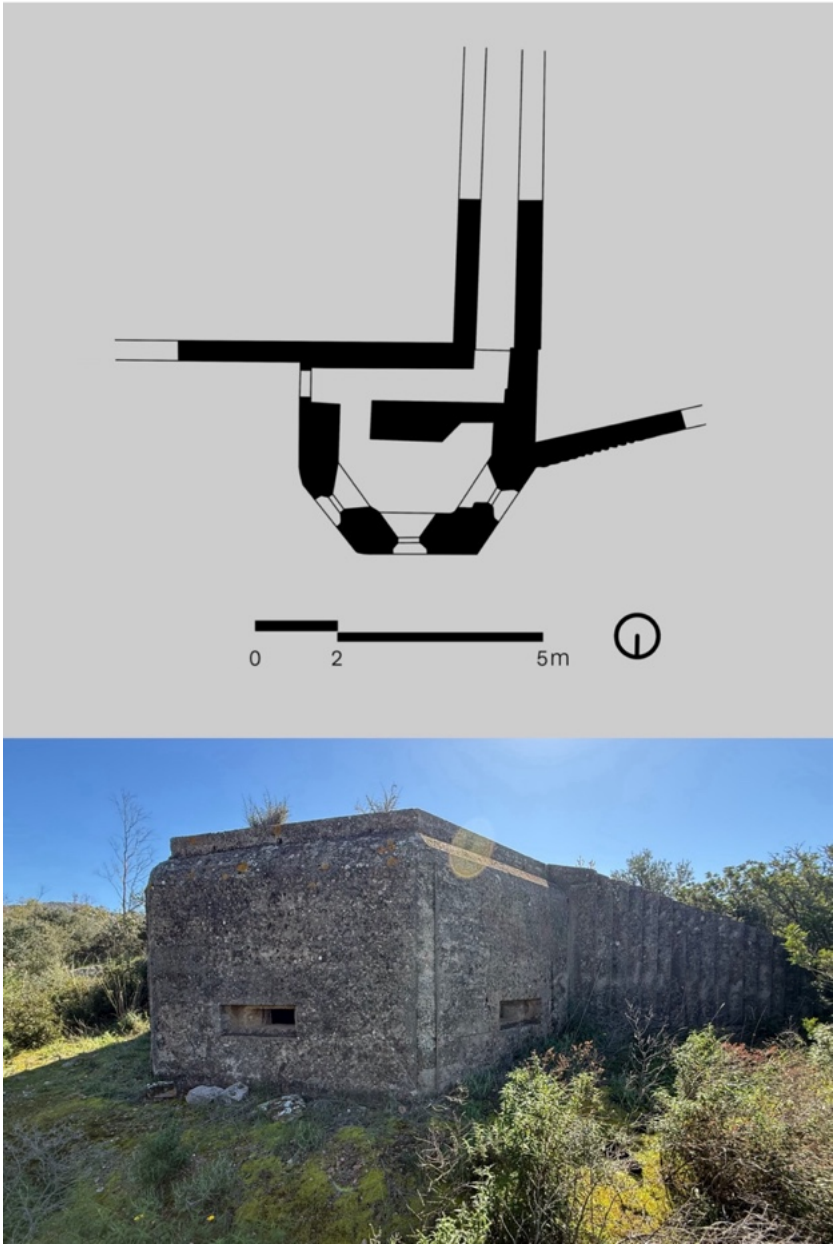


Fig. 5 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

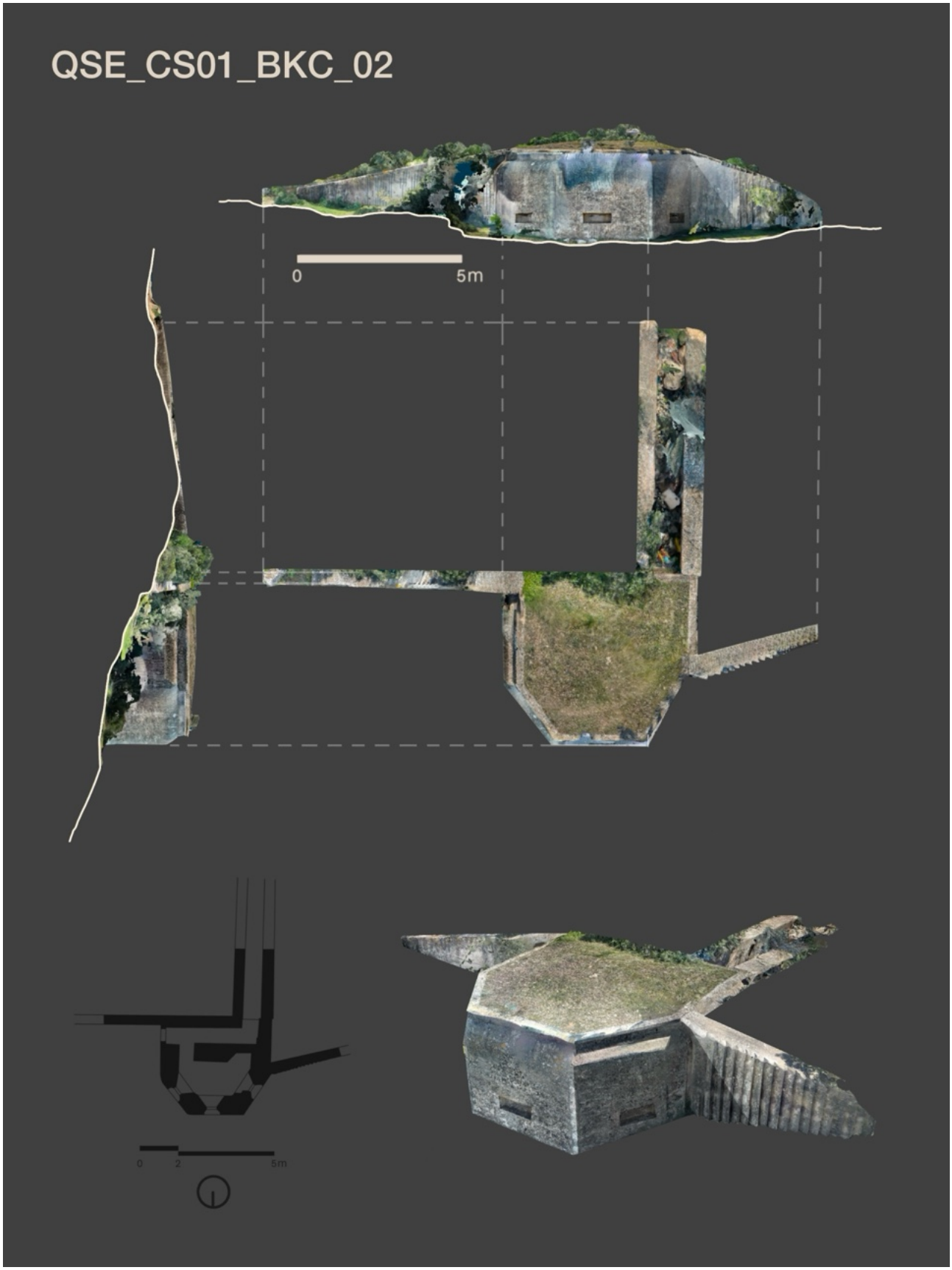


Fig. 6 — Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

5.2.3 — QSE_CS02 “Alcamo” (L3)

Il Caposaldo 02 “Alcamo” comprende sei opere poliarma ancora presenti nell’area di Is Meris, distribuite sul rilievo secondo orientamenti complementari e condizioni di reciproca copertura. Il raggruppamento occupa un’area relativamente estesa: tre postazioni si concentrano nel settore meridionale e tre più a nord, con una distanza fra i due nuclei che amplia la profondità spaziale del dispositivo rispetto ai capisaldi più compatti. Le quattro opere più a sud sono accessibili e sono state direttamente rilevate; delle due più settentrionali, entrambe comprese in proprietà private, una è quasi completamente occultata dalla vegetazione e l’altra è utilizzata come deposito. La posizione elevata mantiene comunque leggibile l’organizzazione complessiva del caposaldo e il rapporto delle opere con il versante e con il paesaggio di Flumini.

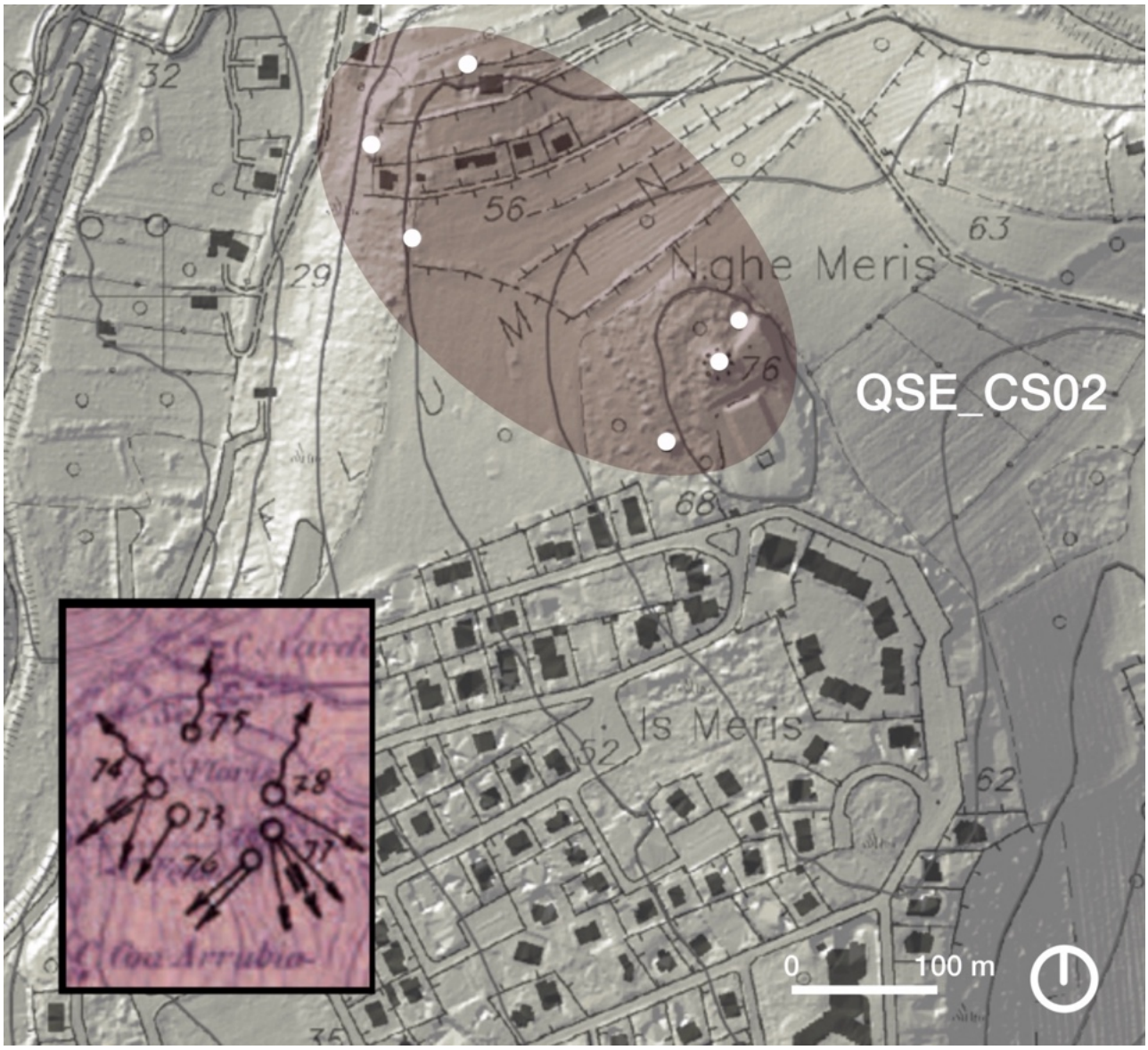


Fig. 7 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere del caposaldo. Elaborazione dell’autore su base GIS.



Fig. 8 —Tavola R multiscalare di lettura del raggruppamento. La vista zenitale derivata dalla nuvola di punti localizza le sei postazioni nella morfologia di Is Meris; le rispettive sagome vengono progressivamente isolate e correlate a un profilo del rilievo che ne restituisce posizione e articolazione altimetrica. Elaborazione dell'autore e Nicola Paba a partire dal rilievo UAS.

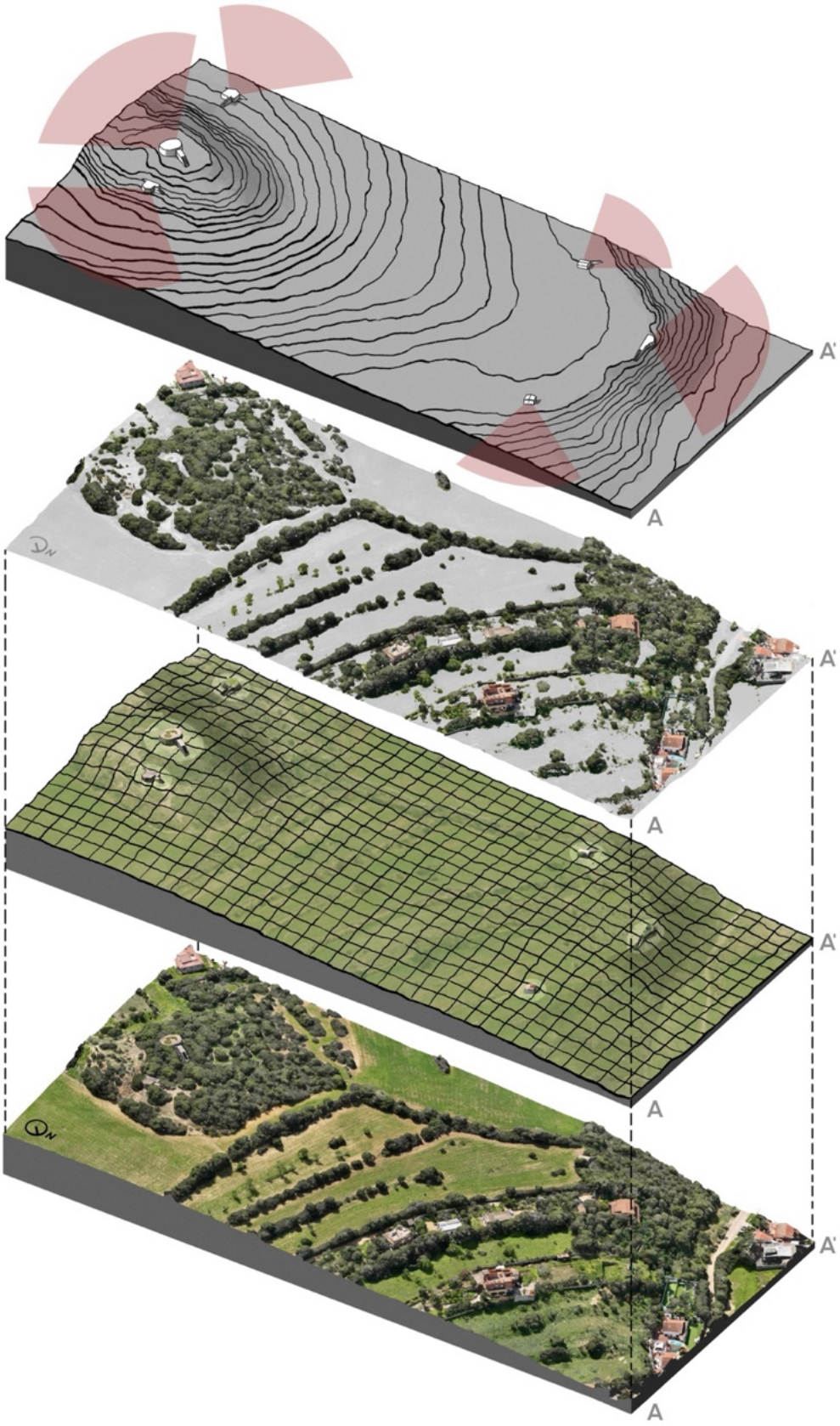


Fig. 9 — Tavola M multistrato del settore del caposaldo**:** l'esploso assonometrico assume come base metrica la nuvola di punti da rilievo UAS; da questa deriva una griglia del terreno depurata dalla vegetazione, alla quale si sovrappongono la copertura arborea e gli edifici del paesaggio attuale. Il livello superiore ricostruisce in forma sintetico-interpretativa l'assetto del 1943, mettendo in relazione curve di livello derivate dal rilievo, volumetrie semplificate dei bunker e campi di tiro rappresentati graficamente. Elaborazione dell'autore e Nicola Paba a partire dal rilievo UAS.

QSE_CS02_BKC_04 (39°13'00.93"N 9°18'58.52"E)

Località: Nuraghe Is Meris
Tipologia: BKC poliarma · HMG – HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buone
Accessibilità: discreta
Quota: 67,84 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: affiorante, vegetazione fitta
Camouflage: morfologico + teli mimetici
Feritoie: 2 **Accesso:** rampa inclinata
Settore operativo: S-O
Area occupata: 46,7 m²
Pieno/vuoto: 64% / 36%

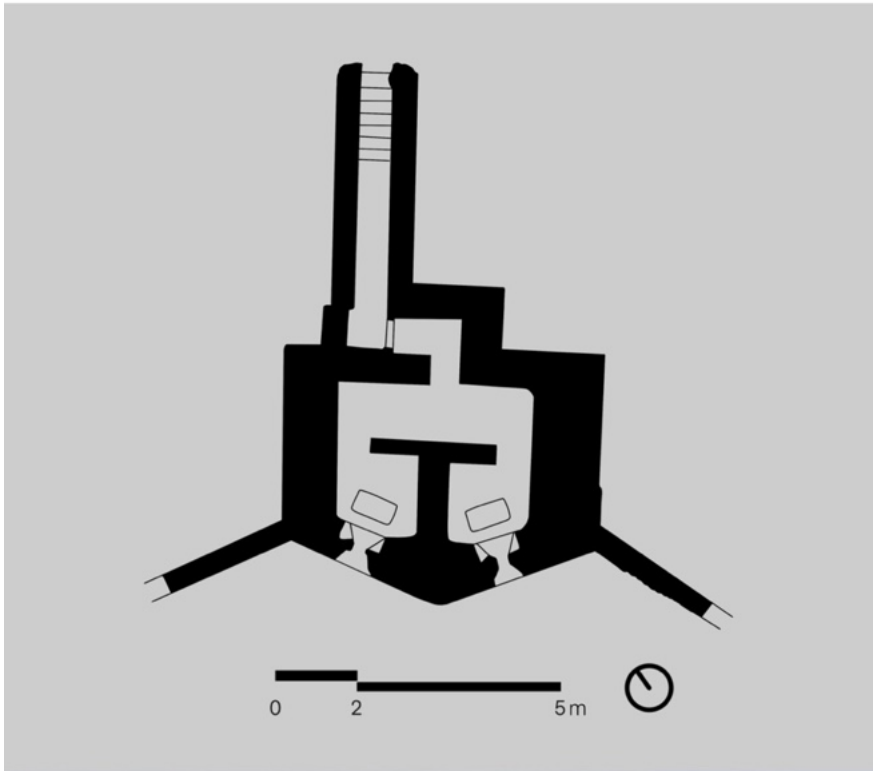




Fig. 10 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

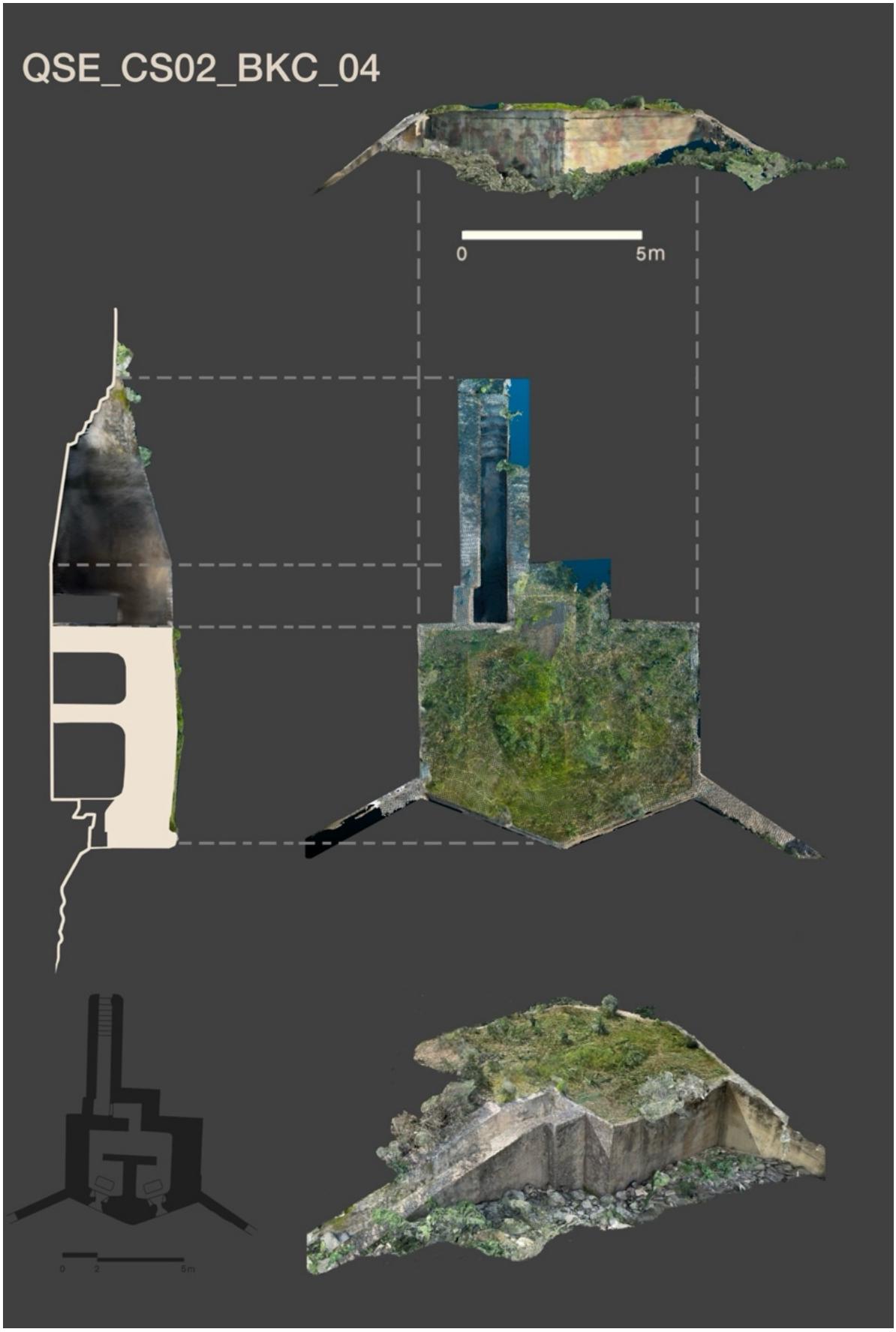


Fig. 11 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

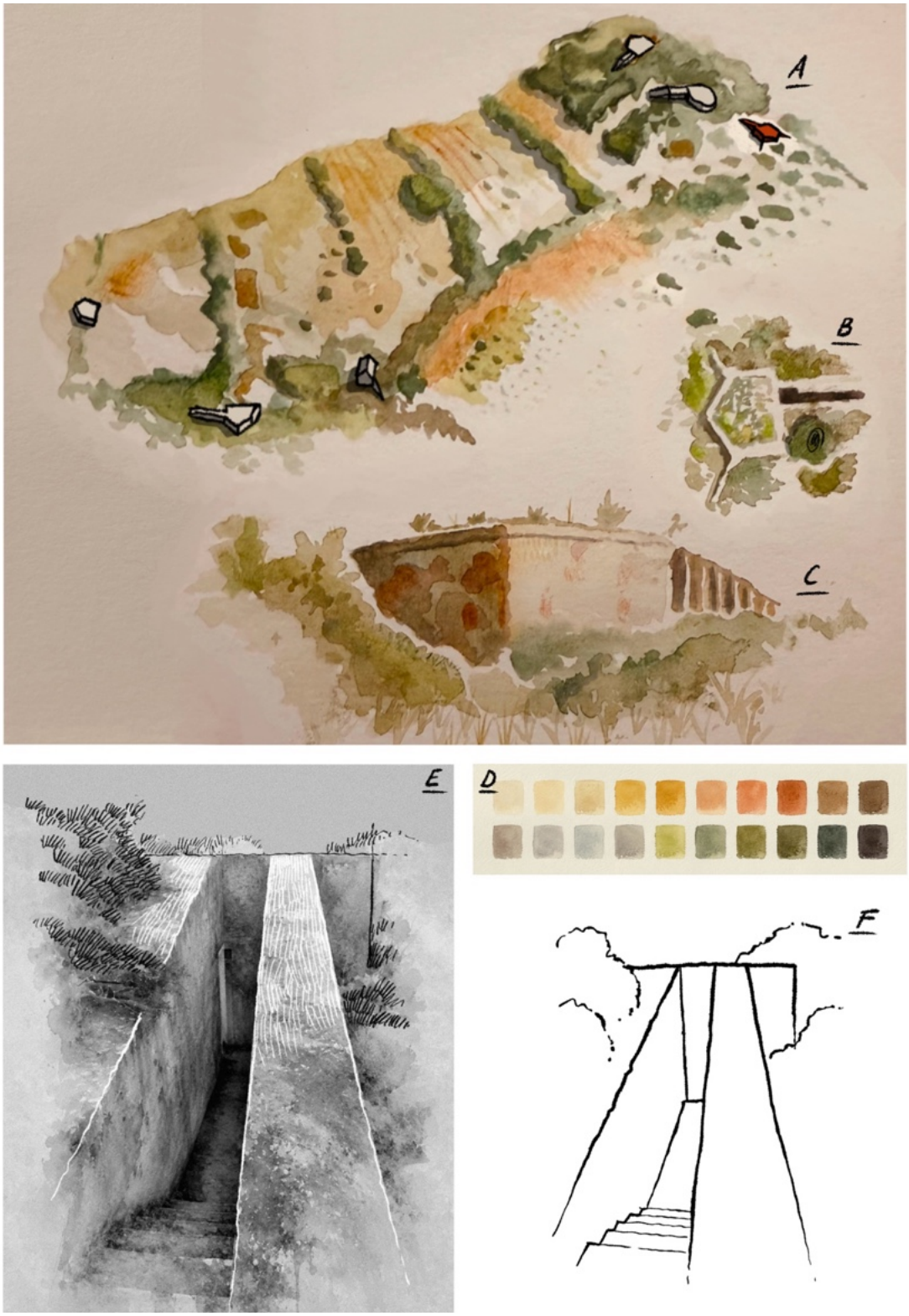


Fig. 12— Tavola P: lettura multiscalare del rapporto tra bunker, morfologia e accesso. La tavola integra una vista a volo d'uccello del caposaldo, nella quale il manufatto è evidenziato entro la morfologia del terreno e il sistema delle opere (A), e un inquadramento zenitale che restituisce la sagoma del bunker, le ali controterra, la rampa d'accesso, l'ombra portata e la vegetazione circostante (B). La vista esterna ad acquerello documenta l'emersione del volume dal verde e la pittura mimetica recente, già parzialmente dilavata (C), accompagnata da una palette cromatica (D). Completano la tavola uno studio ibrido in bianco e nero dell'ingresso e della rampa (E) e un disegno di sintesi della stessa vista (F). A: Y1.2; B: Y1.1; C: Y1.3; D: Y2.3; E: Y3.2; F: Y4.1.

QSE_CS02_BKC_05 (39°13'02.65"N 9°18'59.97"E)

Località: Nuraghe Is Meris
Tipologia: BKC poliarma · HMG – HMG -ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buone
Accessibilità: discreta
Quota: 74,86 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: affiorante, vegetazione fitta
Camouflage: rudere antico + teli mimetici
Feritoie: 3 **Accesso:** rampa inclinata
Settore operativo: SO-SE
Area occupata complessiva: 62,4 m (c.a.: 49,2 m²)
Pieno/vuoto 63,2% [c.a. + lapideo]: / 36,8%

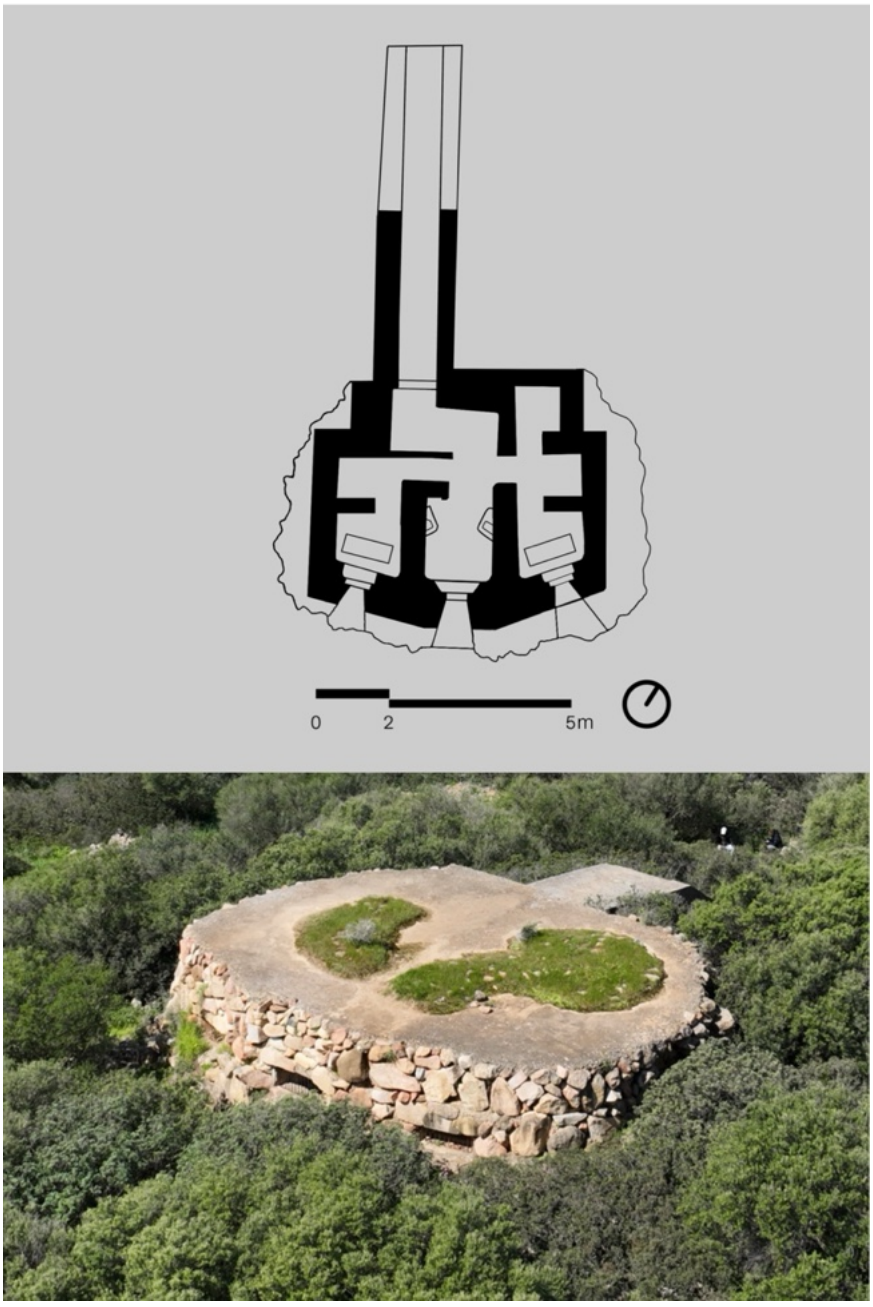


Fig. 13 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

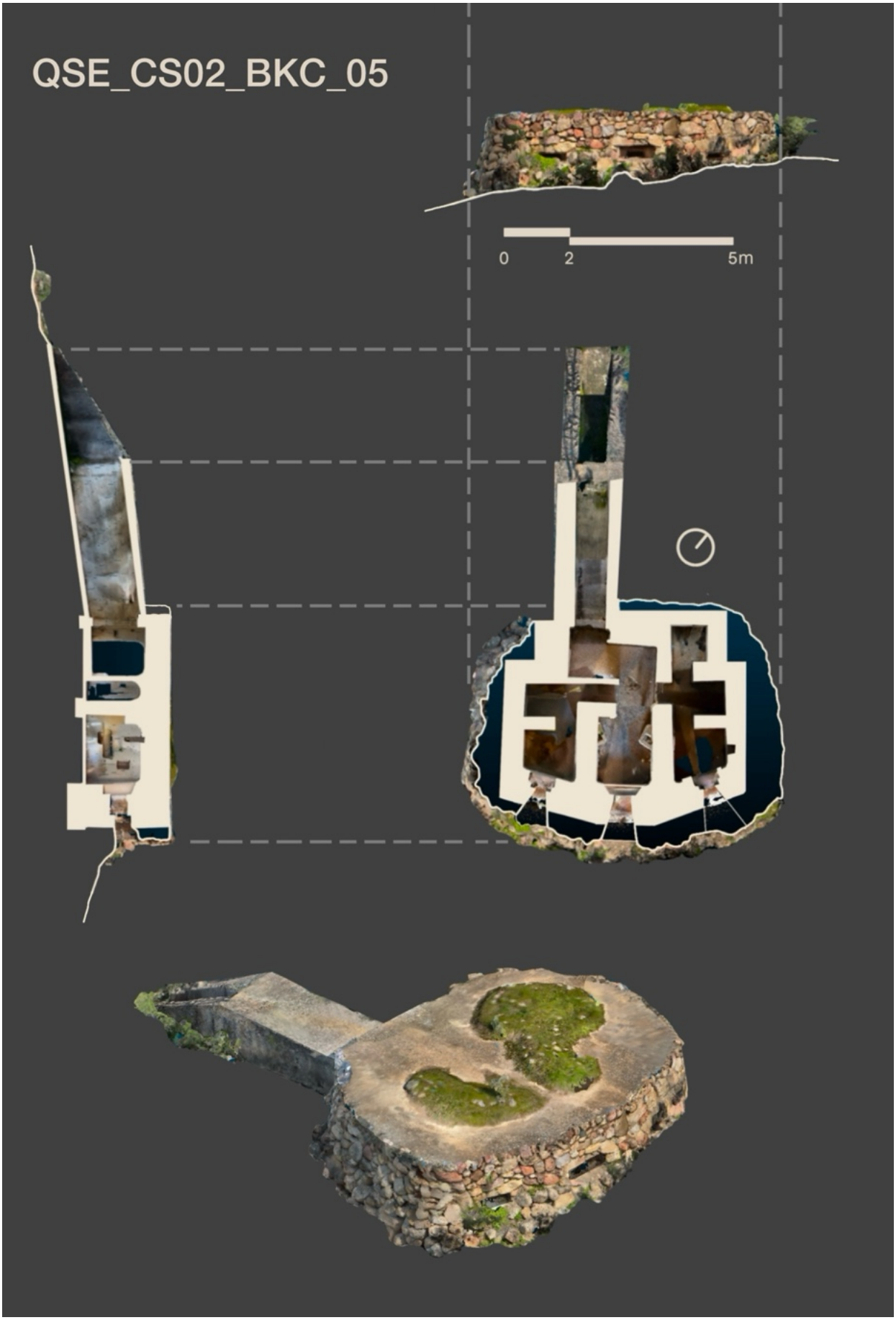


Fig. 14 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS02_BKC_06 (39°13'03.53"N 9°19'00.52"E)

Località: Nuraghe Is Meris
Tipologia: BKC poliarma · LMG – HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buone
Accessibilità: discreta
Quota: 72,19 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: affiorante, vegetazione fitta
Camouflage: morfologico + teli mimetici
Feritoie: 3 **Accesso:** rampa inclinata
Settore operativo: S-O
Area occupata: 41,5 m²
Pieno/vuoto: 64% / 36%

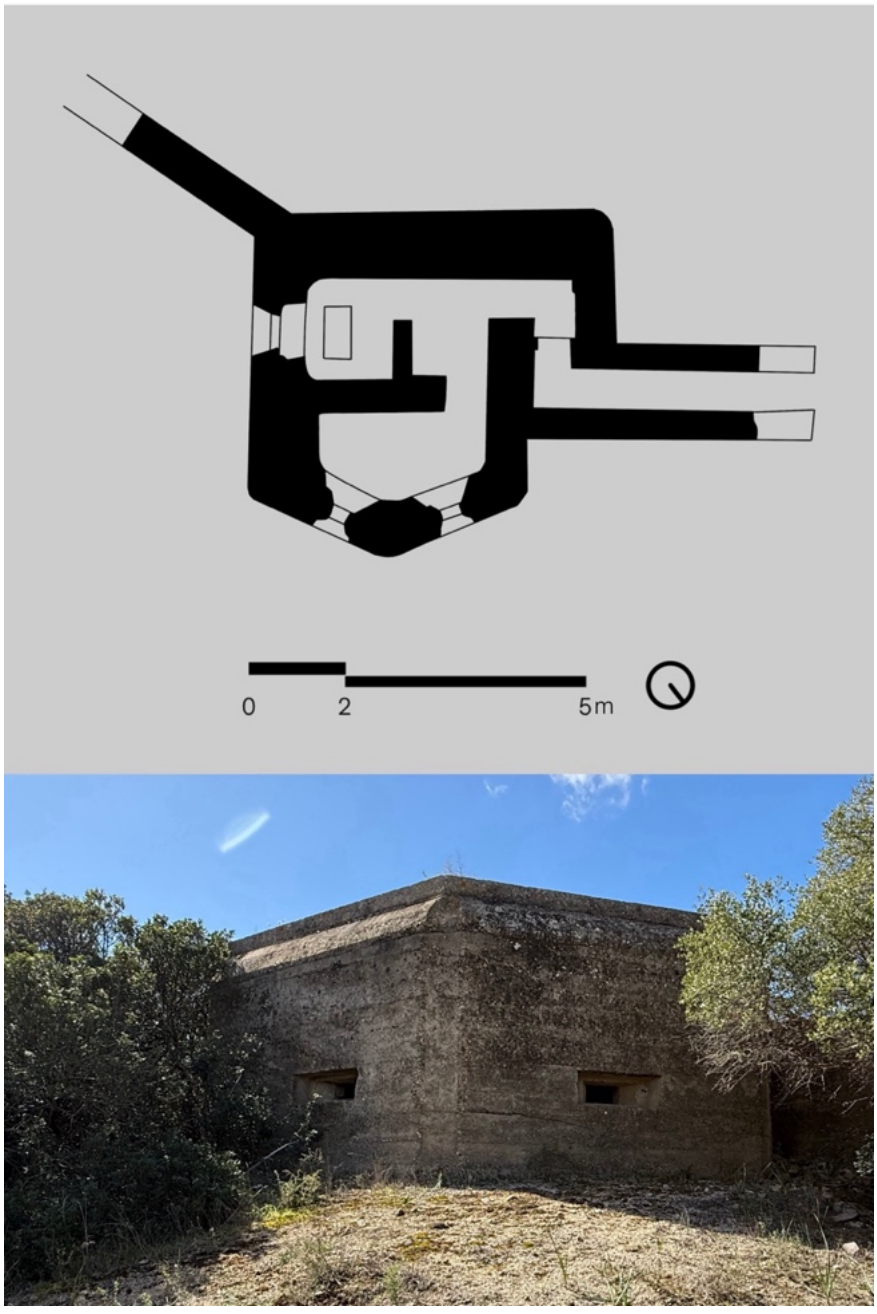


Fig. 15 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS02_BKC_07 (39°13'05.31"N 9°18'51.53"E)

Località: Nuraghe Is Meris
Tipologia: BKC poliarma · HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buone
Accessibilità: limitata
Quota: 50,06 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: affiorante
Camouflage: edificio rurale
Feritoie: 1 **Accesso:** gradini
Settore operativo: S-SO
Area occupata: 28,2 m²
Pieno/vuoto: 70,2% / 29,8%

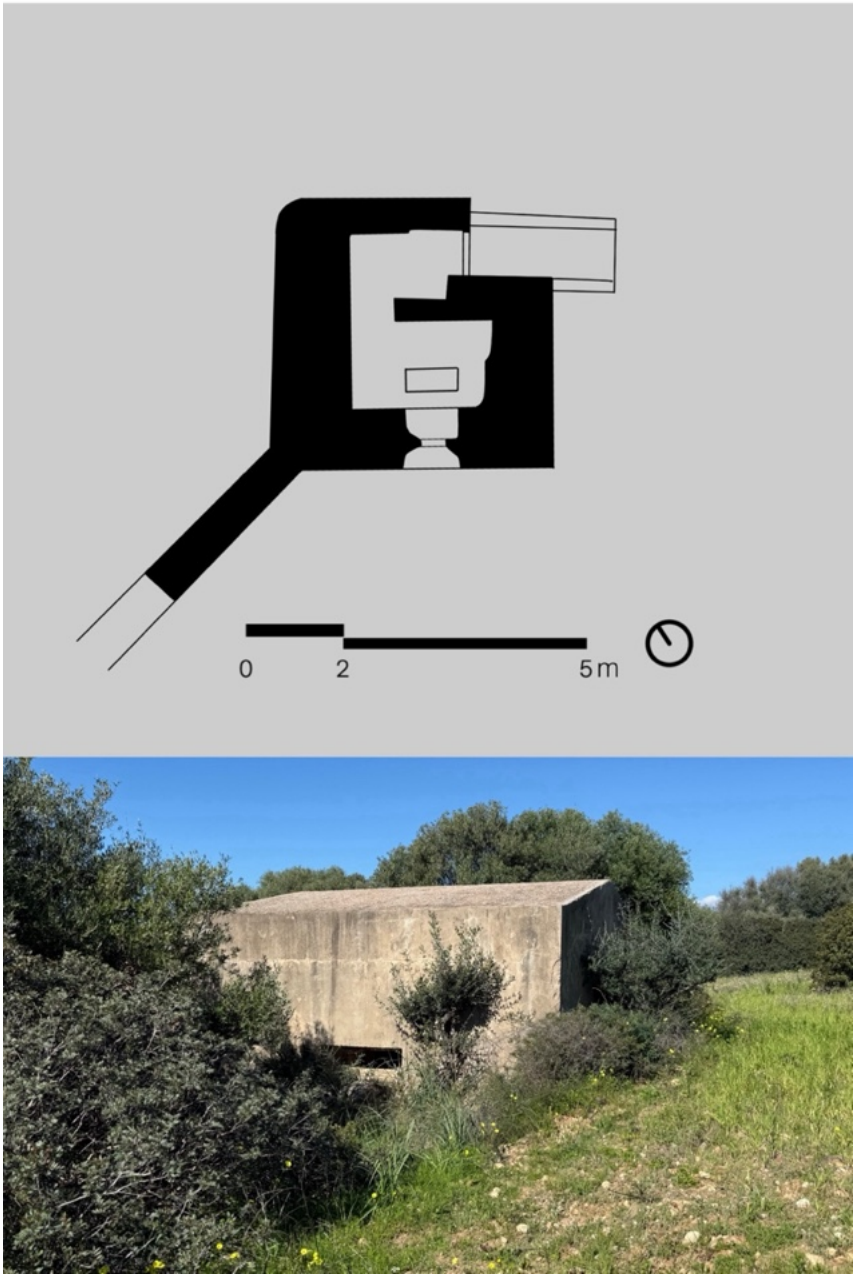


Fig. 16 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

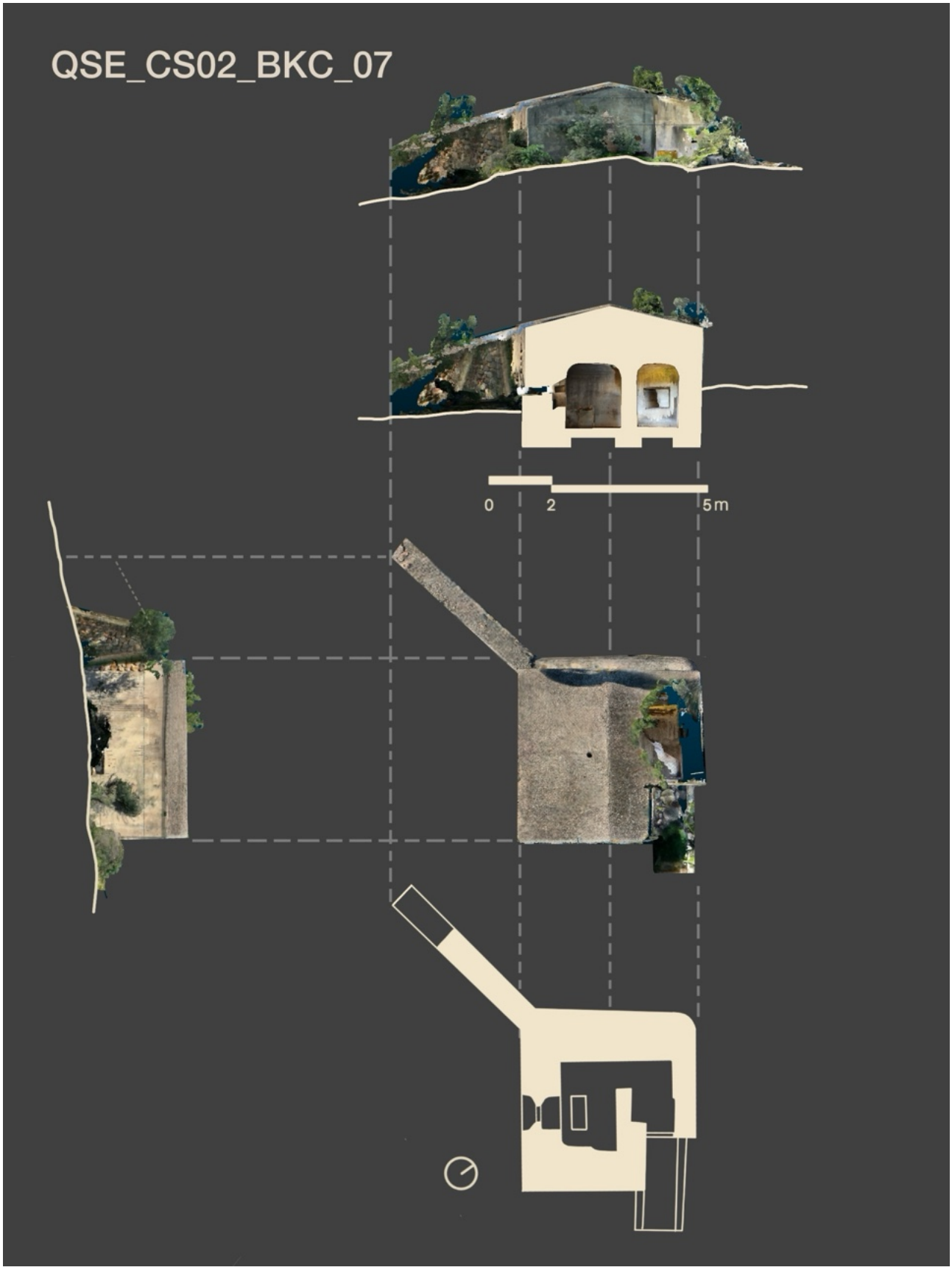


Fig. 17 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

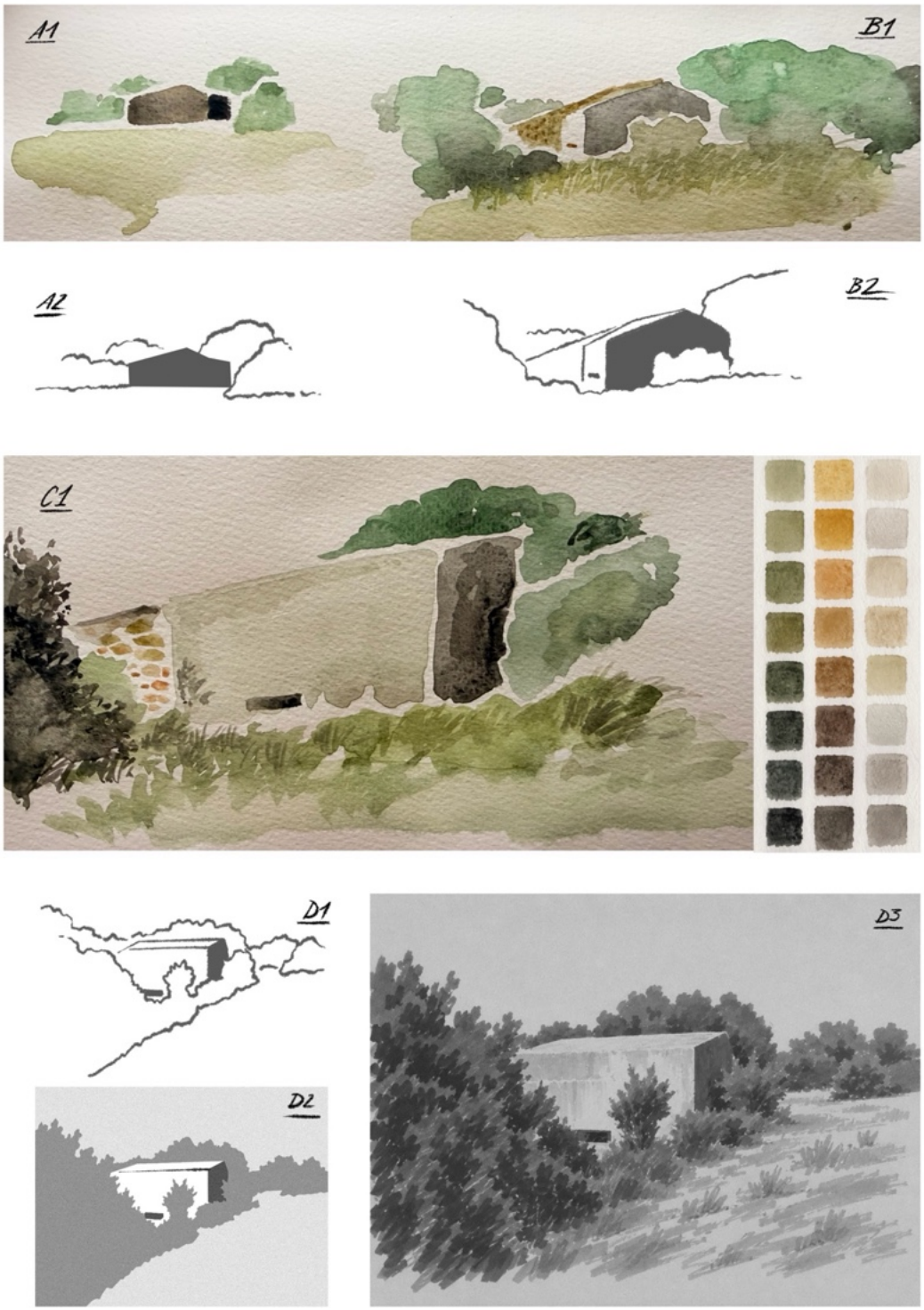


Fig. 18 — Tavola P sequenza di avvicinamento e confronto tra registri grafici. La parte superiore della tavola documenta l'avvicinamento da est verso ovest attraverso tre acquerelli eseguiti in situ il 26 febbraio 2026, a partire dalle ore 14:15, in condizioni di cielo sereno: A1, prima individuazione del manufatto a circa 58 m, sviluppata in due minuti; B1, vista intermedia a circa 30 m, eseguita in tre minuti; C1, osservazione ravvicinata a circa 6 m, sviluppata in dieci minuti e accompagnata dalla palette cromatica C2. Le corrispondenti sintesi A2 e B2 riducono le scene a profili e masse essenziali. Nella parte inferiore, una seconda vista, leggermente defilata e osservata anch'essa da circa 6 m, è restituita mediante sintesi (D1), notan digitale (D2) e marker su carta grigia (D3). Le elaborazioni digitali sono state completate il 10 giugno 2026. A1–C1, A2–B2 e D2–D3: Y1.3; C2: Y2.3; D1: Y4.1.

Scheda X — Fig.18
Sequenza di avvicinamento e confronto tra registri grafici
Raggruppamento: QSE_CS02 — CS II “Alcamo”
Localizzazione: Quartu Sant’Elena
Data del sopralluogo: 26 febbraio 2026
Ora di inizio: 14:15
Condizioni atmosferiche: cielo sereno
Direzione dell’avvicinamento: da est verso ovest
Tecniche: acquerello su carta eseguito in situ; sintesi disegnata su supporto digitale; notan digitale; marker su carta grigia
Rielaborazioni digitali: 10 giugno 2026

Elaborato	Distanza	Durata / modalità	Codice	Funzione
A1	58 m	acquerello, 2 min	Y1.3	prima individuazione nel paesaggio
A2	58 m	sintesi digitale	Y1.3	isolamento della silhouette
B1	30 m	acquerello, 3 min	Y1.3	avvicinamento intermedio
B2	30 m	sintesi digitale	Y1.3	riduzione di profilo e masse
C1	6 m	acquerello, 10 min	Y1.3	lettura ravvicinata
C2	associata a C1	palette	Y2.3	campionamento cromatico
D1	6 m, vista defilata	sintesi lineare	Y4.1	astrazione della configurazione essenziale
D2	6 m, stesso punto	notan digitale	Y1.3	rapporto figura–sfondo
D3	6 m, stesso punto	marker su carta grigia	Y1.3	restituzione tonale articolata

Il caposaldo presenta una marcata varietà tipologica e di strategie di camouflage. Le opere non ripetono una configurazione uniforme, ma associano differenti geometrie e modalità di inserimento nel sito: integrazione nel terreno, rivestimenti lapidei, forme edilizio-rurali e adattamento a preesistenze. Il caso più evidente è la postazione integrata nei resti del Nuraghe Is Meris, dove il rivestimento in pietra modifica la percezione del volume in calcestruzzo e lo riconduce visivamente all’immaginario della preesistenza nuragica; altre opere affidano invece il mascheramento alla morfologia o all’assunzione di un’apparenza edilizia rurale. Il confronto fra i sei manufatti rende quindi leggibili, entro uno stesso raggruppamento, differenti soluzioni architettoniche, tipologiche e mimetiche. Per un approfondimento specifico del caposaldo e della sua documentazione multiscalare, cfr. Sanna et al. (2026).



Fig. 19 —Foto da drone. Ricognizione UAV di Nicola Paba)

5.2.4 — QSE_CS03 “Trapani” (L2)

Il Caposaldo 03 “Trapani” occupa il rilievo di Casa Currilla e comprende sei postazioni poliarma, una casamatta-osservatorio e alcuni elementi campali associati. La verifica diretta ha interessato una sola delle opere, collocata in prossimità della strada; le altre ricadono entro proprietà private e non sono risultate facilmente accessibili, ma la ricognizione aerea ne consente di riconoscere la posizione e conferma nel complesso la permanenza del raggruppamento. La distribuzione sul rilievo articola postazioni da combattimento e osservazione secondo orientamenti differenti, restituendo un dispositivo articolato nel quale la copertura del territorio circostante è completa.

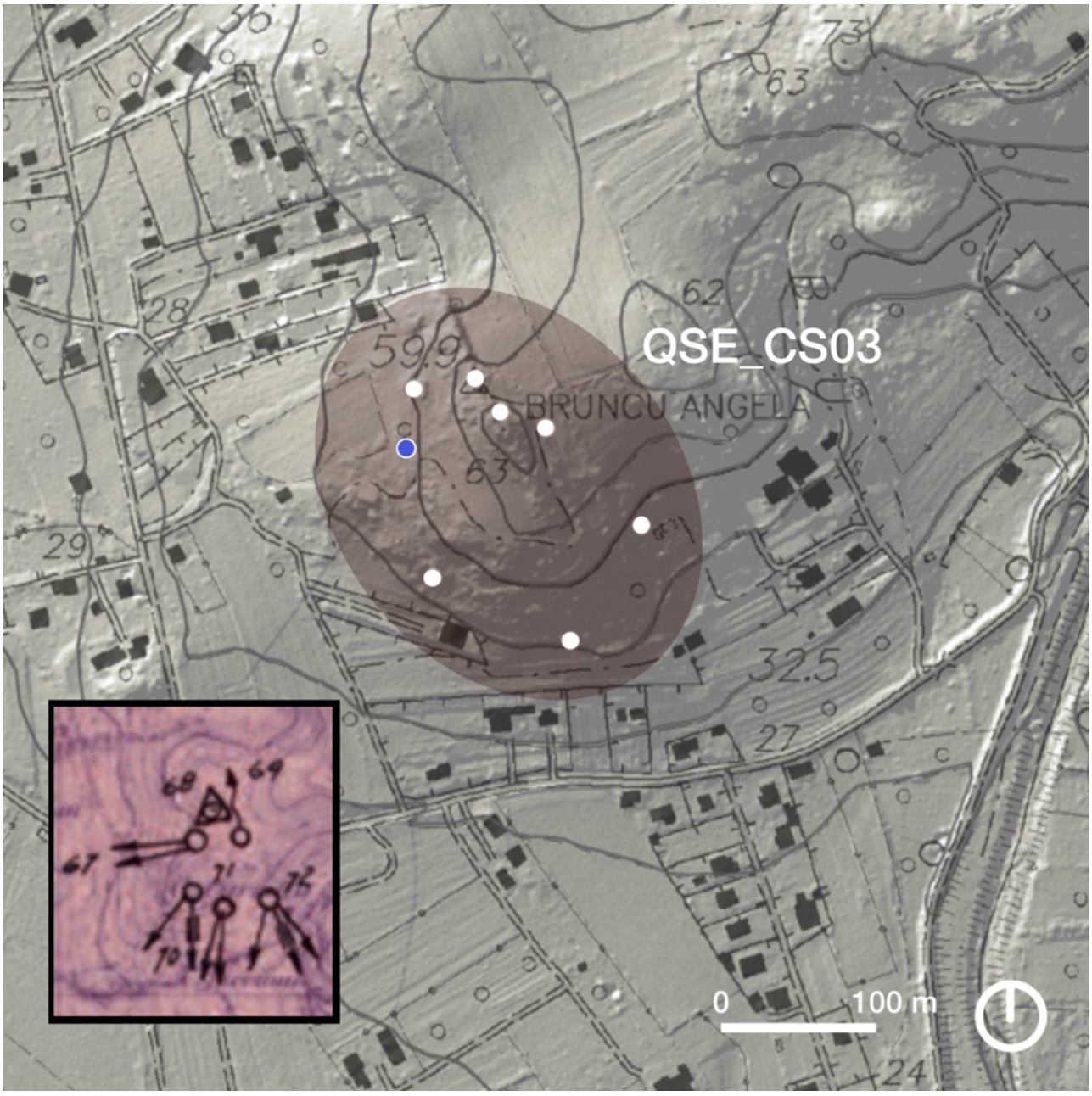


Fig. 20 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere del caposaldo. Elaborazione dell’autore su base GIS.

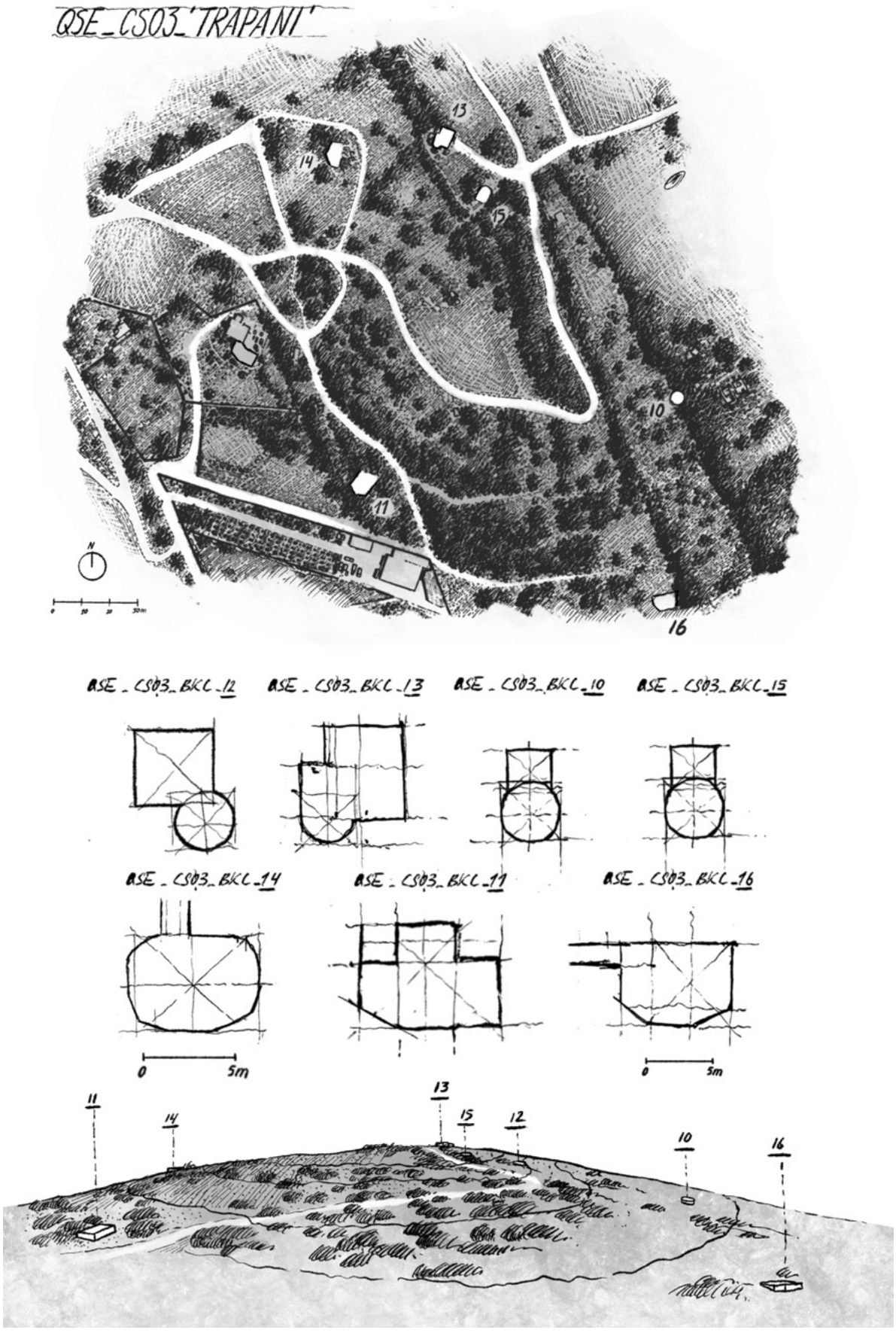


Fig. 21 —Tavola R: lettura del raggruppamento alla scala del raggruppamento difensivo, eidotipi planimetrici e profilo del rilievo. Elaborazione dell'autore.

5.2.5 — QSE_CS04 “Sciacca” (L2)

Il Caposaldo 04 “Sciacca” comprende quattro postazioni poliarma disposte in un settore prevalentemente pianeggiante, secondo orientamenti differenziati che costruiscono una copertura complessivamente avvolgente del territorio circostante. L’intero raggruppamento ricade oggi entro proprietà private recintate e non è stato possibile accedere direttamente alle opere; due postazioni sono state tuttavia osservate dall’esterno e risultano ancora riconoscibili e apparentemente ben conservate, sebbene parzialmente schermate dalla vegetazione. Il caposaldo affidava la copertura del settore alla cooperazione fra opere differenti tra loro per impianto, dimensioni e camouflage.

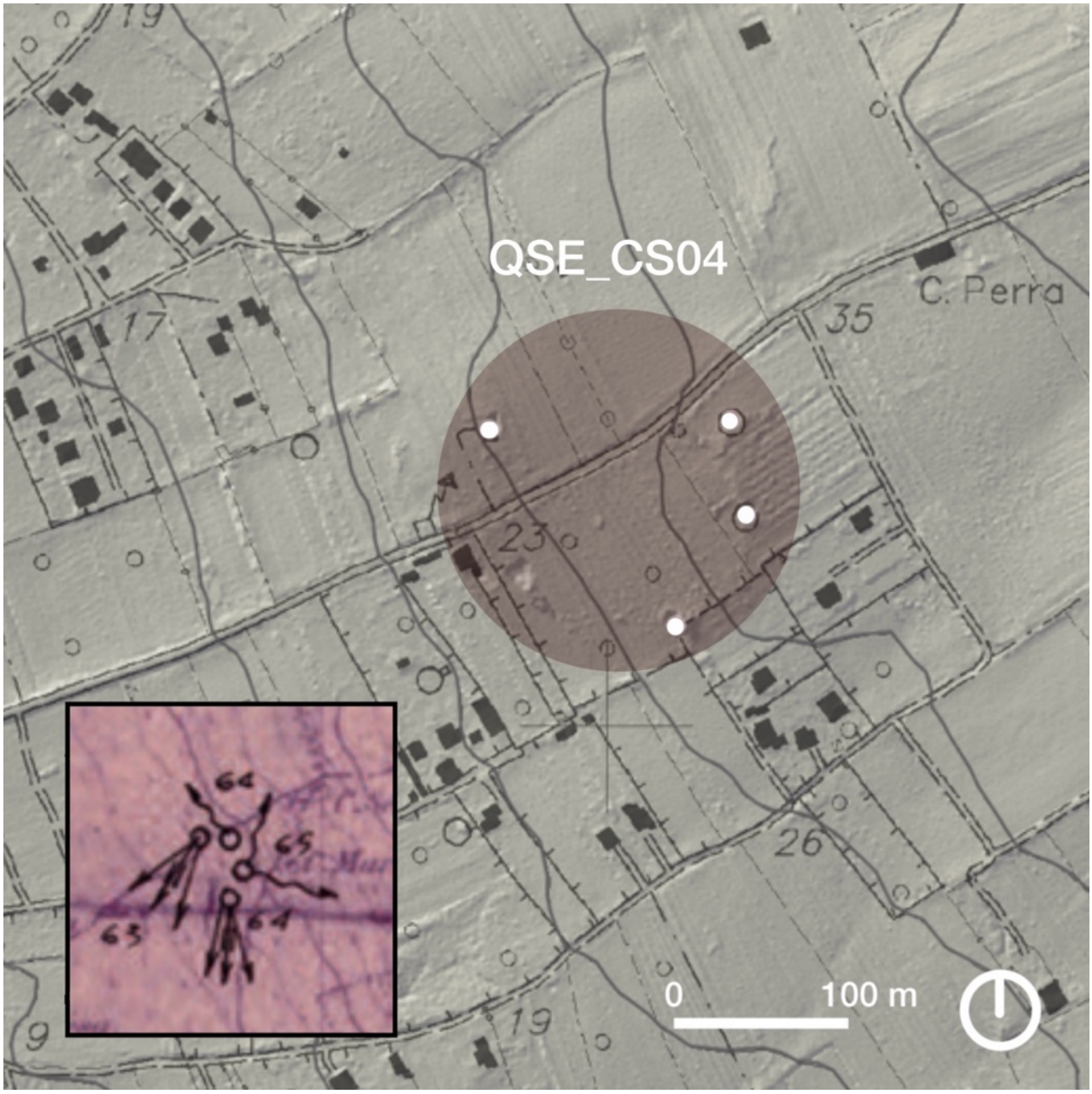


Fig. 22 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere del caposaldo. Elaborazione dell’autore su base GIS.

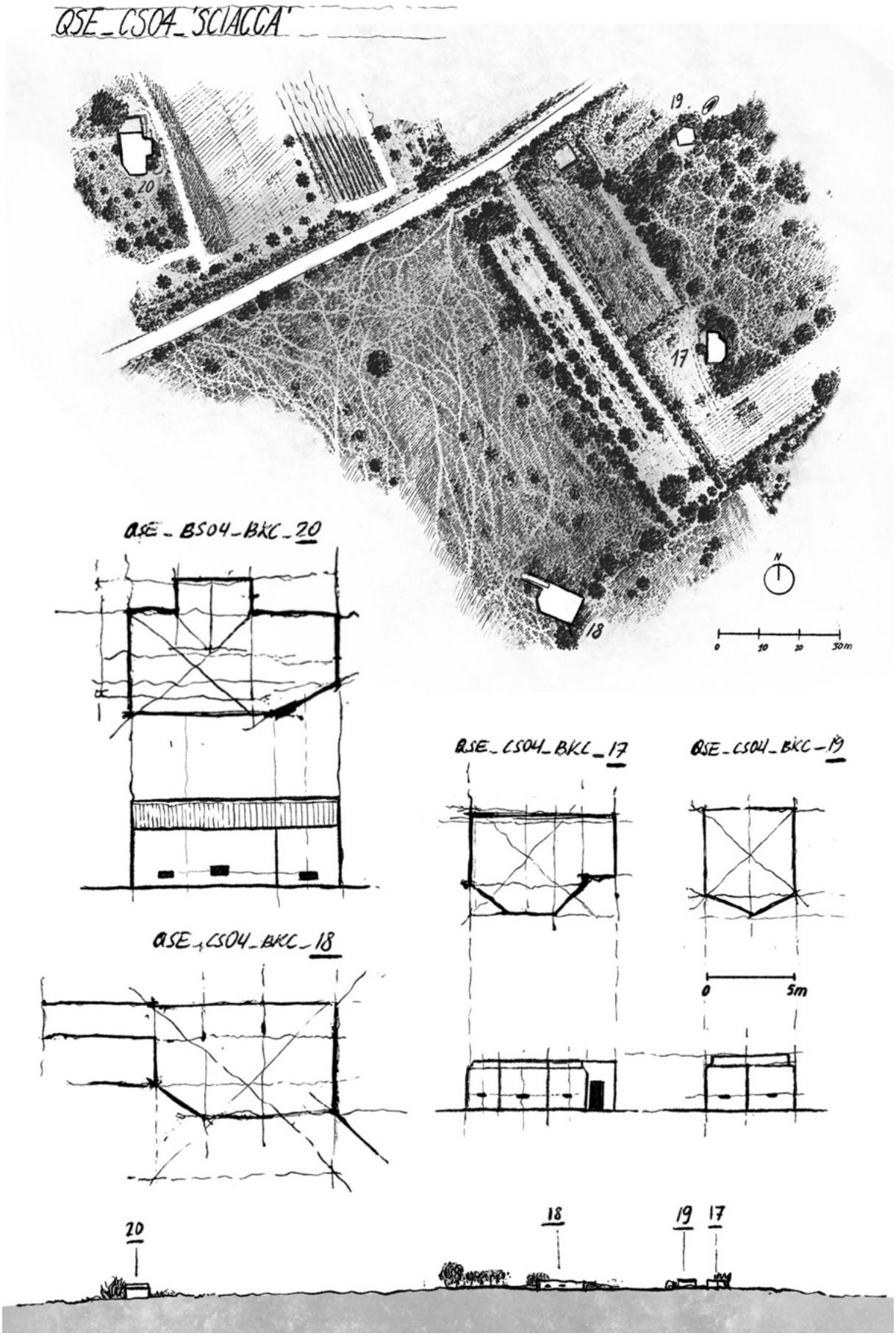


Fig. 23 —Tavola R: lettura del raggruppamento in vista zenitale, eidotipi dei bunker e sezione paesaggistica che evidenzia la disposizione in pianura. Elaborazione dell'autore.

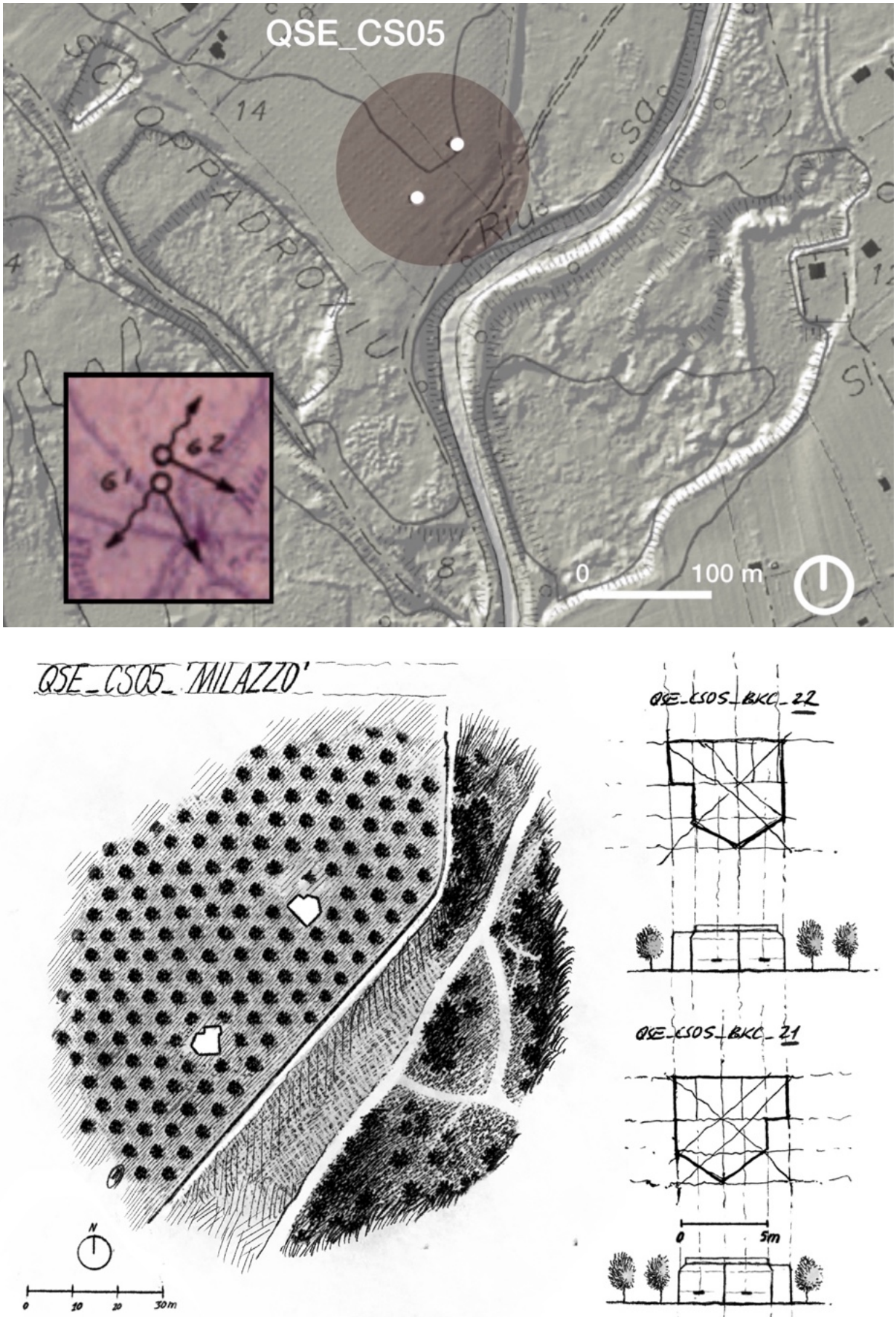


Fig. 24 — QSE_CS05 "Milazzo". Inquadramento territoriale **(T)** lettura del raggruppamento **(R).**

5.2.7 — QSE_CS06 "Arcireale" – QSE_CS07 "Marsala" (L2)

Il Caposaldo 06 "Arcireale" e 07 "Marsala" occupano due porzioni successive dello stesso rilievo lungo il Riu Corongiu e San Martino. Arcireale presenta un impianto prevalentemente lineare, costituito da due bunker poliarma affiancati da tre postazioni circolari, tra cui un Tobruk, e da una postazione campale. Le opere circolari ampliano la copertura laterale delle due postazioni principali, maggiormente direzionali; una delle opere comprende anche una posizione per arma controcarro. Il caposaldo Marsala**,** più a nord, conserva quattro bunker poliarma, riconducibili a due configurazioni ripetute e armati con mitragliatrici leggere e pesanti, disposti in modo da assicurare una copertura complessivamente avvolgente. Una delle postazioni, collocata al margine di una proprietà recintata, conserva il mascheramento a finta abitazione. Chiude il sistema, più a nord, l'Osservatorio di Artiglieria San Martino. Le opere sono state verificate esternamente durante la ricognizione e attraverso la lettura zenitale, ma non sono state oggetto di rilievo.

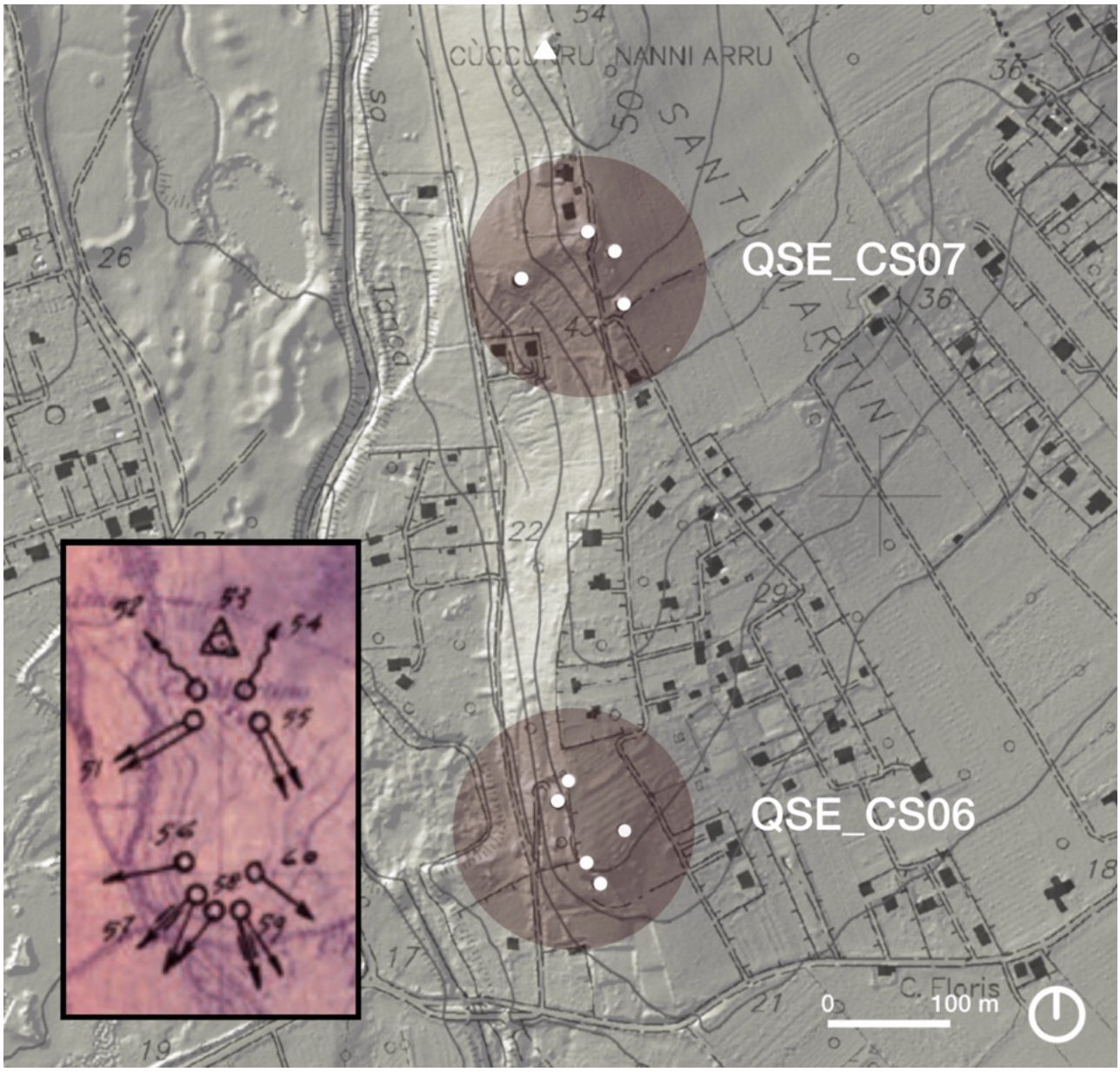


Fig. 25 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

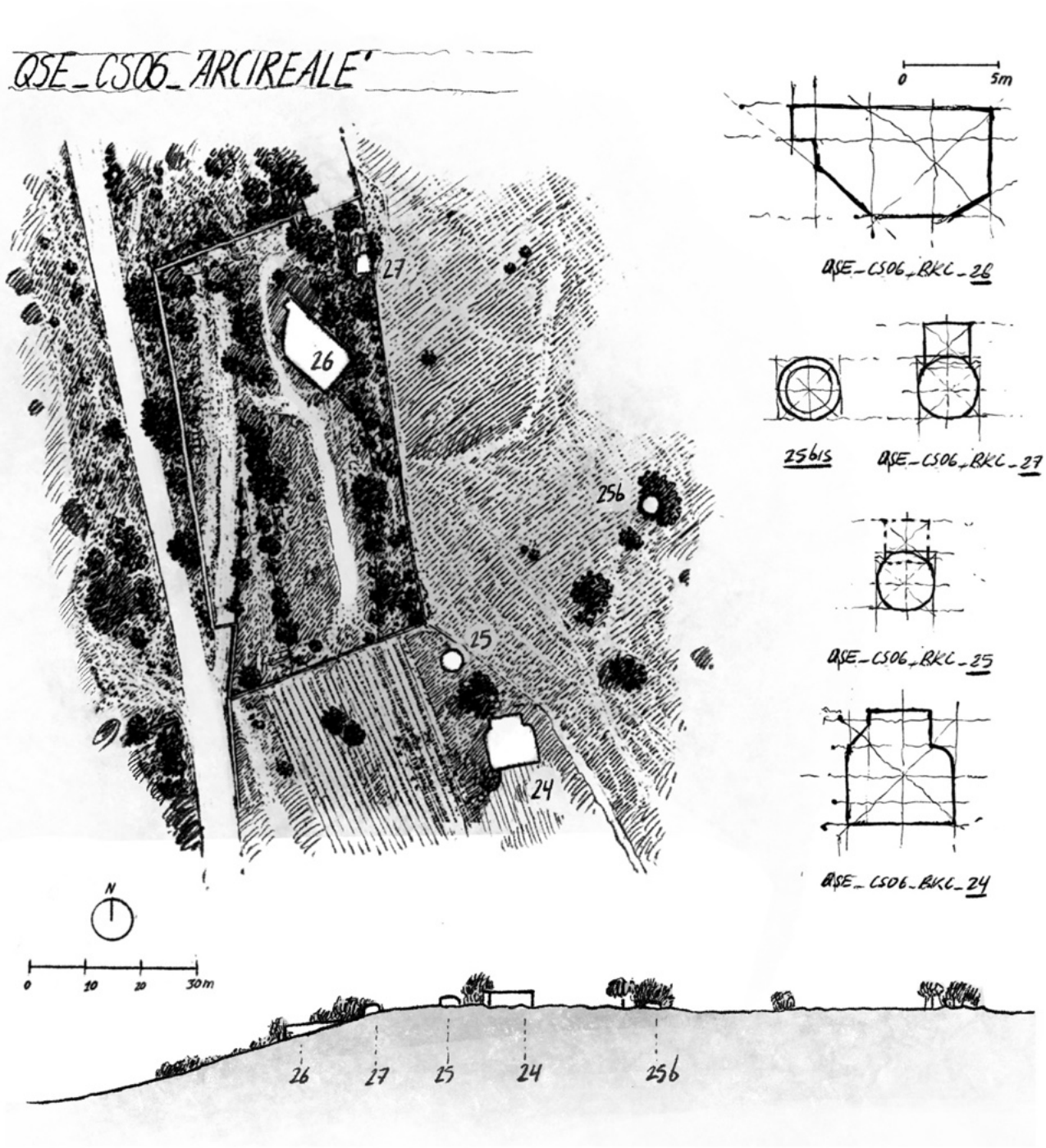


Fig. 26 —Tavola R: lettura zenitale del raggruppamento in rapporto al Riu Corongiu, eidotipi e sezione paesaggistica. Elaborazione dell'autore.

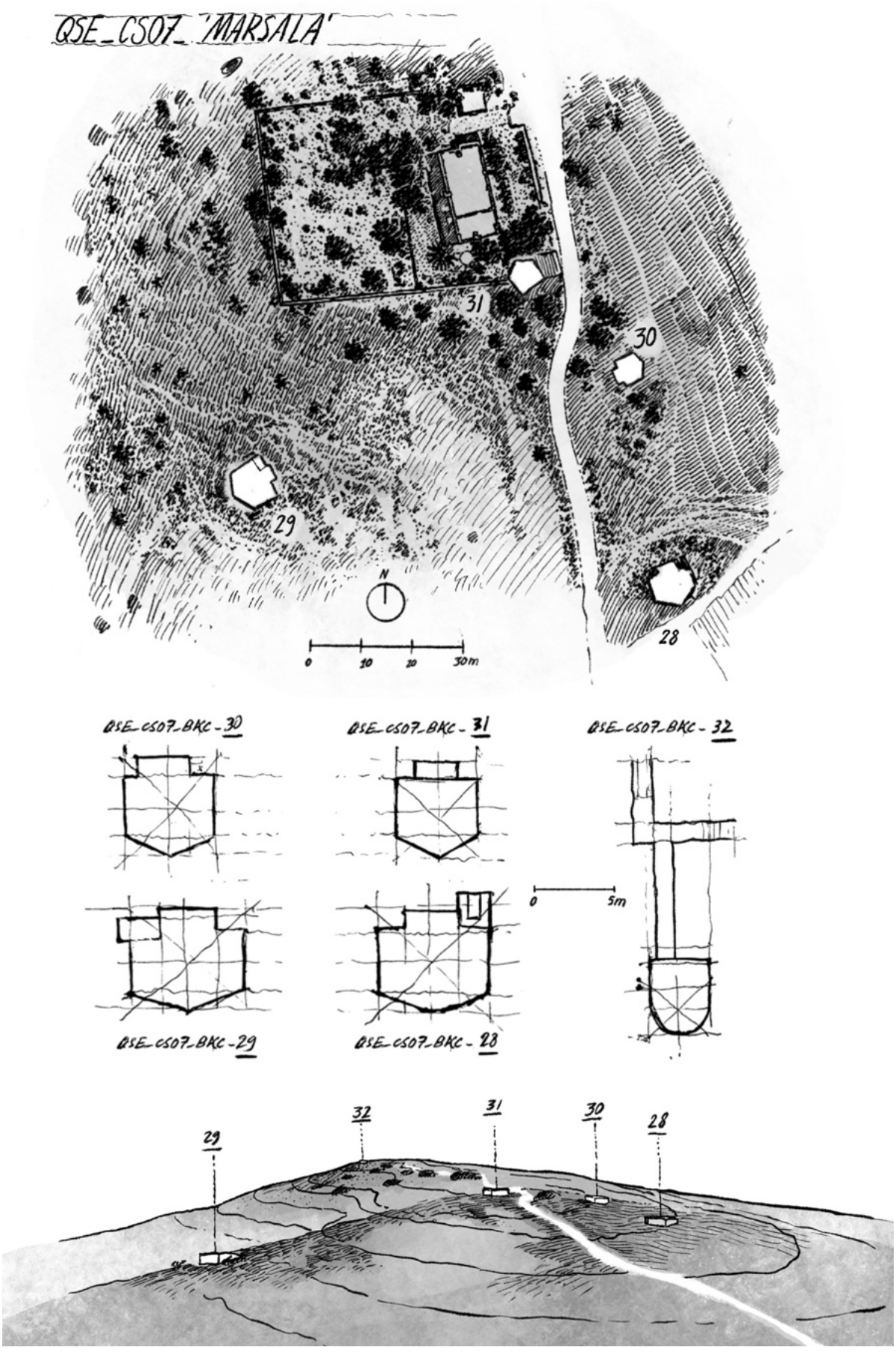


Fig. 27 — Tavola R: relazione fra le quattro postazioni del caposaldo e l'Osservatorio di Artiglieria San Martino. Elaborazione dell'autore.

5.2.8 — QSE_CS08 “Nicosia” – QSE_CS09 “Enna” (L2)

Il caposaldo 08 “Nicosia” e 09 “Enna” si dispongono lungo la direttrice Flumini–S.S. 125, in un settore oggi profondamente trasformato dall’edificazione privata. Il caposaldo “Nicosia” comprende quattro bunker poliarma di configurazione differenziata, due dei quali associavano alla mitragliatrice una postazione controcarro, oltre a un dispositivo campale attestato lungo la rotabile. Le opere ricadono oggi entro proprietà private e sono in parte schermate dalla vegetazione; non sono state rilevate direttamente, ma la ricognizione zenitale ne consente il riconoscimento e la verifica dell’impianto generale. Il caposaldo “Enna” comprende tre postazioni poliarma anch’esse inserite nel tessuto agricolo-residenziale: una rimane visibile al margine di una proprietà dal campo coltivato, mentre le altre due sono addossate agli edifici; una di queste è utilizzata come deposito.

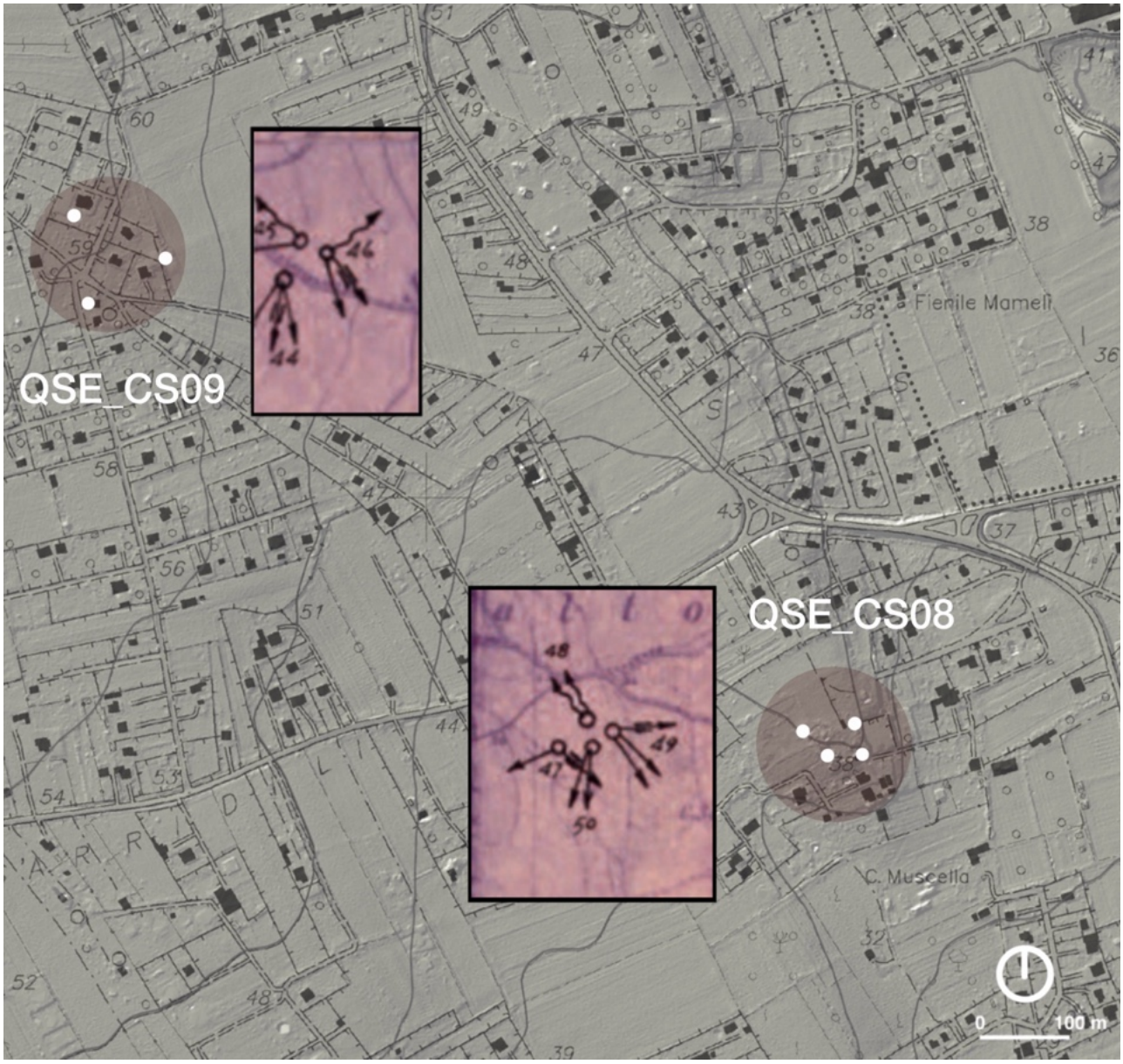


Fig. 28 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell’autore su base GIS.

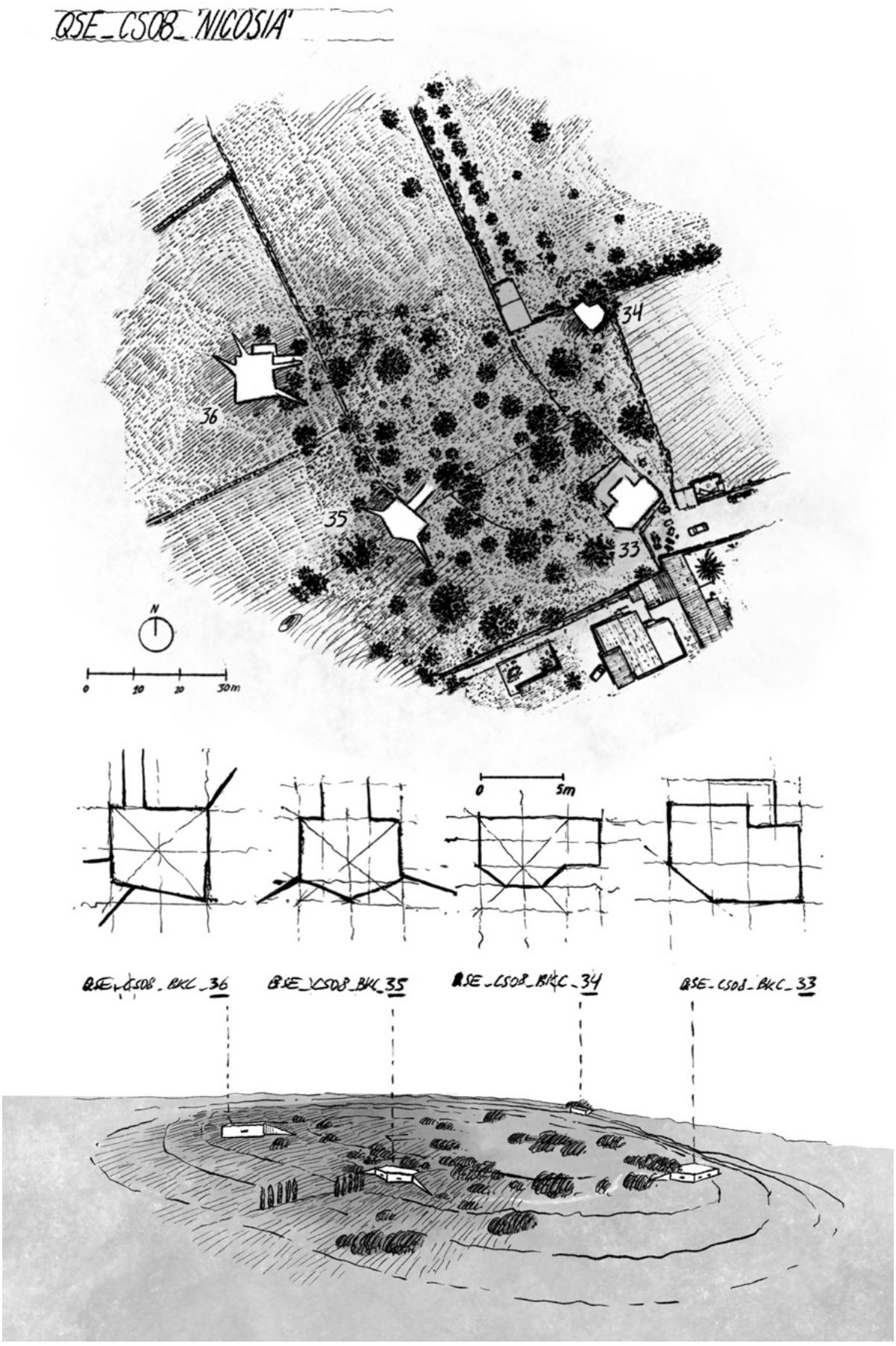


Fig. 29 —Tavola R: lettura zenitale del raggruppamento, eidotipi dei bunker e disegno a volo d'uccello che evidenzia le relazioni fra opere permanenti. Elaborazione dell'autore.

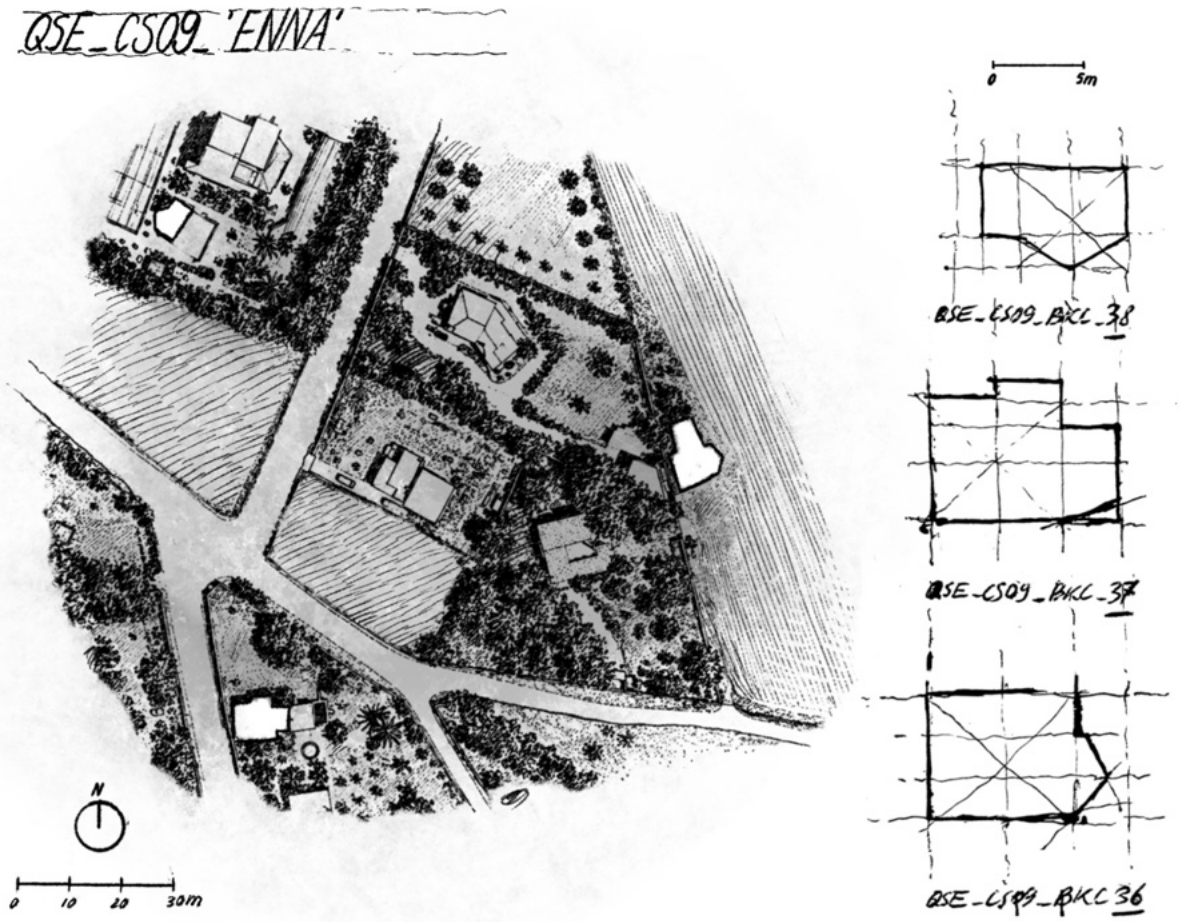


Fig. 29 —Tavola R: lettura zenitale ed eidotipi delle tre postazioni attestate. Elaborazione dell'autore.



Fig. 30 — QSE_CS09_BKC_37 del caposaldo"Enna", Quartu Sant'Elena. Foto di Daniele Grioni.

5.2.9 — QSE_CS10 "Erice" – QSE_CS11 "Calatafimi" (L1)

Il caposaldo 10 "Erice" e 11 "Calatafimi" occupavano due settori oggi profondamente modificati dall'attività di cava. Il caposaldo **"**Erice" comprendeva cinque postazioni poliarma: BKC39 è ancora riconoscibile all'interno di una proprietà privata, mentre la ricognizione zenitale individua, nell'area di cava, tracce compatibili con le posizioni di BKC40 e BKC41, la cui effettiva permanenza richiede una verifica diretta. Le altre opere non risultano più riconoscibili. Il caposaldo **"**Calatafimi**"** comprendeva tre postazioni e un osservatorio in casamatta, progressivamente perduti con l'avanzamento della cava; l'ultimo bunker superstite, mascherato da edificio e già utilizzato come sede del Comando Settore Sant'Andrea, risulta distrutto nel 2008. La trasformazione del rilievo ha quindi cancellato gran parte dell'assetto originario dei due capisaldi, lasciando nel CS10 una permanenza certa e alcune possibili tracce residue.

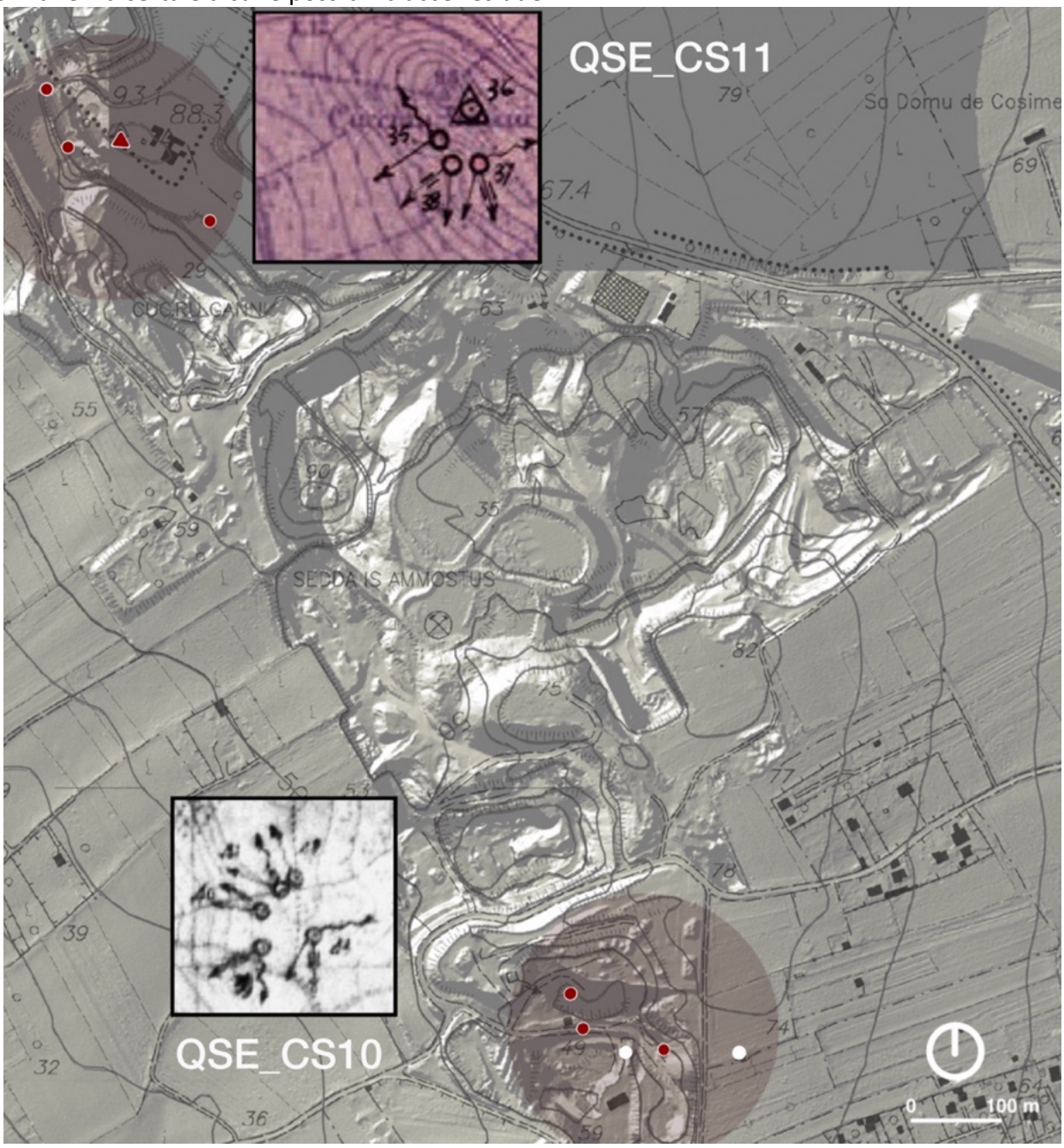


Fig. 31 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.2.10 — QSE_CS12 “Palermo” – QSE_CS13 “Taormina”

Il caposaldo 13 “Palermo” (L2) comprende tre bunker poliarma disposti nella regione di Guardia Lada, in prossimità del lago di Simbirizzi. Le opere ricadono entro campi coltivati e proprietà private e non sono state rilevate direttamente; la ricognizione zenitale ne consente tuttavia una chiara individuazione e la lettura tipologica e della disposizione del raggruppamento.

Il caposaldo 12 “Taormina” (L3), collocato sulla sponda orientale del lago, comprende quattro opere poliarma e una piccola postazione circolare associata. Le quattro opere principali sono state rilevate sia internamente sia esternamente; quella più settentrionale si trova all’interno di un campo coltivato. I bunker si dispongono secondo una sequenza prevalentemente longitudinale lungo il margine del lago, anziché attorno a un nucleo compatto, ma presentano orientamenti differenziati che determinano una copertura complessivamente avvolgente.

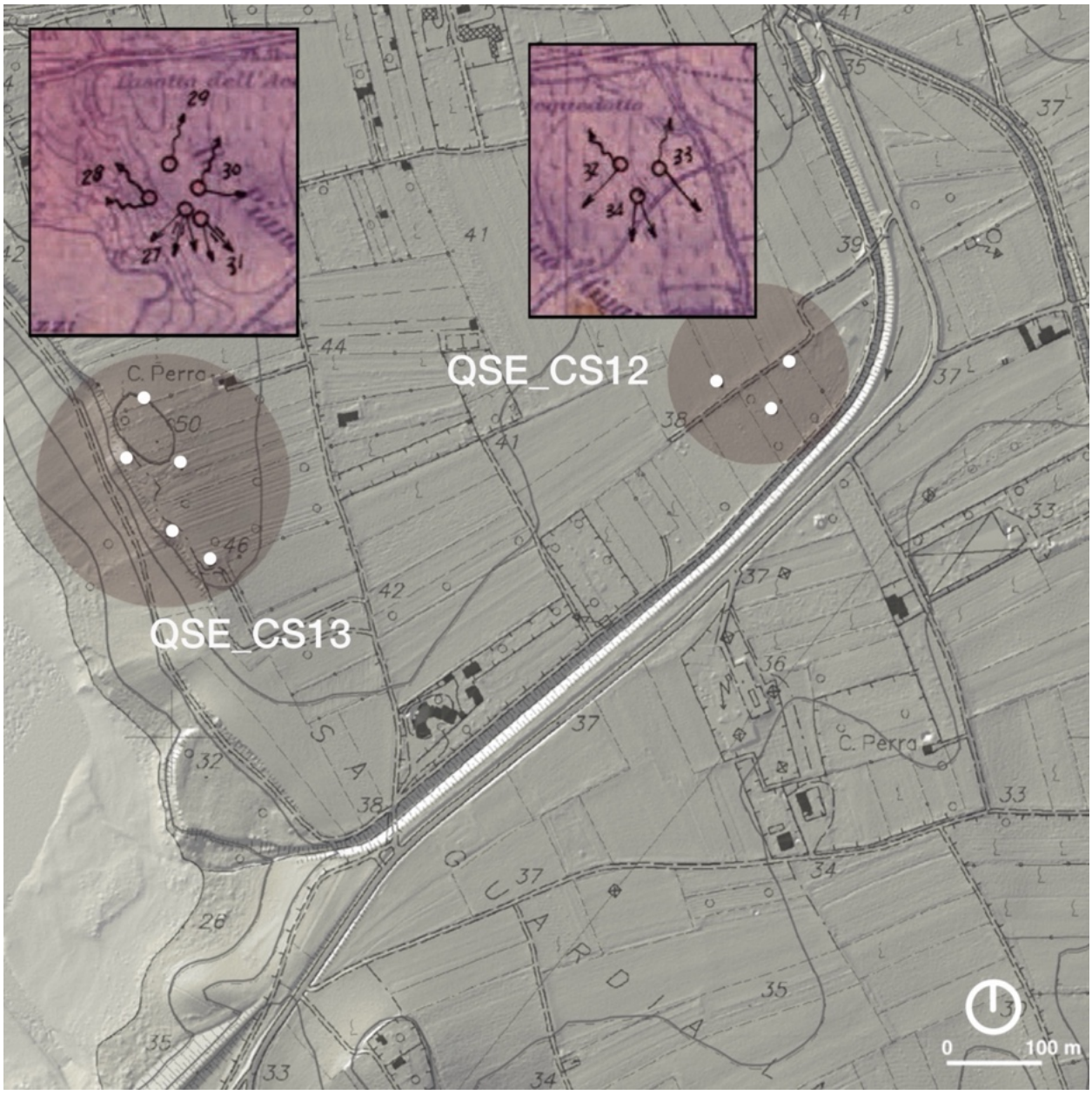


Fig. 32 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell’autore su base GIS.

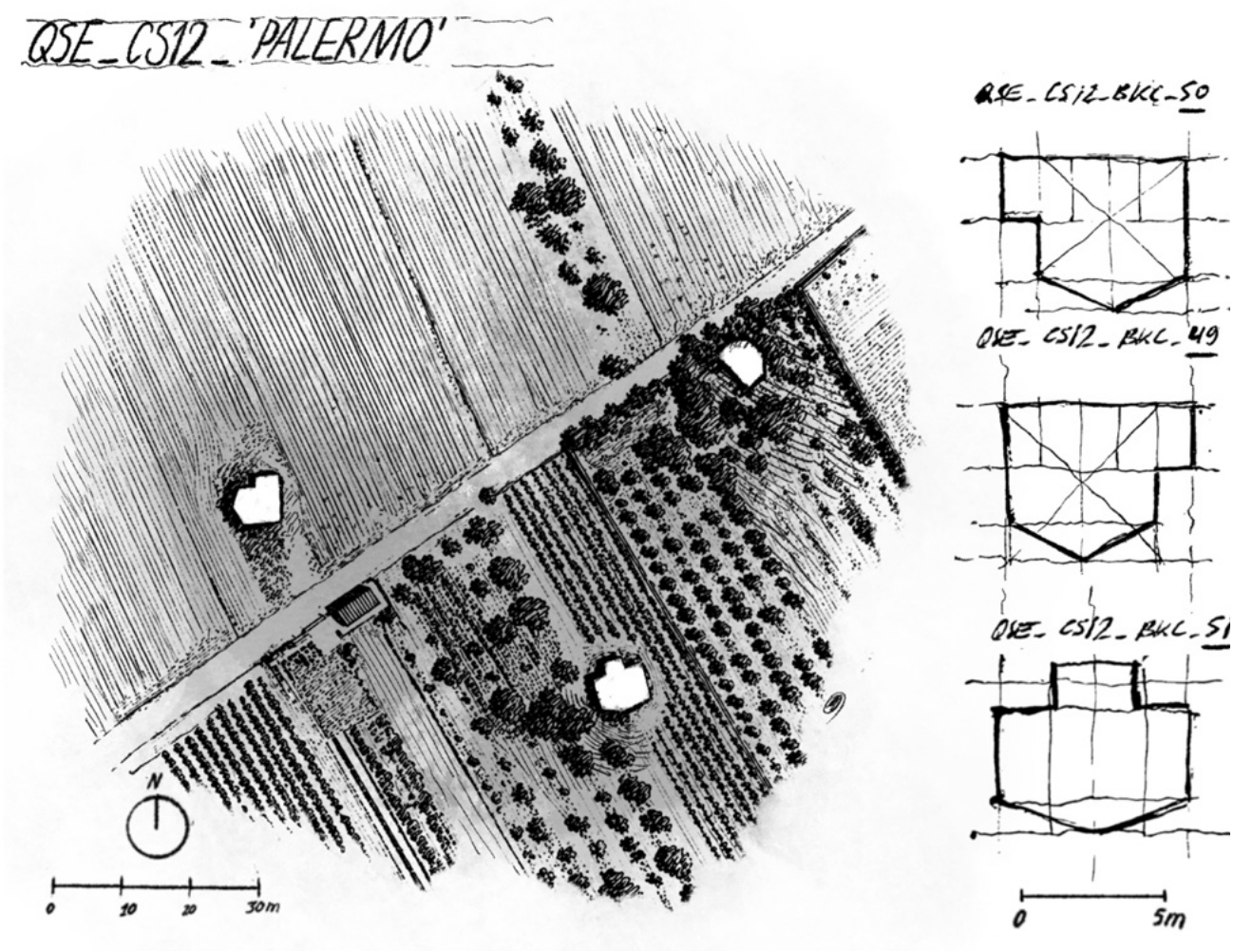


Fig. 33 —Tavola R: lettura del raggruppamento zenitale e eidotipi planimetrici delle tre postazioni. Elaborazione dell'autore.

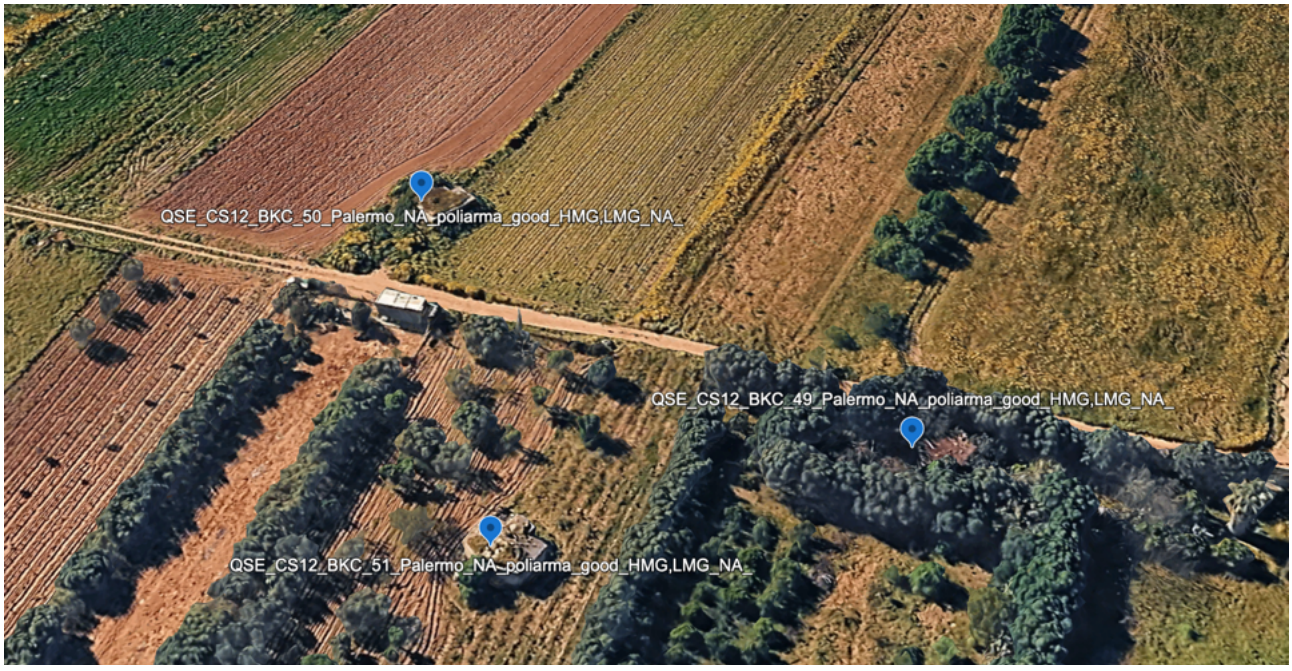


Fig. 34 — QSE_CS12 "Palermo", Quartu Sant'Elena. Screenshot del database su Google Earth.

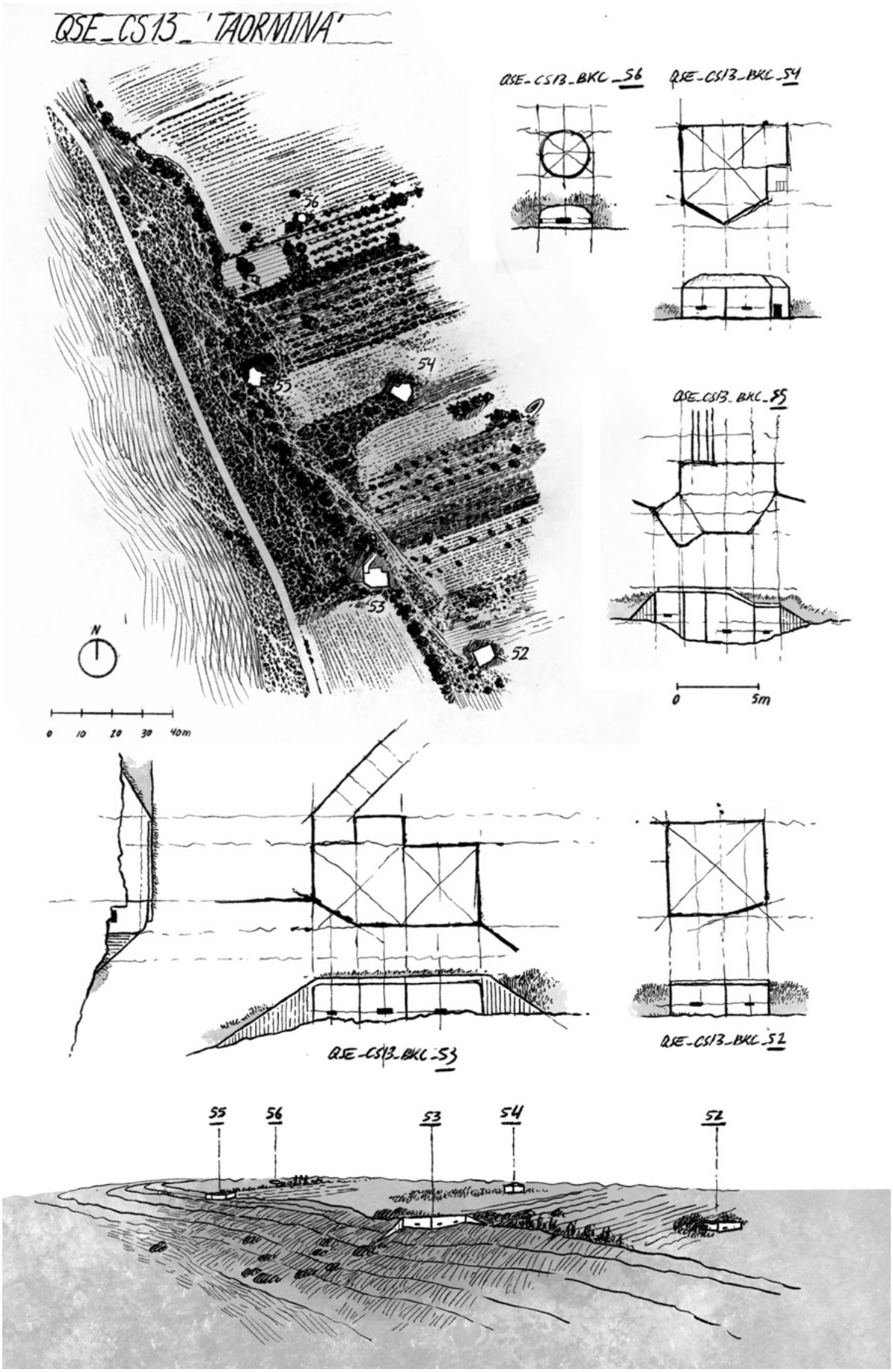


Fig. 35 —Tavola R: lettura del raggruppamento Elaborazione dell'autore.

QSE_CS13_BKC_52 (39°15'20.63"N 9°13'54.91"E)

Località: Simbirizzi Ovest
Tipologia: BKC poliarma · HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: difficile
Quota: 47,13 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 2 **Accesso:** livello terreno
Settore operativo: SE
Area occupata: 47,2 m²
Pieno/vuoto: 58% / 42%

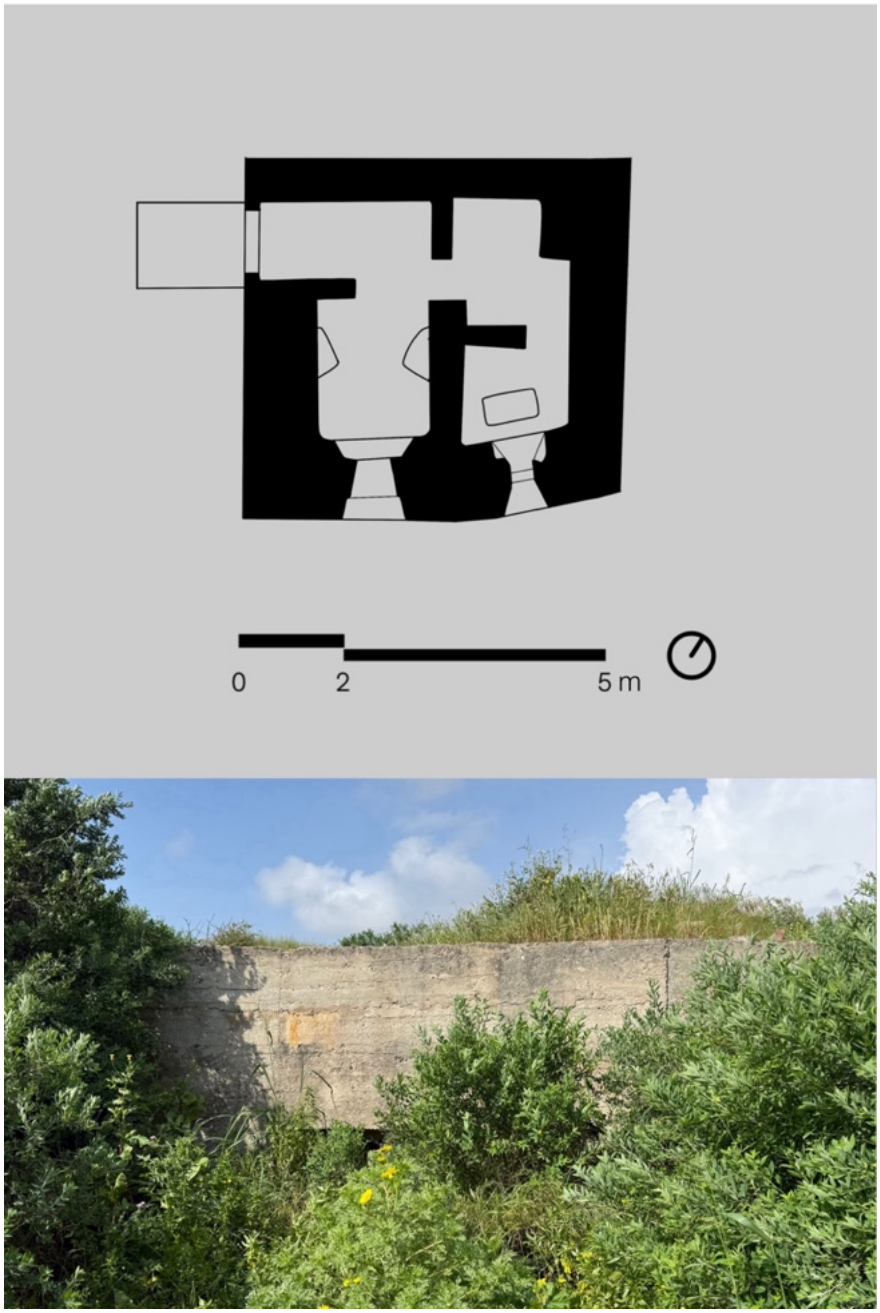


Fig. 36 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

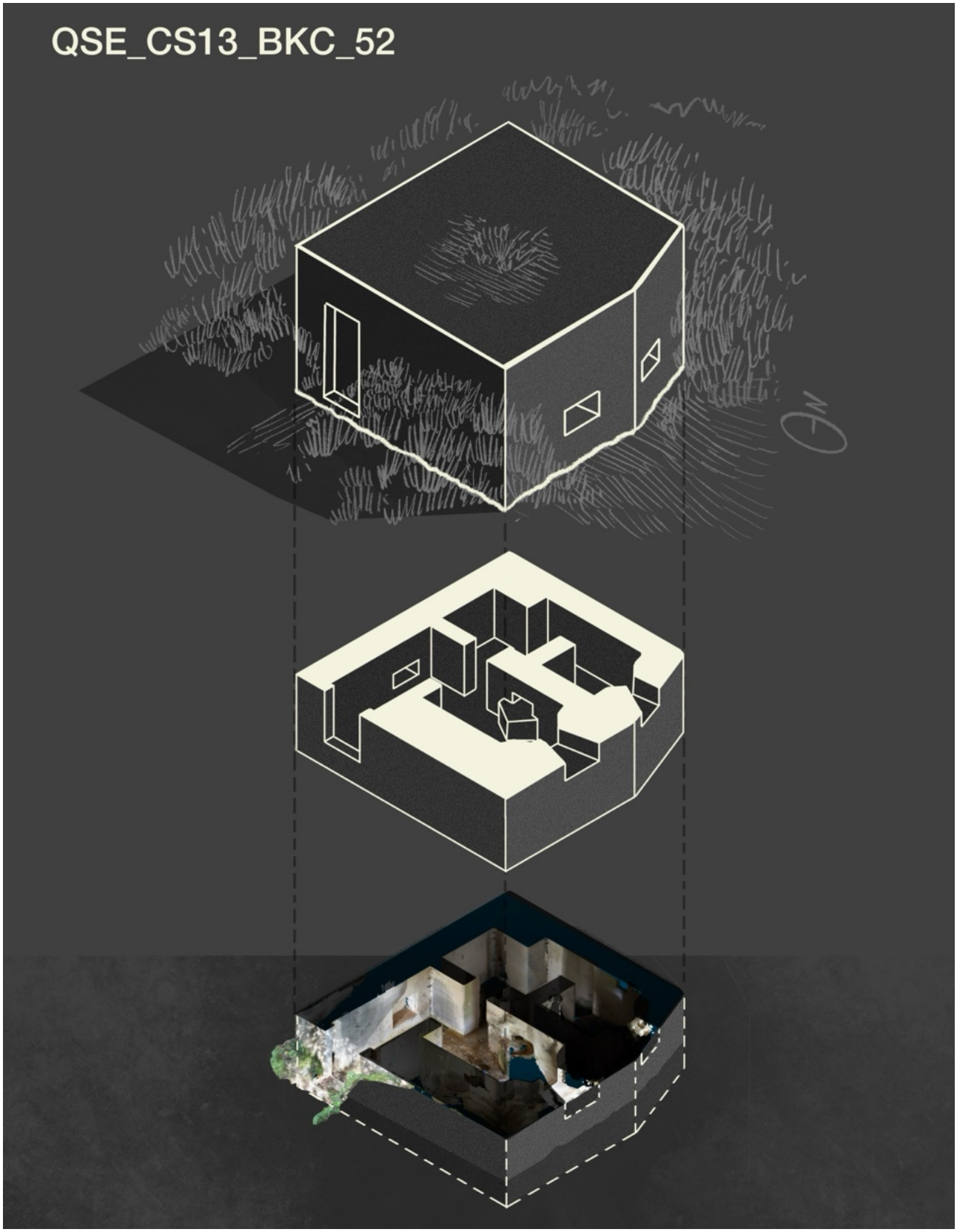


Fig. 37 —Tavola M a scala del manufatto architettonico. La tavola articola tre livelli di lettura coordinati: alla base, uno spaccato assonometrico derivato dalla nuvola di punti, integrato con la ricostruzione della silhouette del bunker nella sua porzione ipogea; al livello intermedio, una restituzione sintetica dello spaccato assonometrico isola e rende leggibile la configurazione del manufatto; al livello superiore, un ridisegno analogico su supporto digitale ricostruisce la forma esterna e la fitta copertura vegetale che ingloba quasi completamente l'opera, chiarendone il rapporto con il suolo e la ridotta riconoscibilità dall'esterno. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS13_BKC_53 (39°15'21.59"N 9°13'53.24"E)

Località: Simbirizzi Ovest
Tipologia: BKC poliarma · HMG-HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 47,24 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: integrato nel terreno
Camouflage: "collinetta"
Feritoie: 3 **Accesso:** rampa con gradini
Settore operativo: SO-S
Area occupata: 64,0 m²
Pieno/vuoto: 59% / 41%

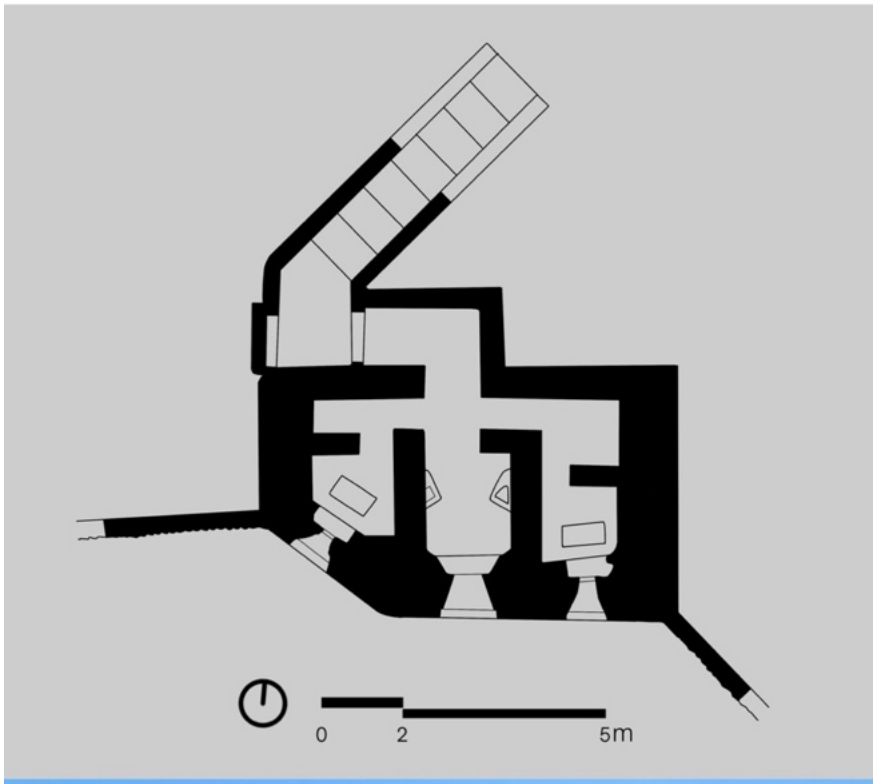




Fig. 38 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.



Fig. 39 — Elaborato M multilivello alla scala del manufatto architettonico. La tavola coordina tre livelli sovrapposti: alla base, uno spaccato assonometrico della nuvola di punti, integrato da un intervento grafico manuale che enfatizza il piano di campagna e il rapporto del bunker con il terreno; al livello intermedio, una restituzione assonometrica ibrida mostra il volume esterno del manufatto rendendo contemporaneamente visibile il rilievo degli spazi interni, trattato con accentuazione delle ombre per rafforzarne la leggibilità tridimensionale; al livello superiore, la nuvola di punti esterna restituisce l'involucro del bunker e la copertura vegetale che lo avvolge. L'insieme mette in relazione struttura, cavità interna e pelle esterna del manufatto. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS13_BKC_54 (39°15'23.95"N 9°13'53.57"E)

Località: Simbirizzi Ovest
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 49,22 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: casa rurale
Feritoie: 3 **Accesso:** gradini
Settore operativo: N-SE
Area occupata: 44,1 m²
Pieno/vuoto: 68% / 32%

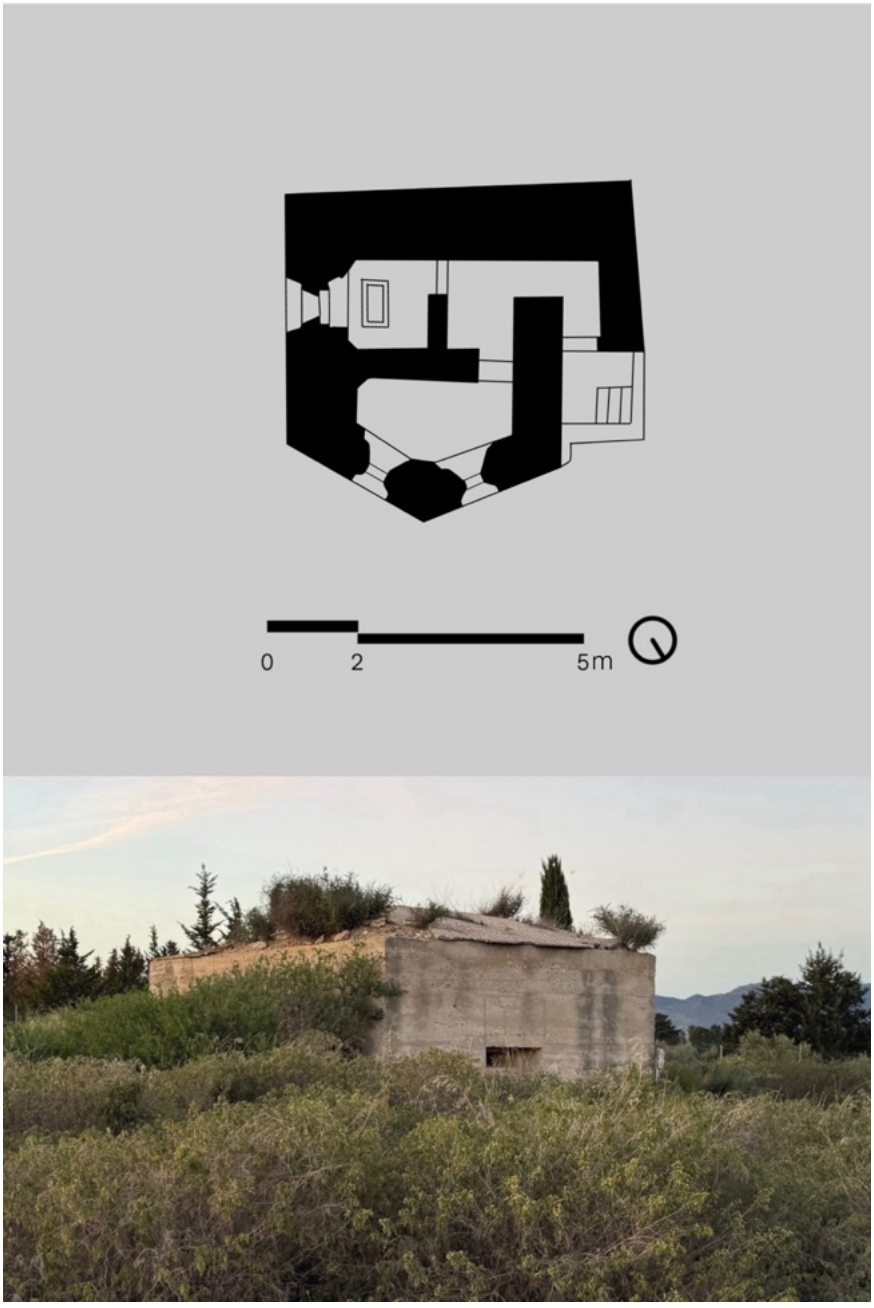


Fig. 40 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS13_BKC_55 (39°15'23.95"N 9°13'53.57"E)

Località: Simbirizzi Ovest
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 48,44 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: integrato nel terreno
Camouflage: "collinetta" + teli mimetici
Feritoie: 3 **Accesso:** scala
Settore operativo: N-SO
Area occupata: 34,6 m²
Pieno/vuoto: 60% / 40%

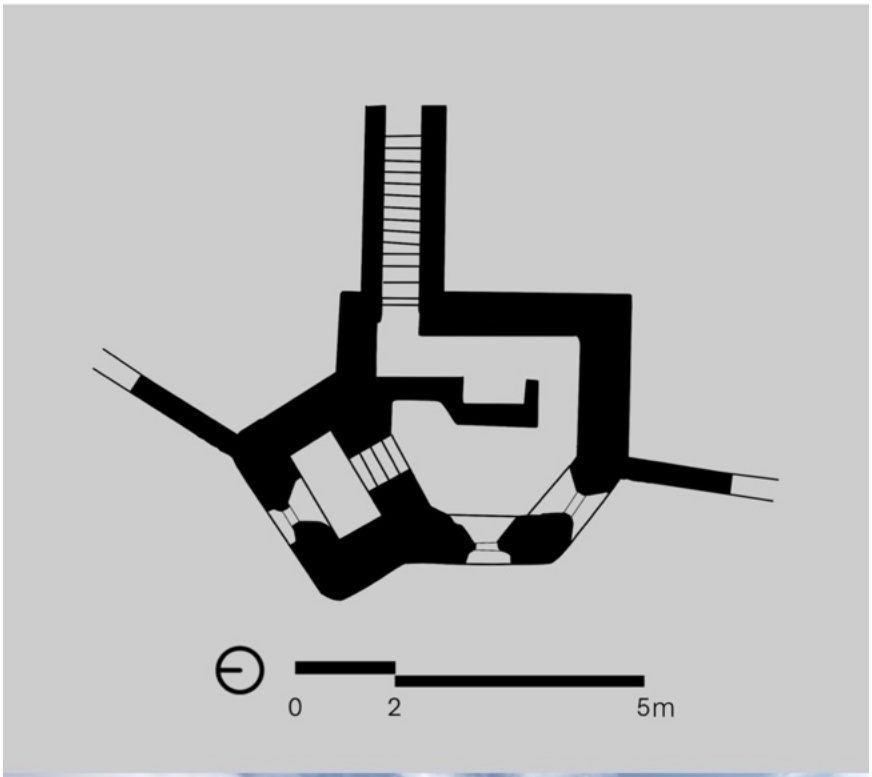




Fig. 41 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

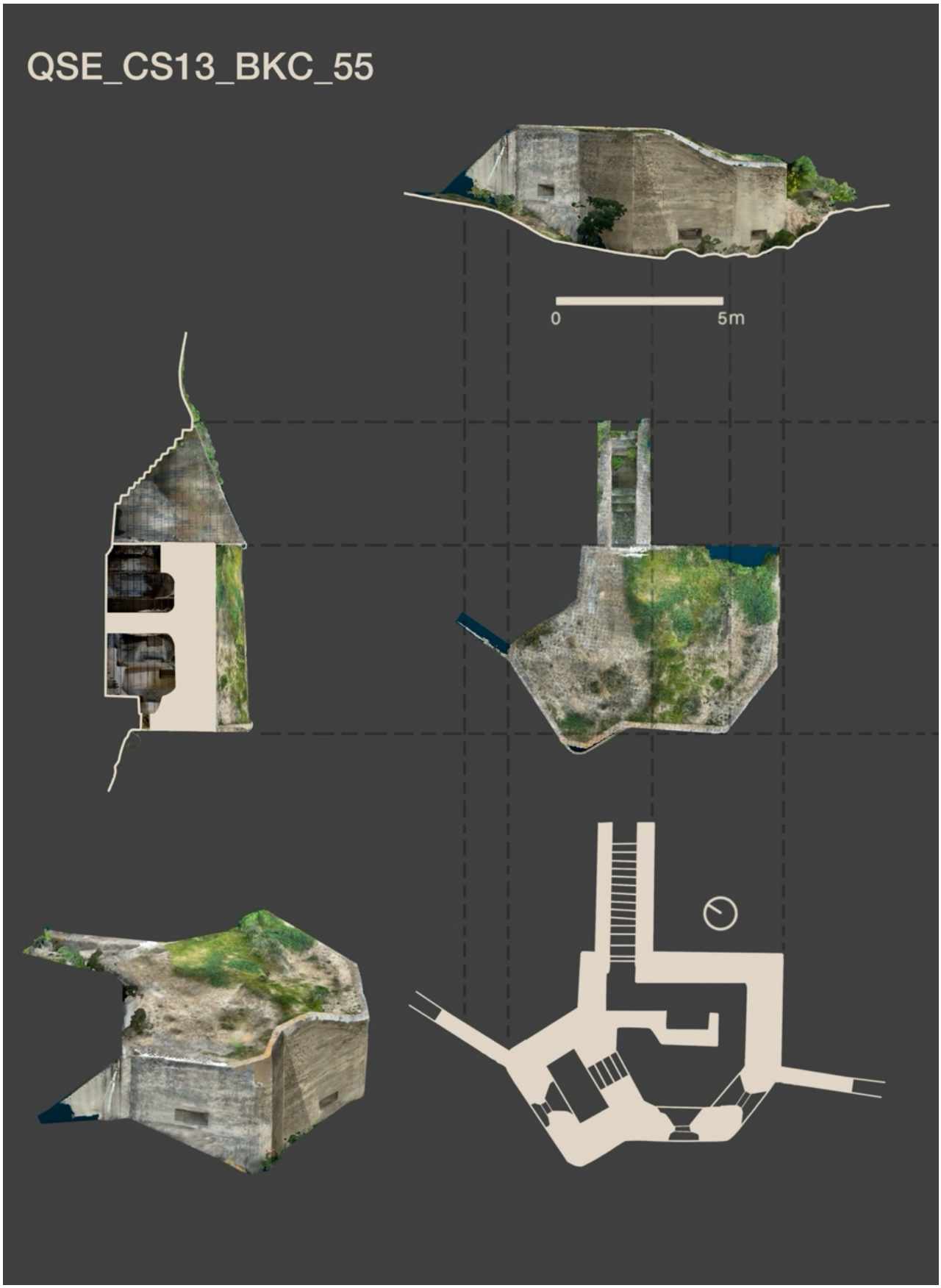


Fig. 42 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS13_BKC_56 (39°15'23.95"N 9°13'53.57"E)

Località: Simbirizzi Ovest
Tipologia: BKC monoarma · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: non accessibile
Quota: 49,77 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: integrato nel terreno
Camouflage: "collinetta" + teli mimetici
Feritoie: 4 **Accesso:** livello terreno
Settore operativo: N-SO
Area occupata: 7,4 m²
Pieno/vuoto: 54% / 46%

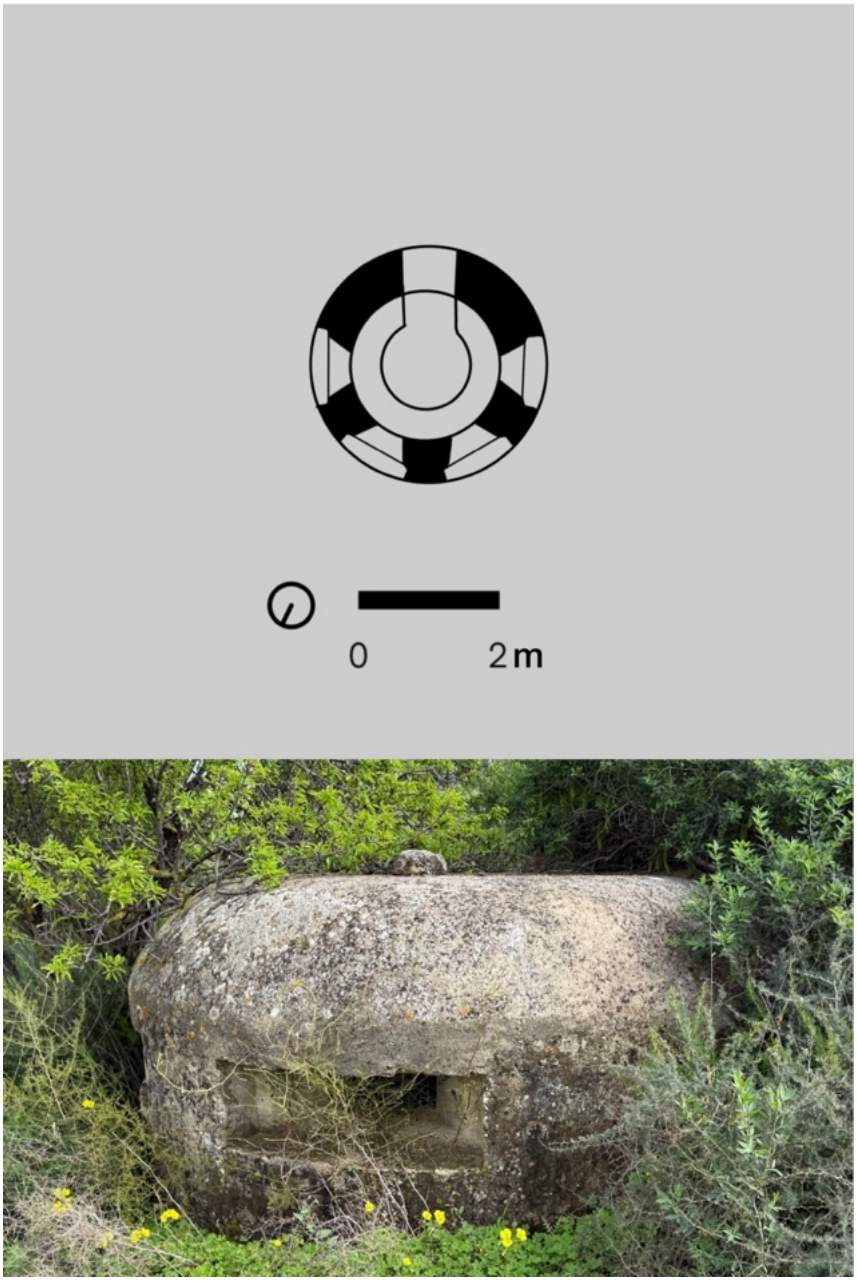


Fig. 43 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

5.2.11 — QSE_CS14 "Licata" – QSE_CS17 "Caltanissetta": il sistema di Simbirizzi

I Caposaldi dal 14 al 17 si concentrano intorno al lago di Simbirizzi e lungo Pitz'e Serra, formando una successione di raggruppamenti relativamente ravvicinati. Licata, Corleone e la Falsa Chiesa conservano integralmente le opere principali e presentano condizioni ideali per un itinerario culturale; Caltanissetta è invece fortemente alterato dall'edificazione recente, con permanenze discontinue e perdita di parte del sistema originario.

Il caposaldo 14 "Licata" (L3) comprende quattro bunker poliarma, tutti direttamente rilevati (Pirinu, Argiolas, & Paba, 2022; Pirinu & Sanna, 2024), disposti fra il margine di Simbirizzi e le aree prossime alla chiesa di Nostra Signora di Buoncammino. Le opere presentano configurazioni planimetriche differenti e orientamenti complementari; il rapporto con il lago, il terreno ancora relativamente libero da edificazione e la permanenza dei manufatti conservano una chiara leggibilità paesaggistica del raggruppamento. In alcuni casi il rapporto con il suolo e le parti controterra conserva inoltre tracce riconducibili alle strategie originarie di mascheramento.

Il caposaldo 15 "Corleone" (L3) collocato presso la Croce di Pitz'e Serra, comprende tre bunker poliarma, anch'essi interamente rilevati e in buone condizioni. Due opere presentano impianti affini e specchiati, mentre la terza si distingue per una configurazione più rettangolare e per la presenza della componente controcarro. I differenti orientamenti delle tre postazioni producono una copertura avvolgente del settore e rendono il caposaldo particolarmente compatto.

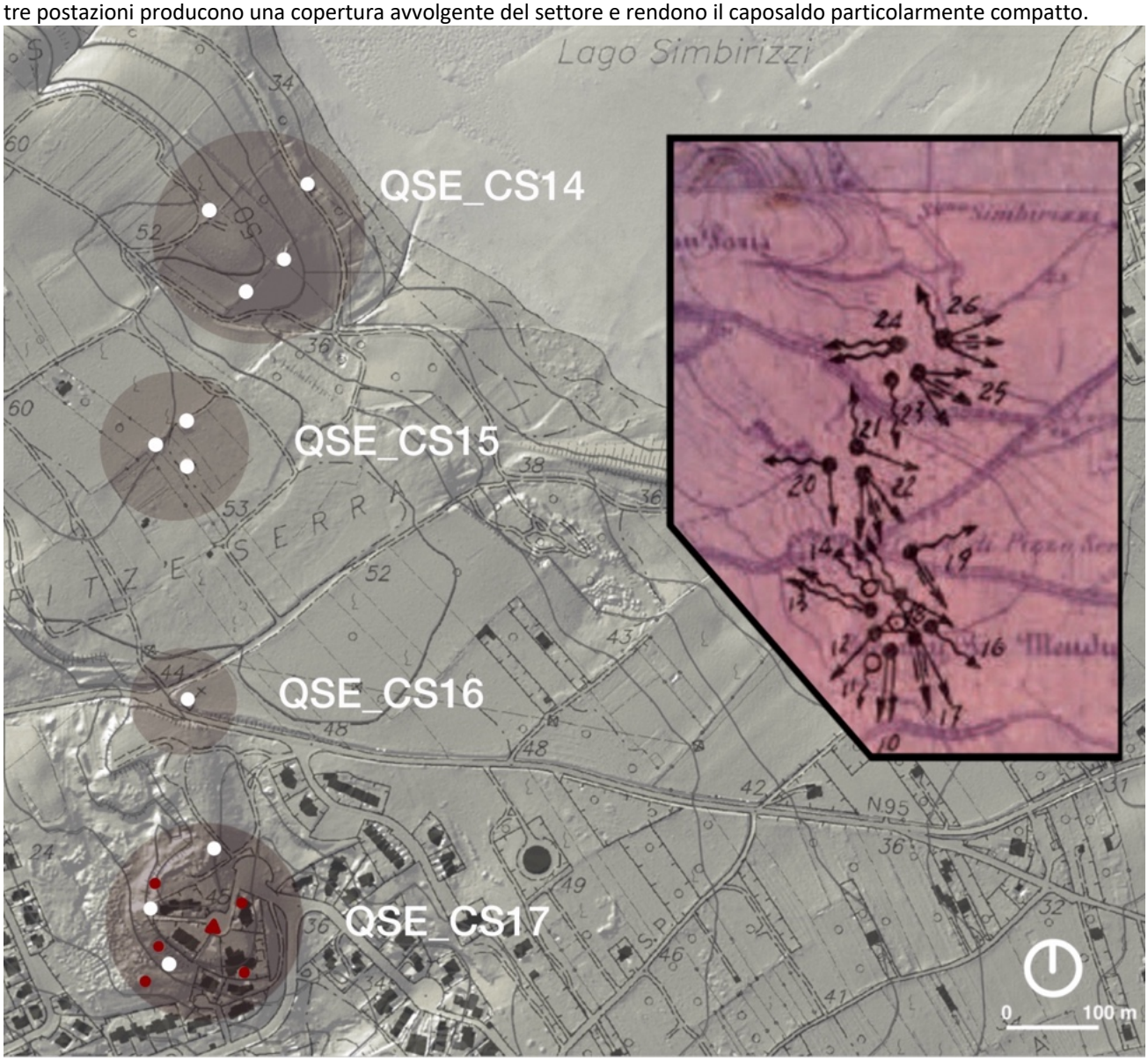


Fig. 44 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.



Fig. 45 —Tavola M alla scala territoriale: sintesi a volo d'uccello del sistema di Simbirizzi, costruito mediante integrazione fra base territoriale in ambiente GIS e ridisegno interpretativo per rendere chiaramente leggibile disposizione dei capisaldi, morfologia e principali relazioni spaziali. Elaborazione dell'autore.

Il caposaldo 16 (L3) coincide con un unico bunker poliarma, "la falsa chiesa", integralmente rilevato, posto in posizione leggermente dominante lungo via Pitz'e Serra. L'opera associa una postazione controcarro e due feritoie per mitragliatrice leggera a un camouflage architettonico che simulava una piccola chiesa campestre, con copertura a capanna, porticato, finte aperture e rivestimento in mattoni di terra cruda. Gran parte delle finiture originarie è perduta, ma la sagoma dell'edificio mimetico rimane chiaramente riconoscibile.
Il caposaldo 17 "Caltanissetta" (L2) comprendeva sei opere principali, due postazioni in barbetta e componenti complementari, fra cui trinceramenti coperti e un osservatorio oggi perduto. L'espansione residenziale ha profondamente modificato il rilievo: BKC65, BKC67 e BKC68 sono ancora riconoscibili e sono state direttamente rilevate, mentre le altre opere risultano distrutte, inglobate o non più accessibili; BKC67 è oggi addossato al limite di una proprietà recintata. Le permanenze conservate, insieme ai tratti superstiti dei collegamenti protetti, restituiscono solo una parte dell'assetto originario del caposaldo.



Fig. 46 —Tavola R: assetto locale del caposaldo: vista zenitale, sezione alla scala del paesaggio e silhouette dell'impronta planimentrica dei 4 bunker. Elaborazione dell'autore.

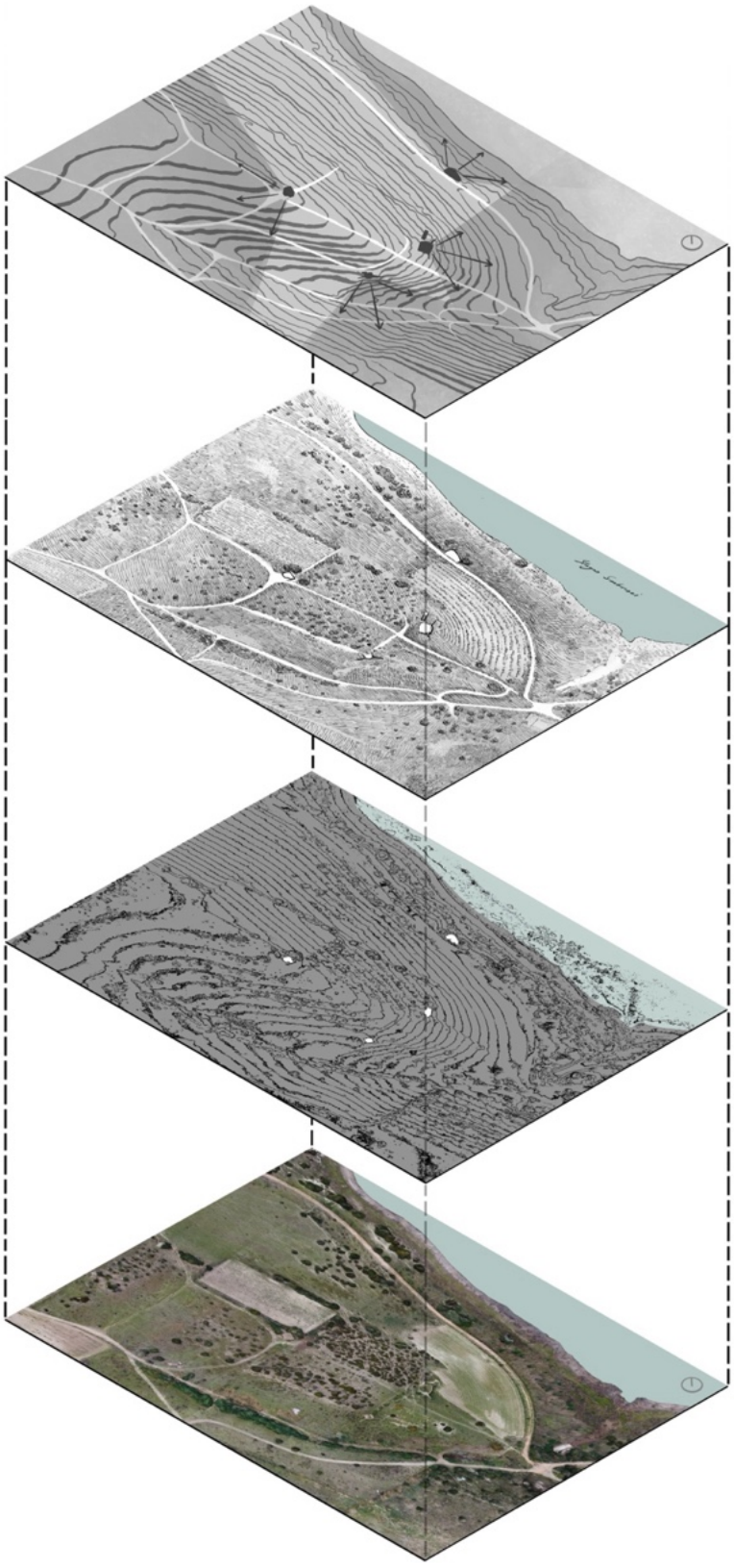


Fig. 47 — QSE_CS14 “Licata”, Quartu Sant’Elena. Tavola M multilivello alla scala del raggruppamento. La rappresentazione articola quattro livelli correlati: alla base, la nuvola di punti restituisce la morfologia acquisita del sito; il livello successivo ne deriva le curve di livello e localizza le postazioni del caposaldo; un terzo strato sintetizza mediante ridisegno la morfologia e la copertura vegetale; il livello superiore interpreta infine l’organizzazione difensiva, mettendo in relazione andamento del terreno, posizione delle opere e principali direttrici di fuoco. La sovrapposizione rende leggibile il passaggio dal dato metrico alla sintesi paesaggistica e, da questa, alla lettura strategico-spaziale del raggruppamento. Elaborazione dell’autore.

QSE_CS14_BKC_59 (39°15'26.15"N 9°13'51.95"E)

Località: Simbirizzi Est
Tipologia: BKC poliarma · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 46,92 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: integrato nel terreno
Camouflage: "collinetta" + teli mimetici
Feritoie: 2 **Accesso:** scala
Settore operativo: S
Area occupata: 22,0 m²
Pieno/vuoto: 68% / 32%

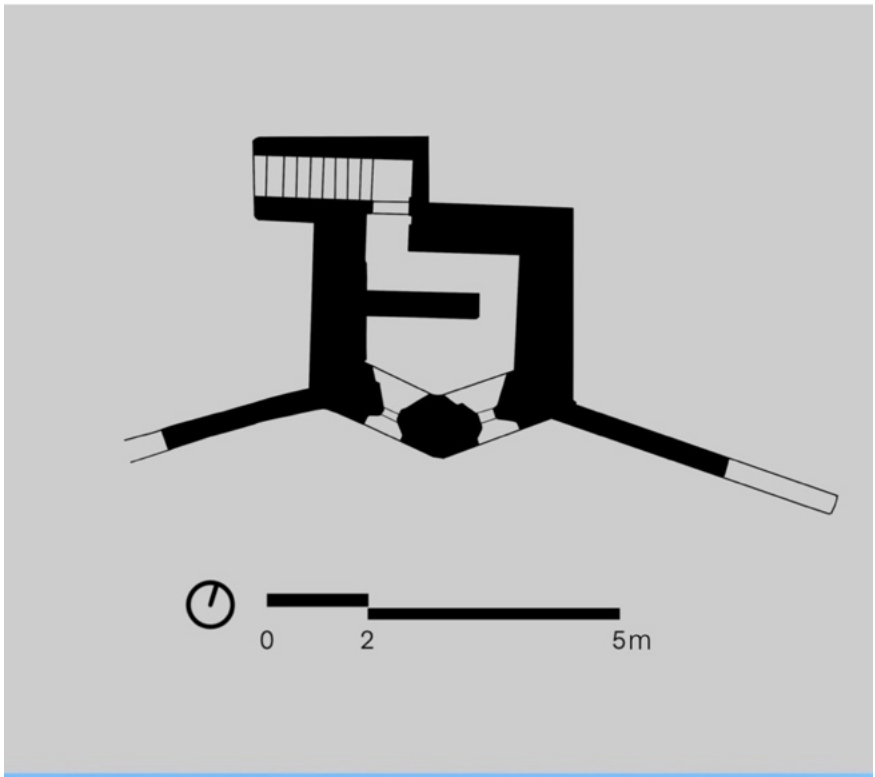




Fig. 48 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

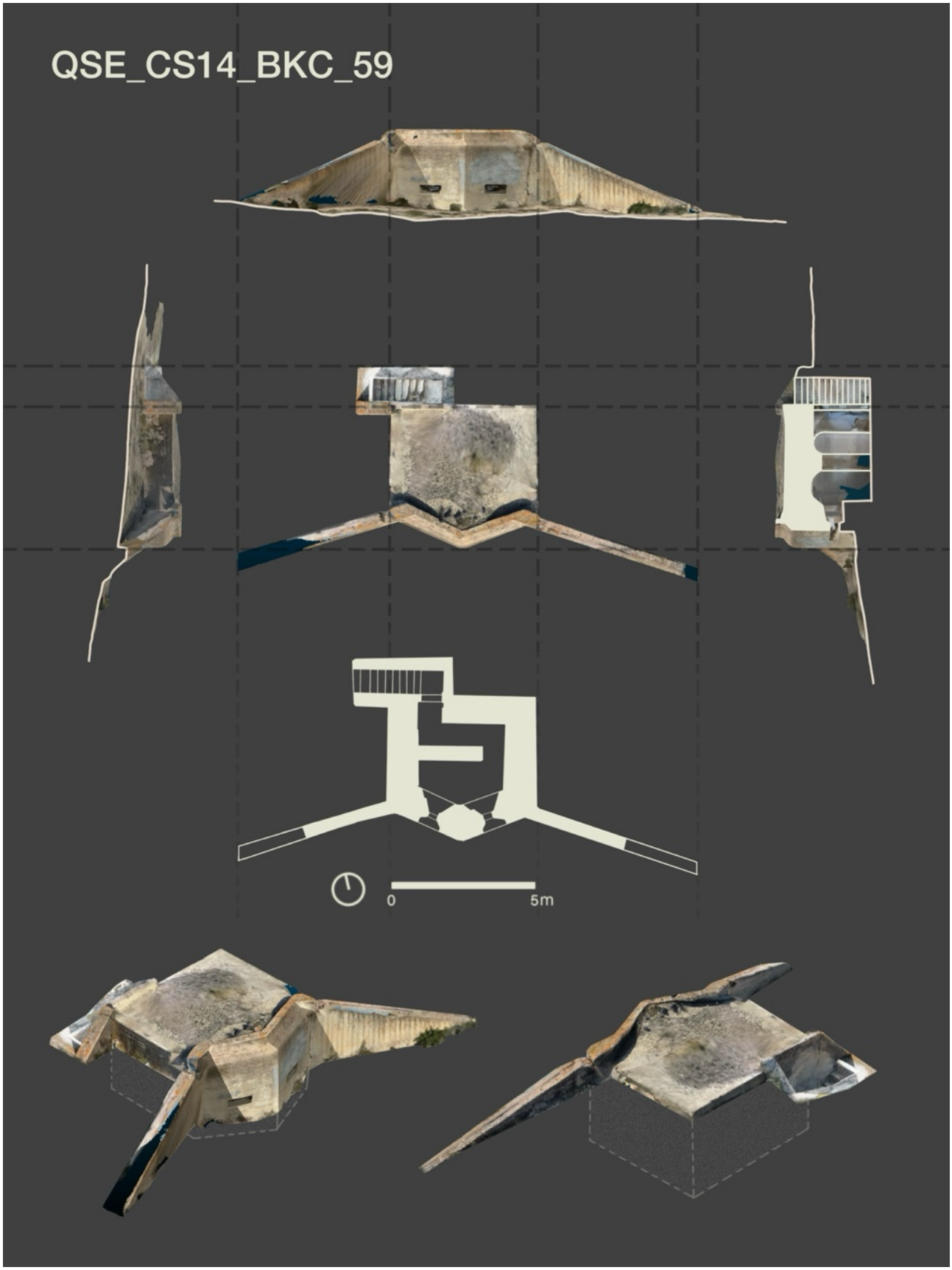


Fig. 49 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

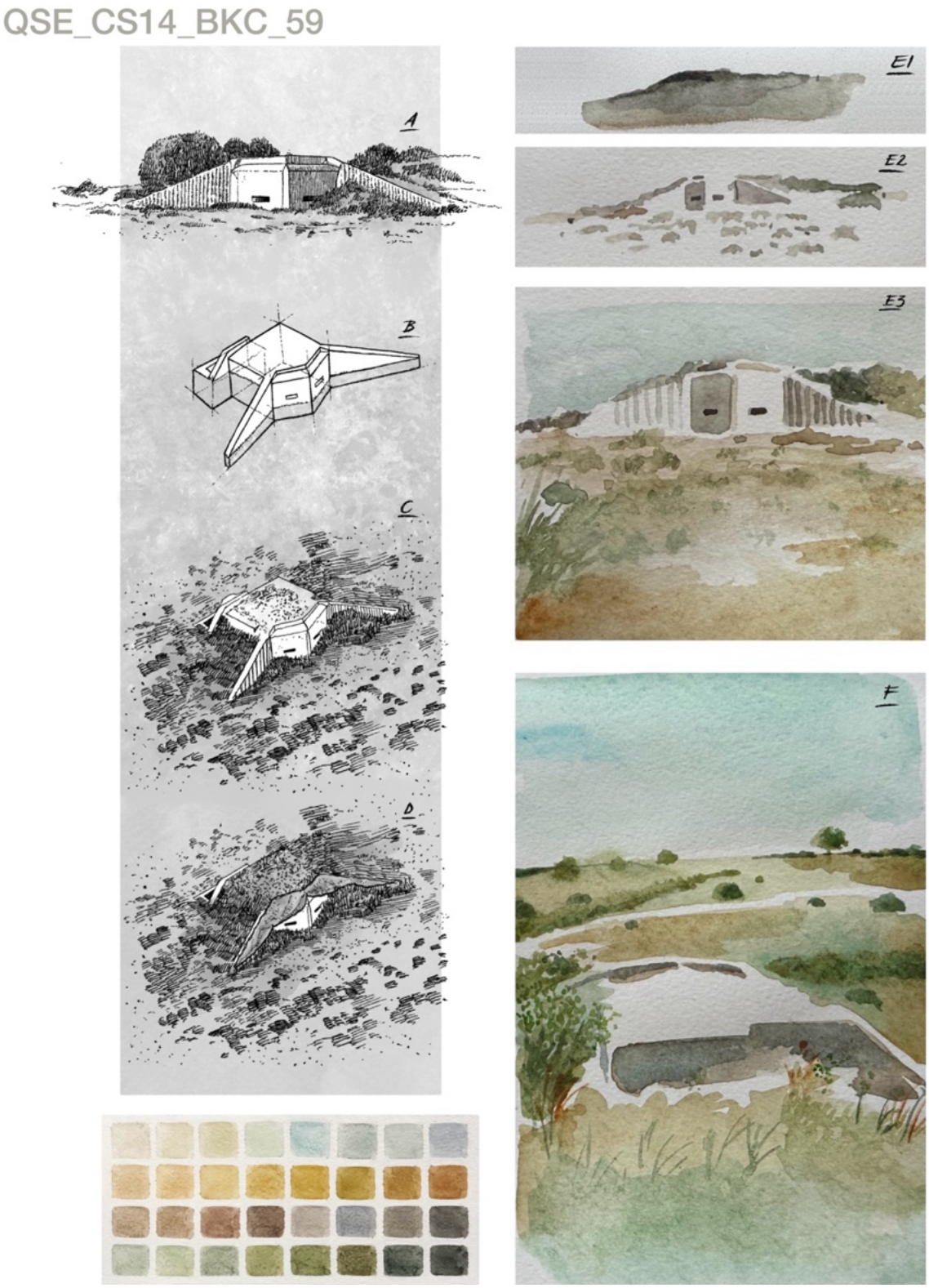


Fig. 50 — Tavola P alla scala del manufatto architettonico**:** analisi del manufatto e sequenza percettiva di avvicinamento. La colonna sinistra comprende un prospetto del bunker (A), un'assonometria volumetrica che distingue la parte emergente da quella interrata o controterra (B), un'assonometria del manufatto nel contesto attuale, con terreno, vegetazione e copertura naturalizzata (C), e una ricostruzione ipotetica del camouflage originario a collinetta artificiale (D). Gli elaborati, realizzati a penna a sfera e rifiniti digitalmente, sono stati sviluppati nel gennaio 2025 a partire da fotografie. La colonna destra restituisce una sequenza ad acquerello eseguita in situ il 24 luglio 2024, tra le ore 09:30 e 10:00: E1 a circa 250 m, E2 a circa 100 m ed E3 a circa 30 m. Completa la tavola una vista orientata verso il settore territoriale controllato (F), accompagnata dalla palette Fp. A–B: Y4.1; C: Y1.2; D: Y4.2; E1–E3 e F: Y1.3; Fp: Y2.3.

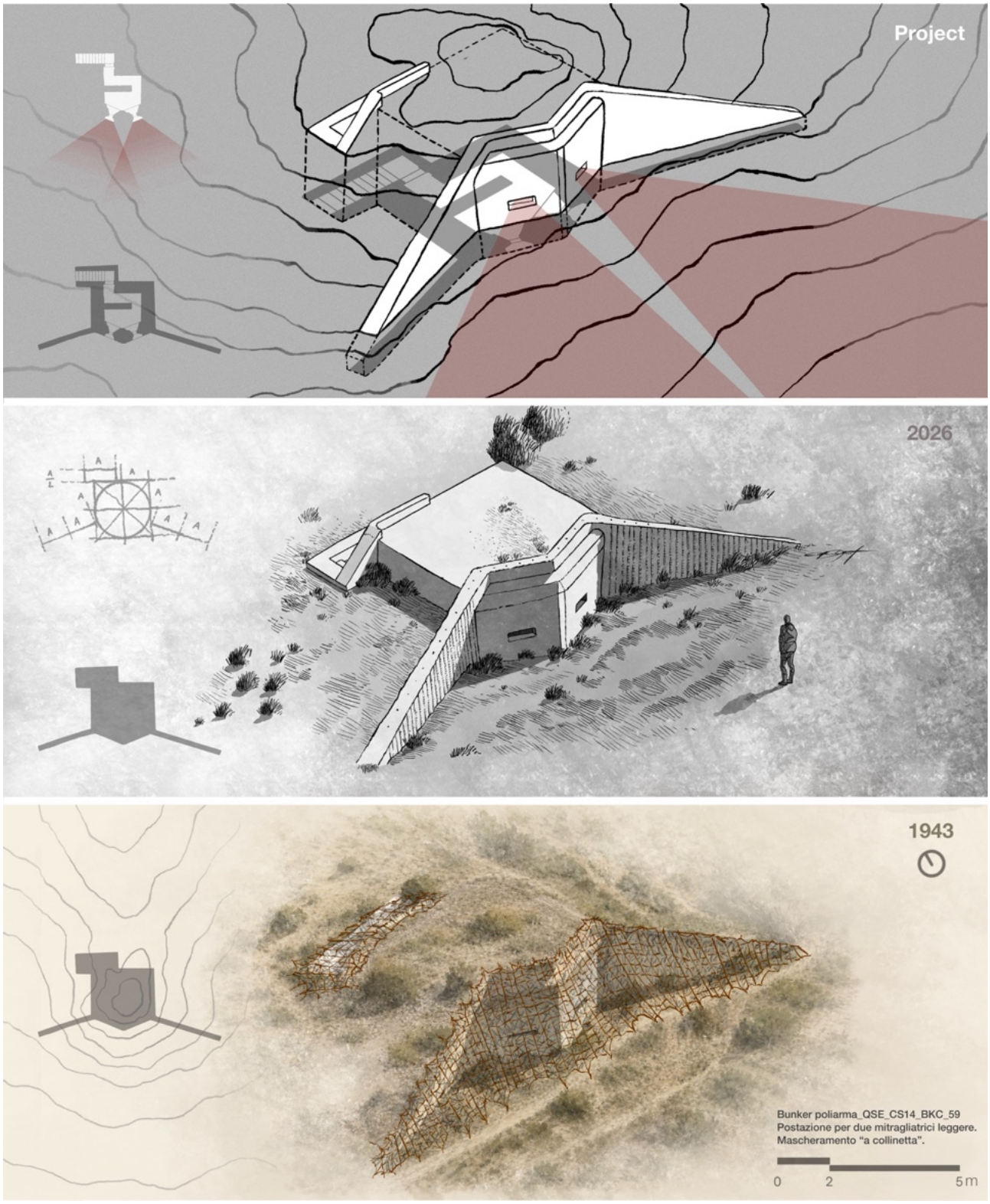


Fig. 51 — Tavola M multilivello alla scala del manufatto architettonico. Il livello superiore ricostruisce l'assetto geometrico dell'opera: il volume tridimensionale è associato all'impronta planimetrica, distinguendo la porzione emergente, mentre uno schema affiancato rende leggibili l'articolazione dei vani, le feritoie e le relative direttrici di tiro e di osservazione. Il livello intermedio documenta lo stato attuale del manufatto nel 2026, privo dell'originario dispositivo mimetico, con figura umana come riferimento dimensionale e uno schema proporzionale della sagoma e dell'impronta in pianta. Il livello inferiore propone la ricostruzione ipotetica del camouflage a collinetta artificiale: terreno, vegetazione e rete mimetica ricoprono la parte sommitale e schermano la scala d'ingresso e i fronti operativi emergenti; lo schema associato sovrappone curve di livello e silhouette del bunker per chiarire la continuità ricercata fra manufatto e morfologia. Elaborazione dell'autore.



Fig. 52 — Tavola P di analisi del camouflage e delle soglie riconoscibilità del manufatto. La sequenza coordina tre modalità di osservazione. A sinistra, la ricognizione zenitale verifica la percezione del bunker nel rapporto fra morfologia, copertura vegetale e segni geometrici riconoscibili dall'alto; a destra si documenta fotograficamente l'avvicinamento alla quota del terreno, mostrando la progressiva emersione del manufatto nel campo visivo; in basso, una vista obliqua restituisce la configurazione del bunker e il suo mascheramento storico, affiancata dalla pianta schematica dell'opera. La successione mette in relazione osservazione aerea, riconoscibilità durante l'avvicinamento e lettura sintetica della configurazione architettonica, verificando il funzionamento percettivo del camouflage alle diverse scale e nell'ottica dello sguardo ostile del nemico in avvicinamento. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS14_BKC_58 (39°14'45.27"N 9°13'09.46"E)

Località: Simbirizzi Est
Tipologia: BKC poliarma · HMG-HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 45,86 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: integrato nel terreno
Camouflage: "collinetta" + teli mimetici
Feritoie: 2 **Accesso:** rampa inclinata
Settore operativo: NO-SO
Area occupata: 51,2 m²
Pieno/vuoto: 55% / 45%

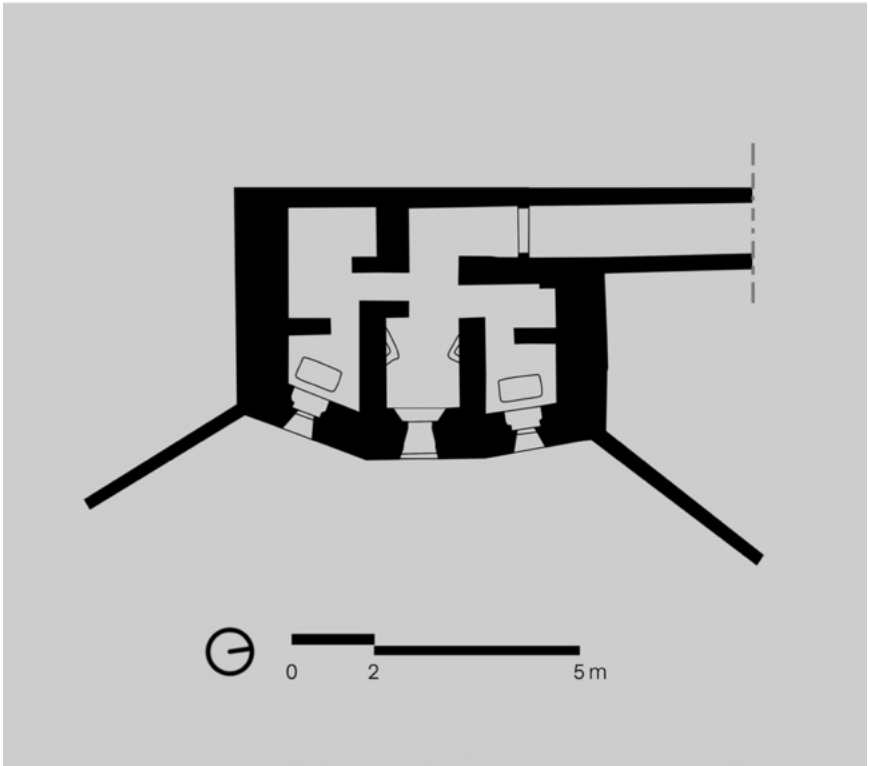




Fig. 53 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

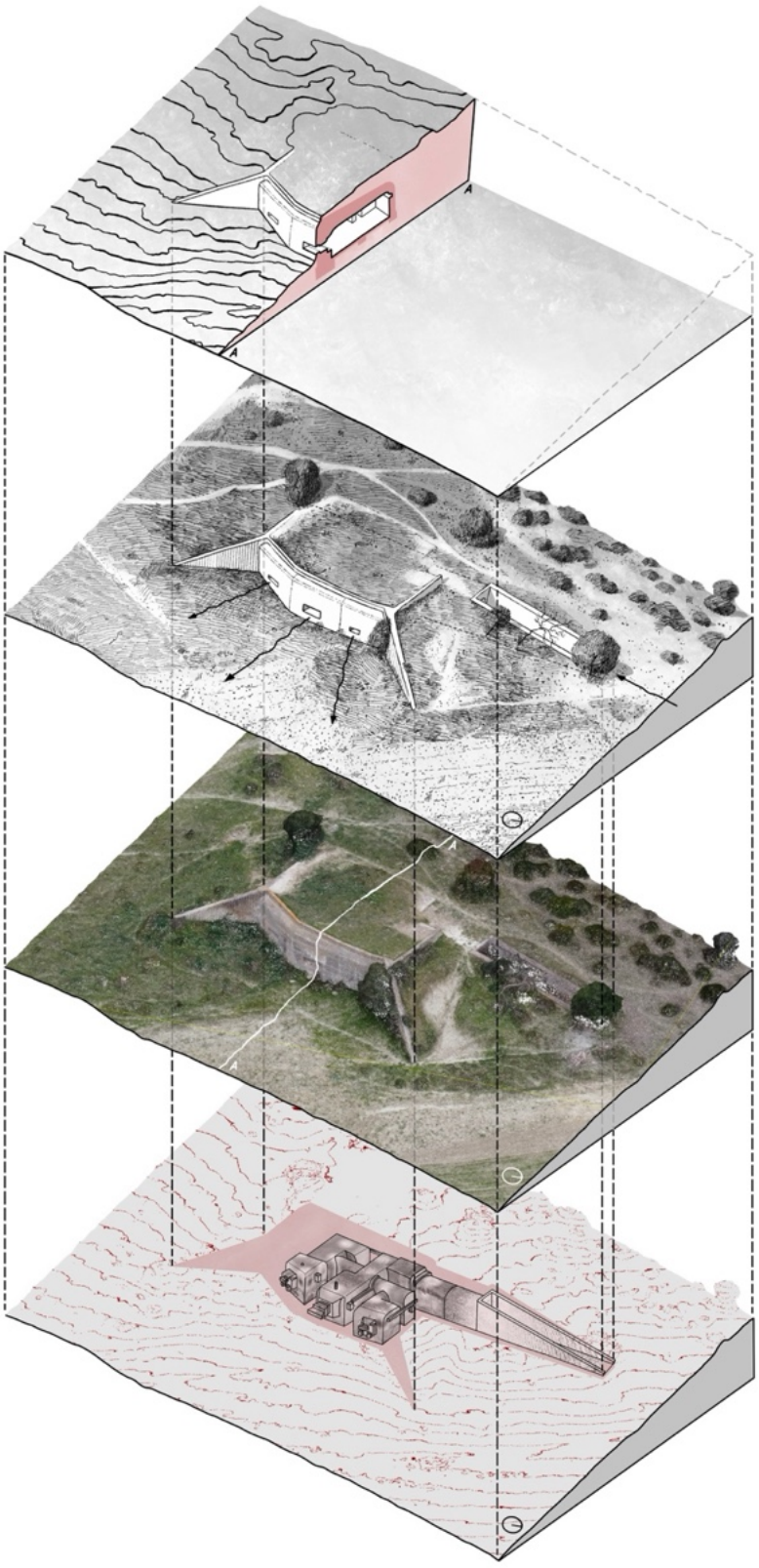


Fig. 54 — QSE_CS14_BKC58, CS XIV "Licata", Quartu Sant'Elena. Tavola M multilivello del manufatto**.** La tavola coordina quattro livelli di lettura. Alla base, i vani interni del bunker sono restituiti attraverso una nuvola di punti integrata da un ridisegno digitale sovrapposto, che ne chiarisce configurazione e articolazione spaziale. Il livello successivo mostra la nuvola di punti del manufatto e del paesaggio immediatamente circostante, restituendo il rapporto fra opera, terreno e contesto prossimo. Un terzo strato propone il ridisegno sintetico del bunker e del sito, con indicazione delle principali linee di fuoco. Il livello superiore sovrappone infine curve di livello e spaccato assonometrico del manufatto, rendendo leggibili la sezione del bunker, la camera operativa e la relazione fra struttura interna e morfologia del terreno. L'insieme mette in relazione rilievo, sintesi interpretativa e lettura strategico-spaziale dell'opera. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS14_BKC_58



Fig. 55 — QSE_CS14_BKC_58, CS XIV “Licata”, Quartu Sant’Elena. Tavola P. L’immagine in alto restituisce il fronte del bunker da circa 15 m di distanza mediante un disegno a china integrato con toni grigi digitali (A1), accompagnato da due studi sintetici della sagoma e del rapporto figura–sfondo (A2–A3). La vista a pennarello sottostante amplia il campo di osservazione al terreno e alla vegetazione circostante (B). Nella parte inferiore, un acquerello dell’interno registra la feritoia per mitragliatrice pesante in controluce, isolando il contrasto tra spazio protetto e apertura luminosa (C). La veduta affiancata restituisce il paesaggio inquadrato dalla stessa feritoia verso sud-est, comprendente un tratto del lago di Simbirizzi (D1), mentre una sintesi a tre toni ne riduce il campo visuale ai principali profili che defiscono il pasaggio (D2). A1–A3 e B: Y1.3; C: Y2.1; D1–D2: Y1.4.

QSE_CS14_BKC_57 (39°14'45.27"N 9°13'09.46"E)

Località: Simbirizzi Est
Tipologia: BKC monoarma · LMG-HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: non accessibile
Quota: 33,80 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: integrato nel terreno
Camouflage: "collinetta" + teli mimetici
Feritoie: 5 **Accesso:** rampa inclinata
Settore operativo: N-SE
Area occupata: 80,7 m²
Pieno/vuoto: 52% / 48%

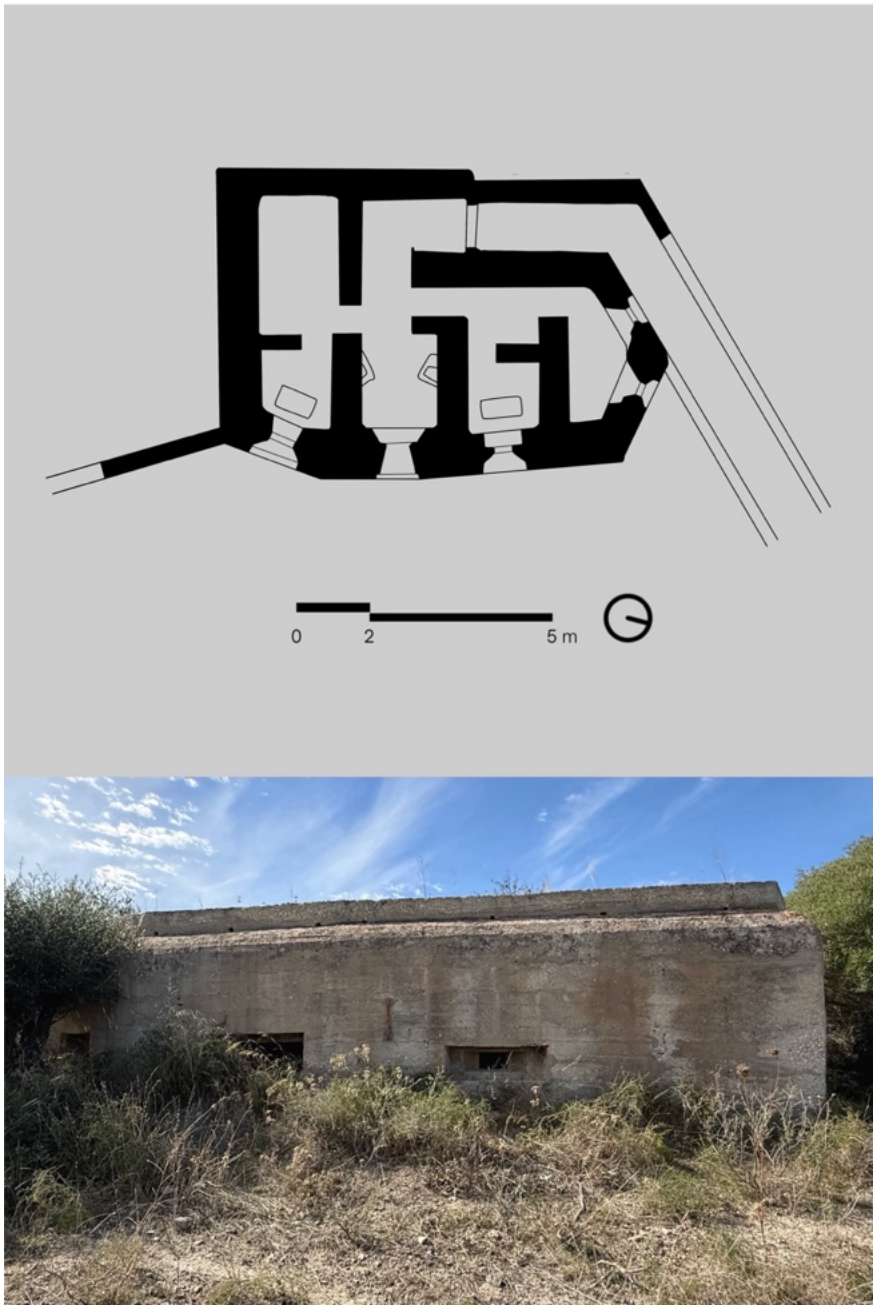


Fig. 56 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

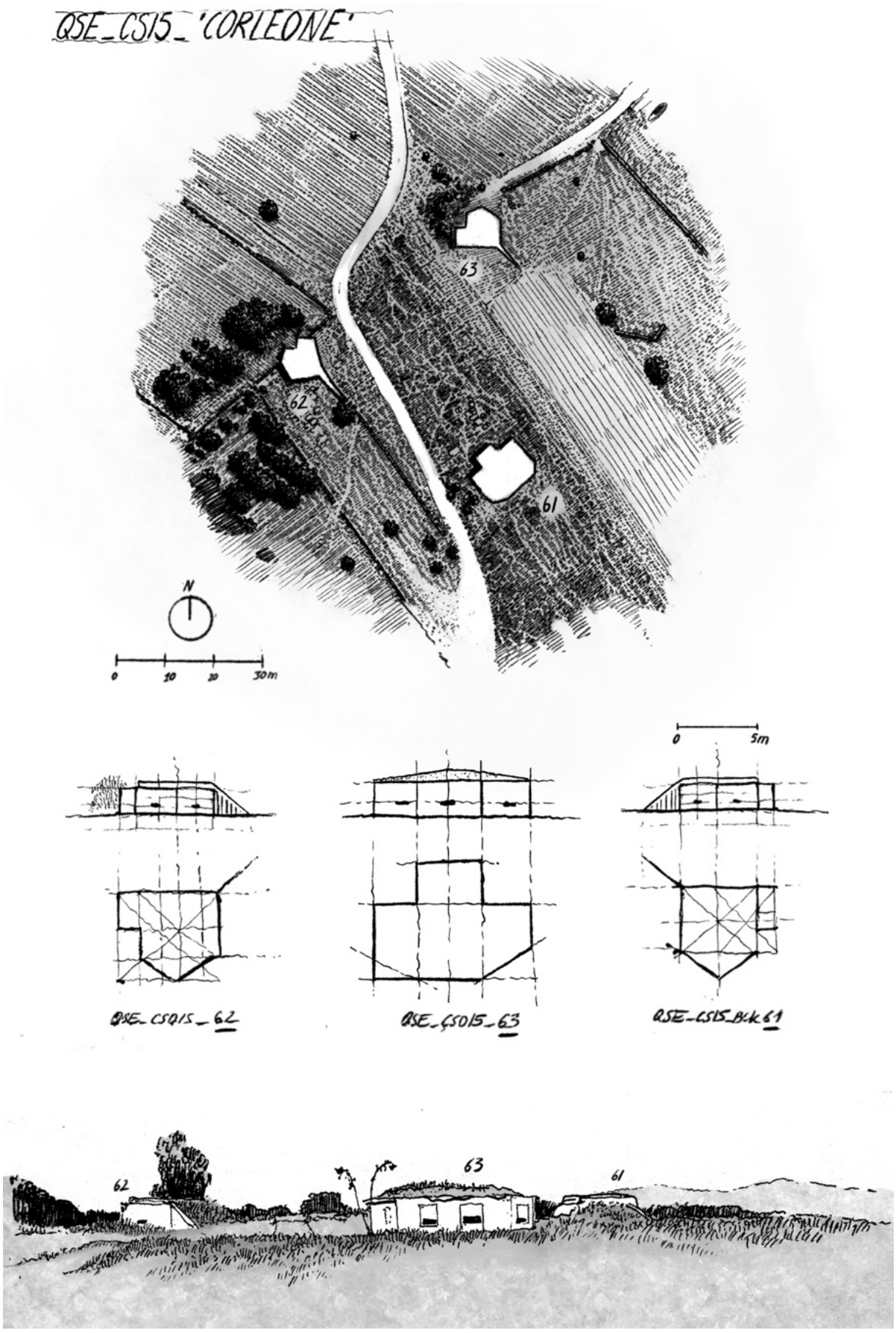


Fig. 57 —Tavola R di lettura del raggruppamento mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto delle tre opere e disegno dell'assetto postbellico. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS15_BKC_61 (39°14'36.87"N 9°13'03.92"E)

Località: Pitz'e Serra
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 55,05 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: emergente
Camouflage: "collinetta" + teli mimetici
Feritoie: 3 **Accesso:** gradini
Settore operativo: NO-E
Area occupata: 39,0 m²
Pieno/vuoto: 63% / 37%

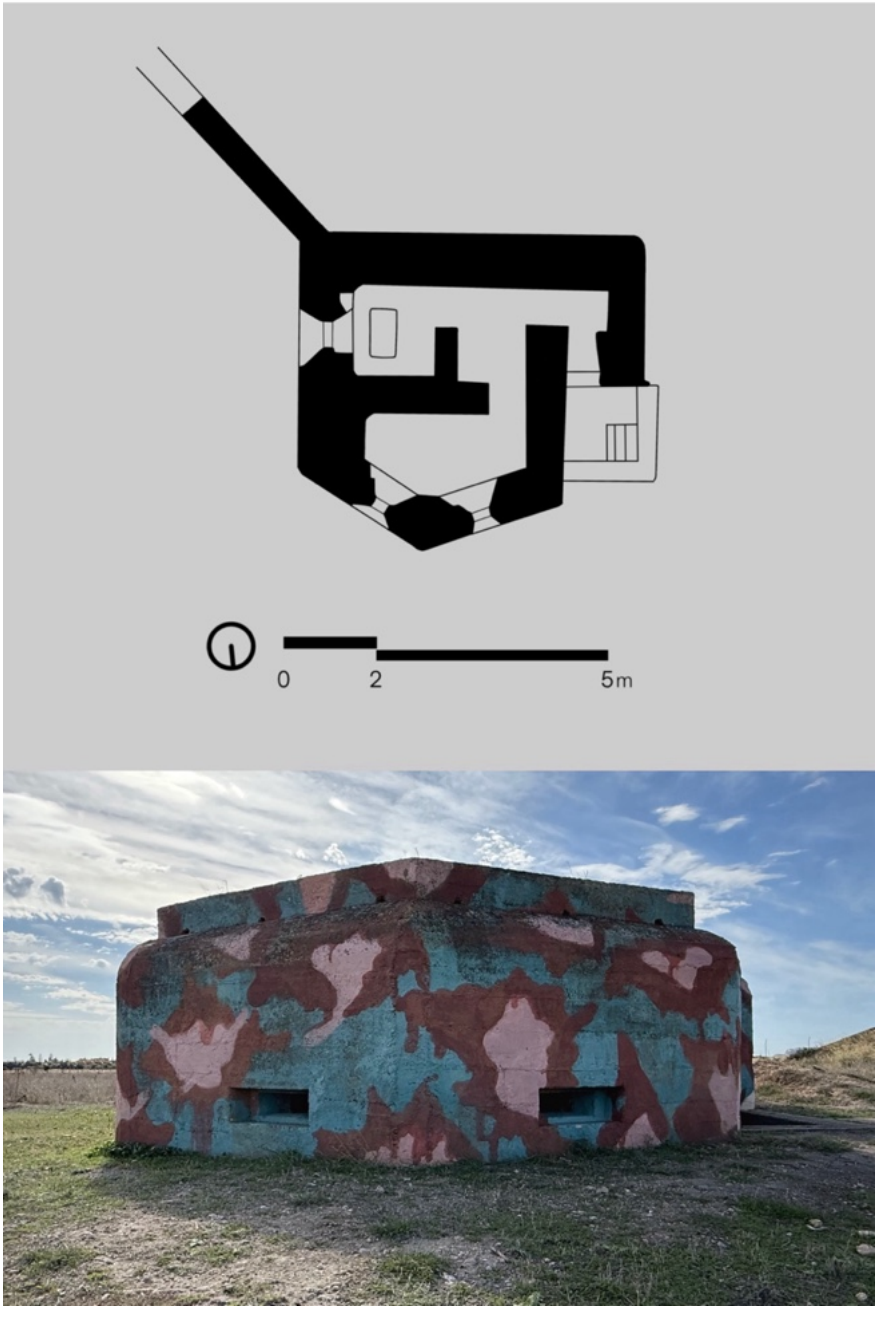


Fig. 58 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.



Fig. 59 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS15_BKC_62 (39°14'36.07"N 9°13'02.51"E)

Località: Pitz'e Serra
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 56,25 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: "collinetta" + teli mimetici
Feritoie: 3 **Accesso:** gradini
Settore operativo: S-NO
Area occupata: 39,4 m²
Pieno/vuoto: 63% / 37%

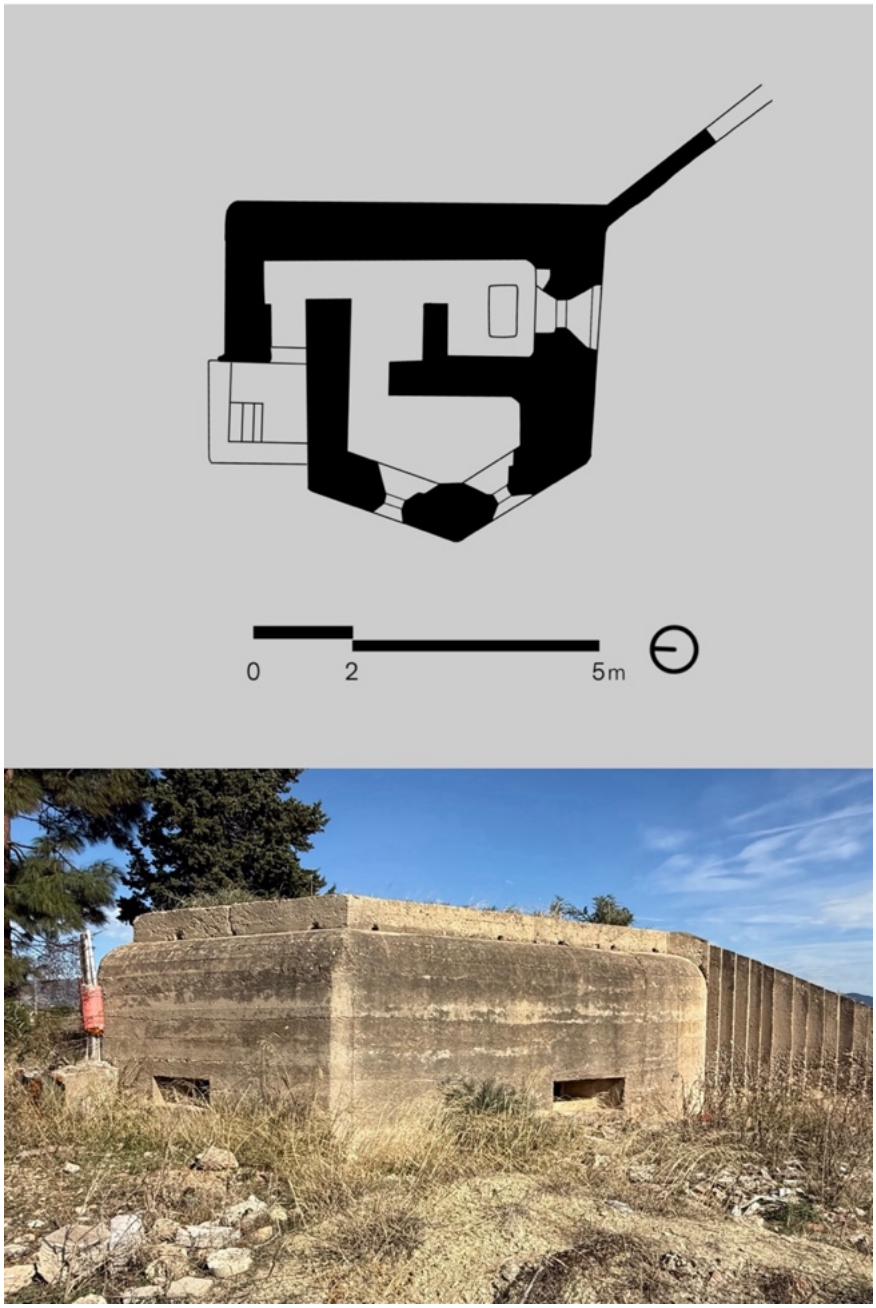


Fig. 60 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS15_BKC_63 (39°14'35.41"N 9°13'03.99"E)

Località: strada Pitz'e Serra
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 54,22 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: casa coloniale
Feritoie: 3 **Accesso:** livello terreno
Settore operativo: S-SO
Area occupata: 66,8 m²
Pieno/vuoto: 59% / 41%

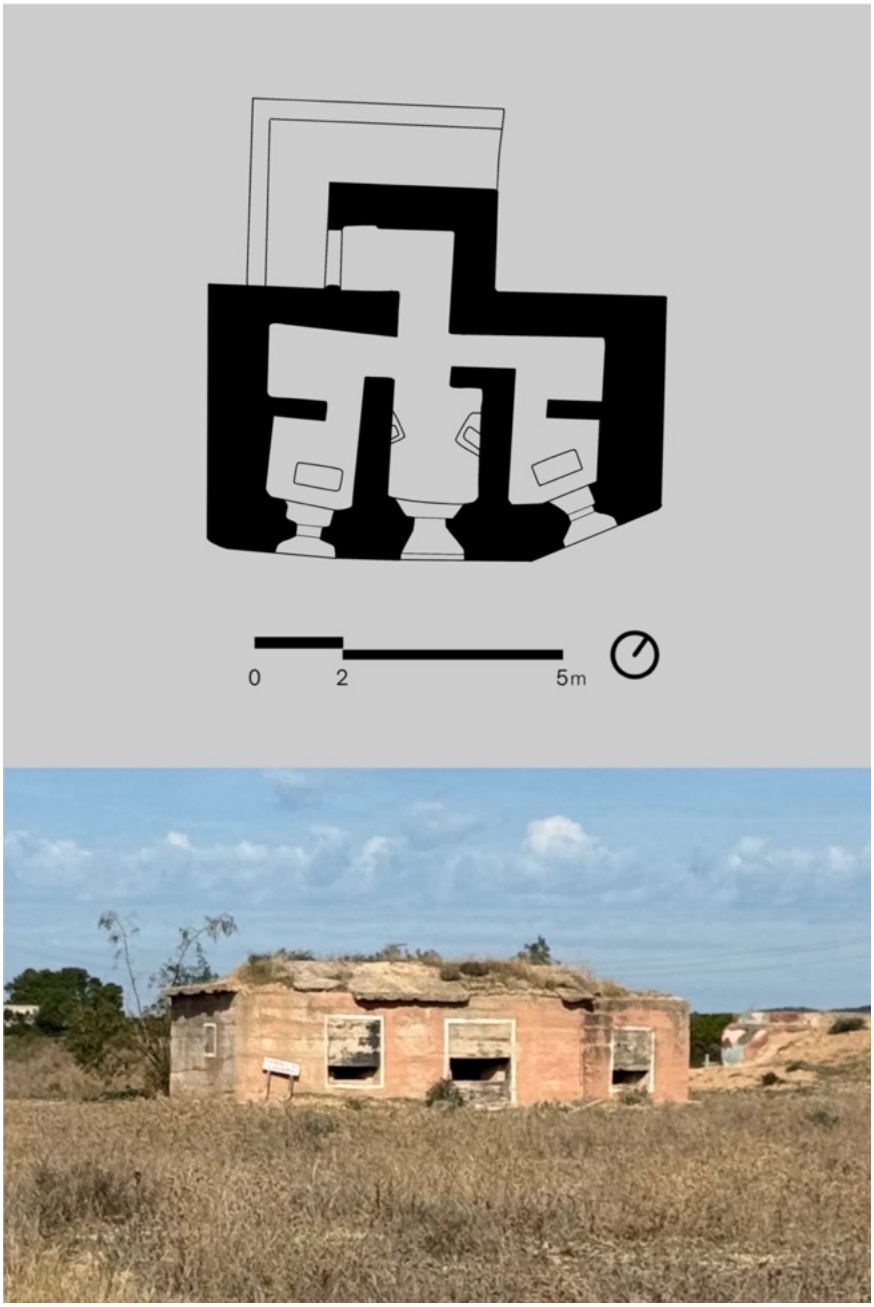


Fig. 61 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

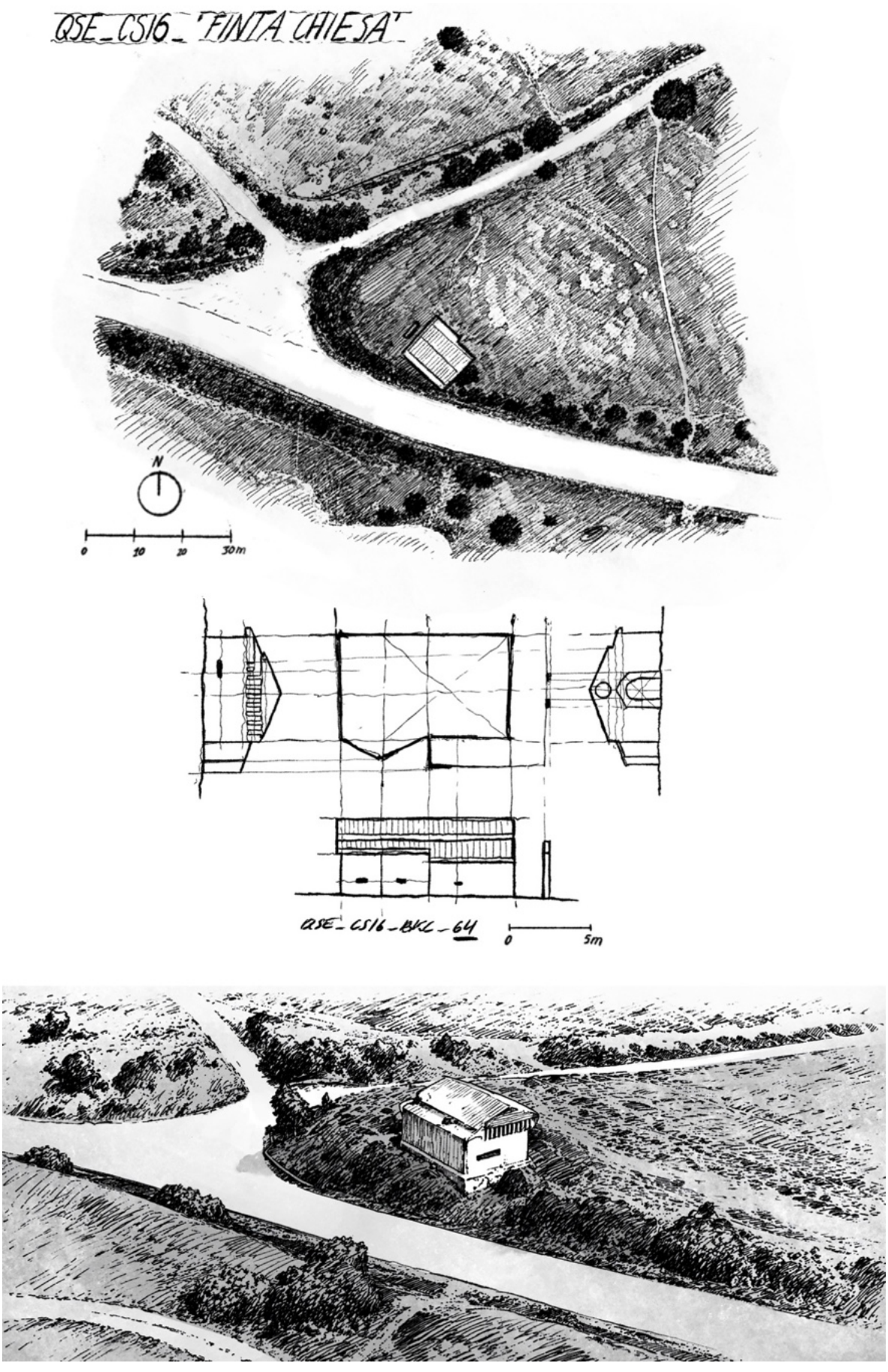


Fig. 62 —Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipo in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS16_BKC_64 (39°14'27.05"N 9°13'03.92"E)

Località: Pitz'e Serra (croce)
Tipologia: BKC poliarma · LMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 47,49 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: chiesa campestre
Feritoie: 3 **Accesso:** livello terreno
Settore operativo: N-SE
Area occupata: 58,3 m²
Pieno/vuoto: 58% / 42%



Fig. 63 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS16_BKC_64



Fig. 64 — Tavola P: studi di riconoscibilità e sequenza di avvicinamento. Due notan in alto, realizzati con punto di osservazione a circa 50 m, restituiscono il manufatto dalla strada (A1) e dalla piana alla quota del bunker (A2), evidenziandone silhouette, rapporto figura–sfondo e ambiguità percettiva. La sequenza centrale passa da una veduta sintetica realizzata a circa 200 m, nella quale il manufatto si manifesta soprattutto come profilo emergente (B1), a un acquerello intermedio affine alla vista dalla piana (B2), fino a una veduta ravvicinata che rende leggibili materia, cromatismo, vegetazione e caratteri architettonici (B3). Completa la tavola una restituzione a china con ombre portate, osservata dalla strada, nella quale la figura umana chiarisce scala, rapporto con il suolo in pendenza e presenza del manufatto nel paesaggio (C). A1–A2, B1–B3 e C: Y1.3.

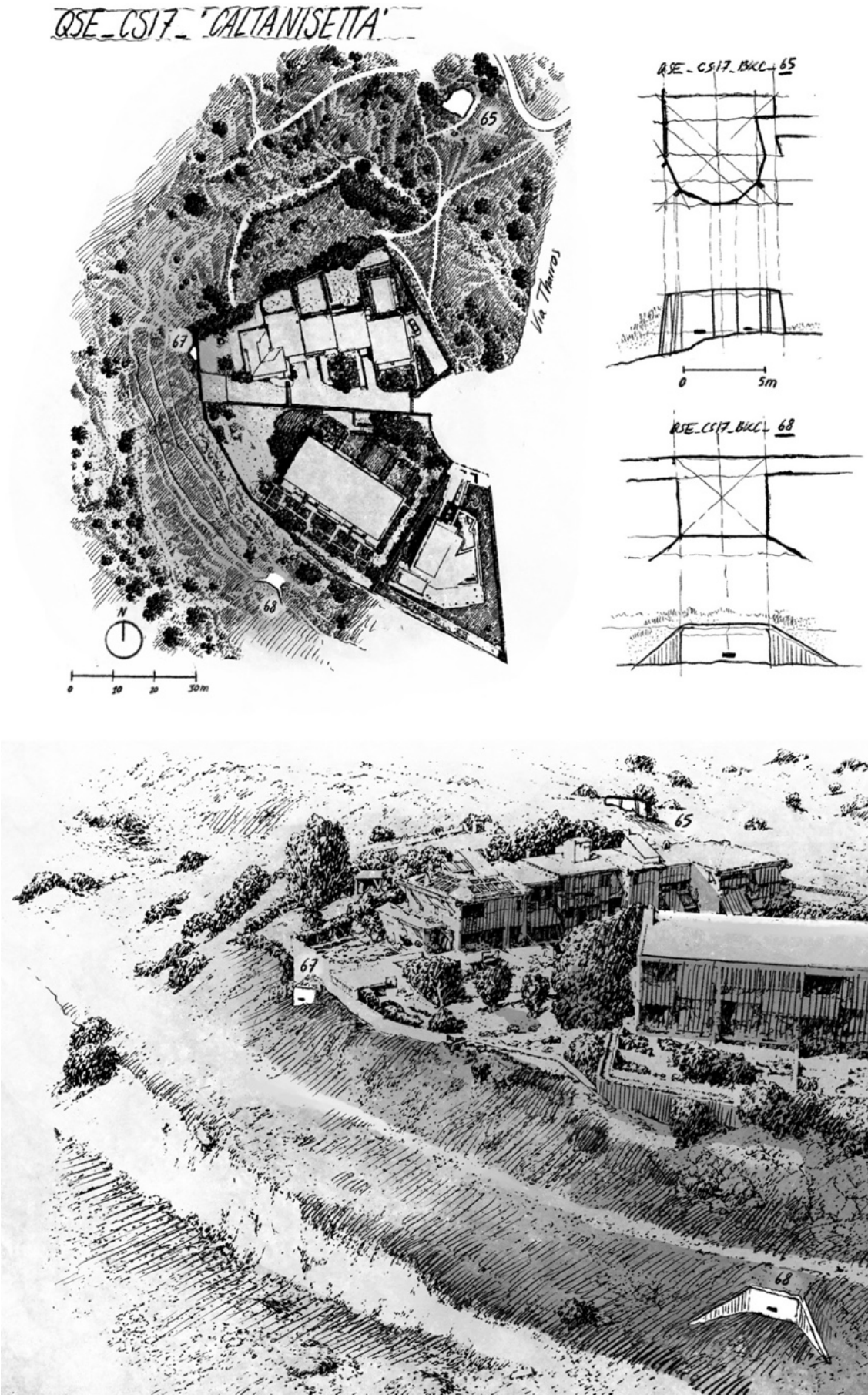


Fig. 65 —Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS17_BKC_65 (39°14'27.05"N 9°13'03.92"E)

Località: Pitz'e Serra (Via Tharros)
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 45,35 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: serbatoio idrico
Feritoie: 4 **Accesso:** gradini
Settore operativo: NO-SE
Area occupata: 43,9 m²
Pieno/vuoto: 61% / 39%

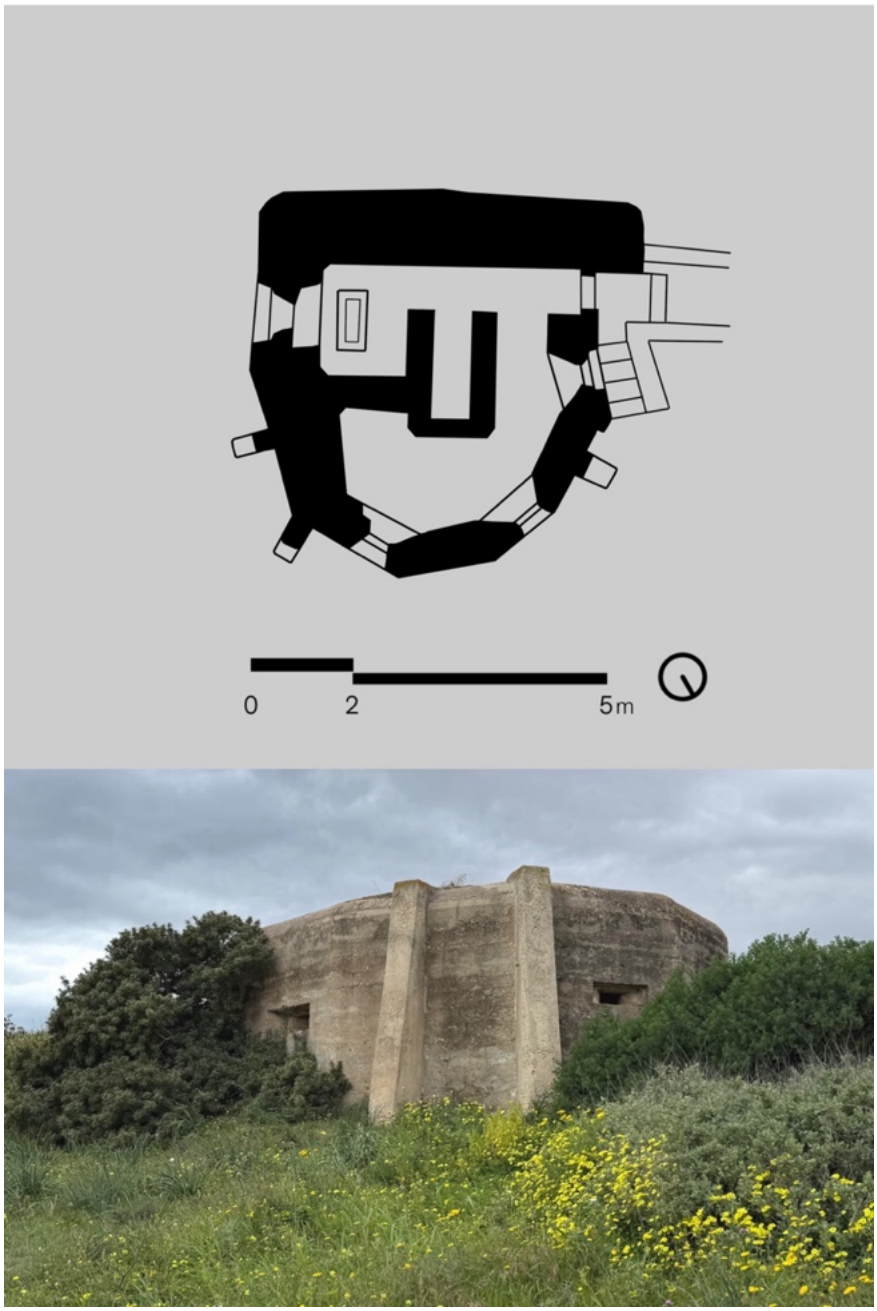


Fig. 66 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

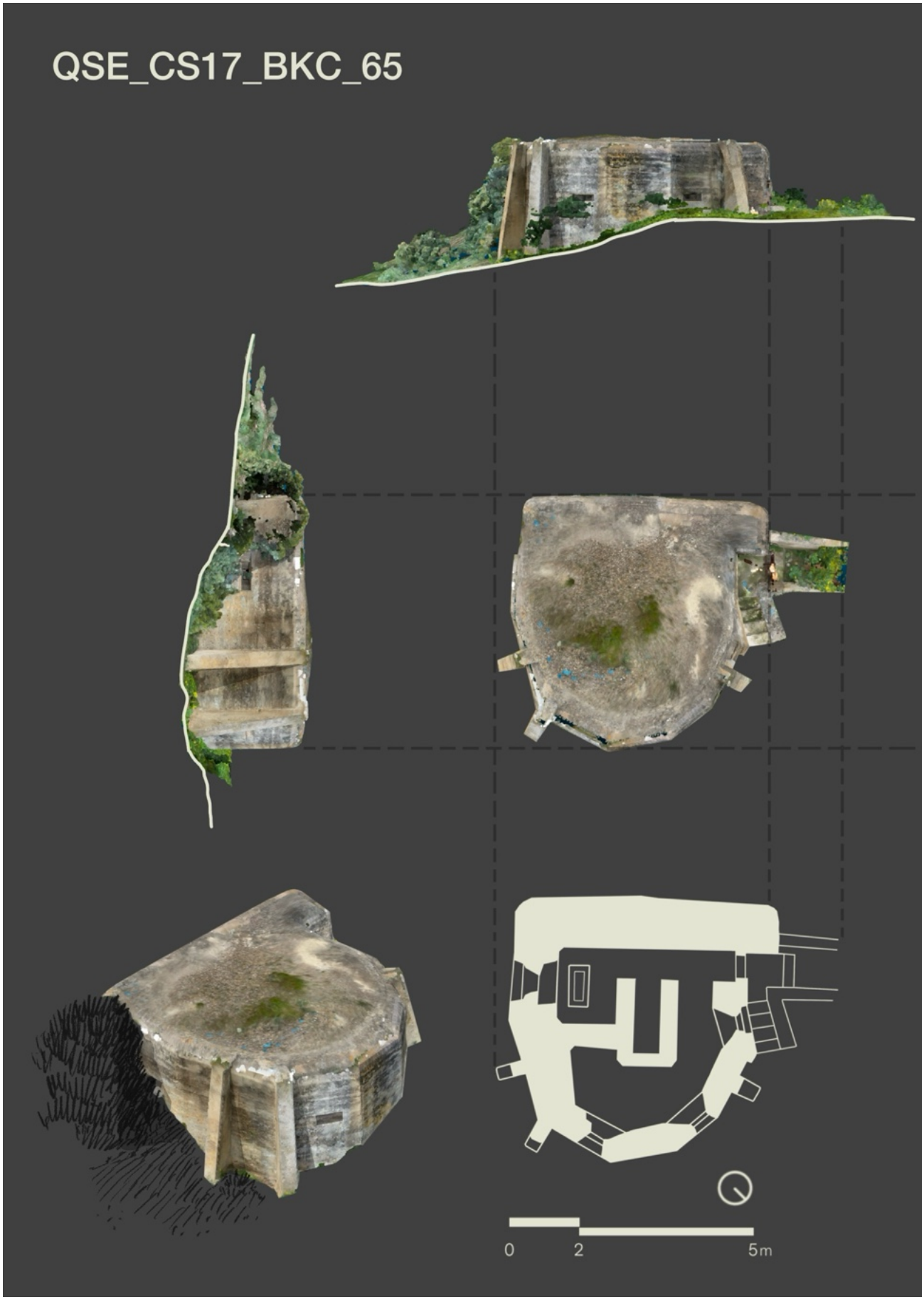


Fig. 67 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

QSE_CS17_BKC_68 (39°14'27.05"N 9°13'03.92"E)

Località: Pitz'e Serra (Via Tharros)
Tipologia: BKC poliarma · HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: degradata
Accessibilità: speleologica
Quota: 47,49 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: integrato nel terreno
Camouflage: "collinetta"
Feritoie: 4 **Accesso:** gradini
Settore operativo: SO
Area occupata: 43,9 m²
Pieno/vuoto: 61% / 39%

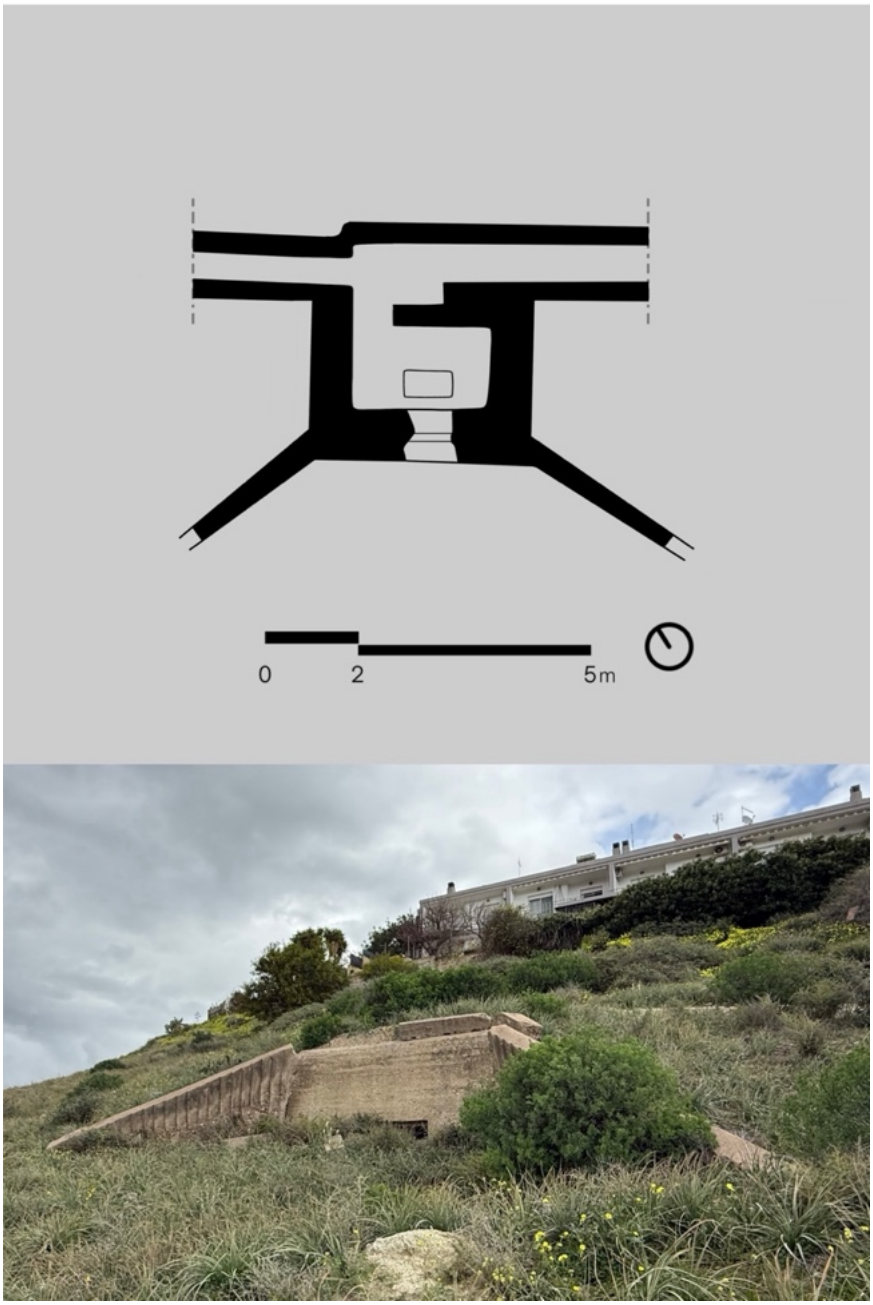


Fig. 68 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

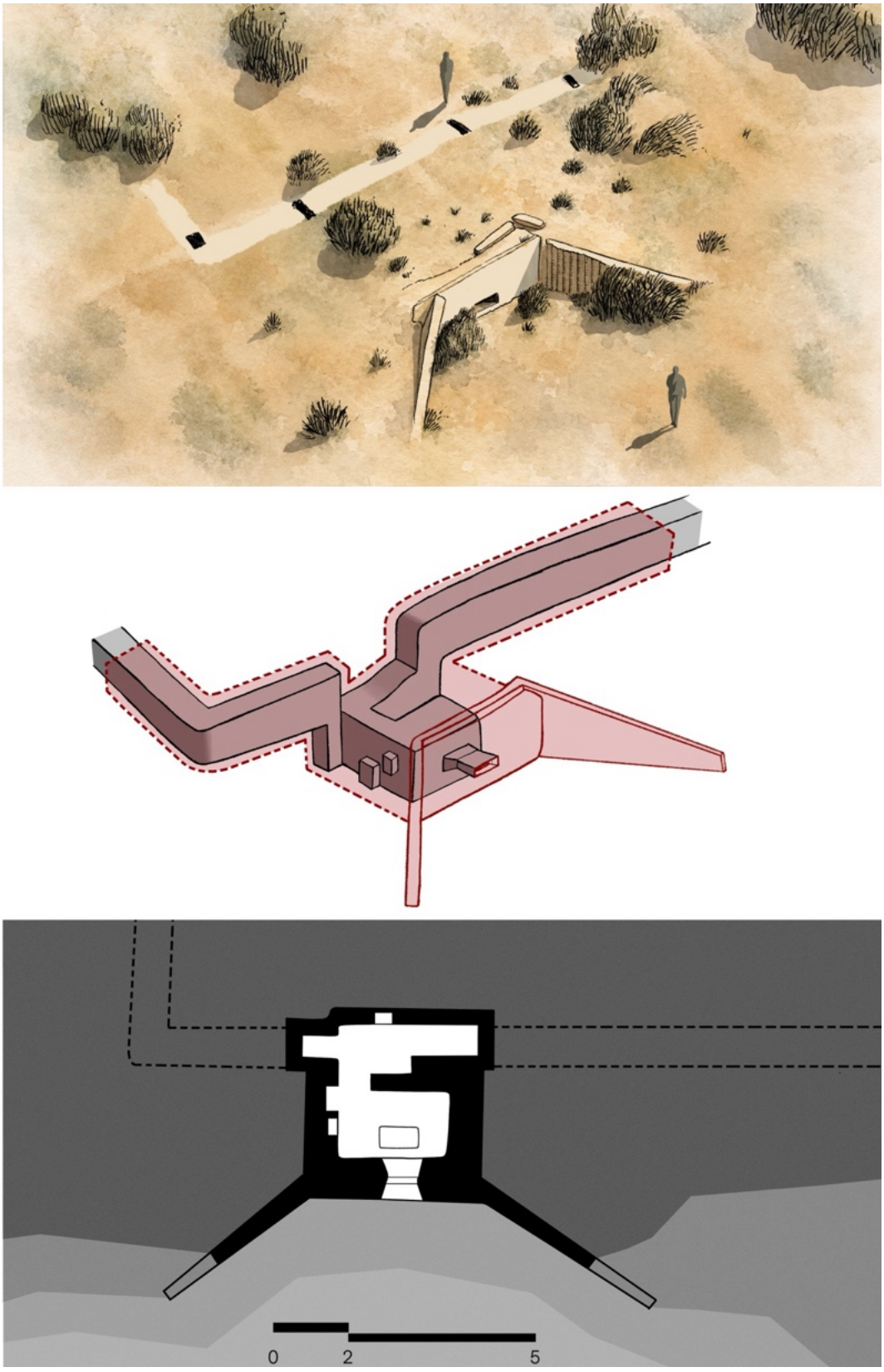


Fig. 69 — QSE_CS17_BKC68, CS XVII "Caltanissetta", Quartu Sant'Elena. Tavola M multilivello del manufatto. La tavola articola tre livelli di lettura complementari. Alla base, la pianta con curve di livello, scalimetro e restituzione dei vani interni rende leggibile l'organizzazione spaziale del bunker, inclusa la porzione del tunnel interrato. Il livello intermedio mette in relazione il volume occupato dal manufatto con il volume praticabile dei suoi spazi interni, chiarendo la distinzione tra massa costruita e cavità utilizzabile. Il livello superiore propone una sintesi a volo d'uccello del rapporto tra opera e paesaggio, evidenziando gli elementi in calcestruzzo emergenti — facciata con feritoia, muri controterra e camminamento coperto — e la loro connessione con il terreno circostante. Elaborazione dell'autore.

5.2.12 — QSE_CS18 "Castroreale" – QSE_CS19 "Carcangiolas"

Il **caposaldo 18 "Castroreale"** conserva tutte e tre le postazioni poliarma documentate nel censimento del 1948, oggi comprese in un piccolo spazio verde fra gli edifici residenziali e direttamente verificate mediante sopralluogo e rilievo esterno. Due opere si trovano sul lato occidentale della strada, mentre la terza è isolata sul lato opposto. Al raggruppamento appartiene inoltre un raro trinceramento coperto in calcestruzzo, originariamente destinato al collegamento protetto fra le postazioni. La viabilità ne ha interrotto la continuità e alcuni tratti risultano oggi deteriorati, parzialmente interrati o invasi da terra e detriti. Nonostante le condizioni manutentive non ottimali e la trasformazione residenziale del contesto, i tre bunker rimangono riconoscibili e consentono ancora di leggere l'impianto del caposaldo e il rapporto fra opere e collegamenti protetti.

Il **Caposaldo 19 "Carcangiolas" (L2)** occupa la stretta fascia compresa fra spiaggia e stagno. Il progetto del 1942 prevedeva due postazioni poliarma, successivamente sostituite in corso d'opera da una postazione per cannone e tre postazioni monoarma circolari per mitragliatrici; il caposaldo era inoltre associato a ostacoli controcarro e a un campo minato. Le quattro opere realizzate sono state verificate e documentate: BKC72, costituita da una singola casamatta per il pezzo controcarro, è stata rilevata anche internamente e corrisponde al documento di rilievo del 1948. Le due casematte monoarma prossime alla spiaggia sono oggi fortemente seminterrate dall'accumulo di sabbia, mentre quella rivolta verso lo stagno è frequentemente allagata. La fascia fra mare e stagno costituiva una possibile direttrice di penetrazione verso l'interno ancor prima della realizzazione dell'attuale assetto viario del litorale.

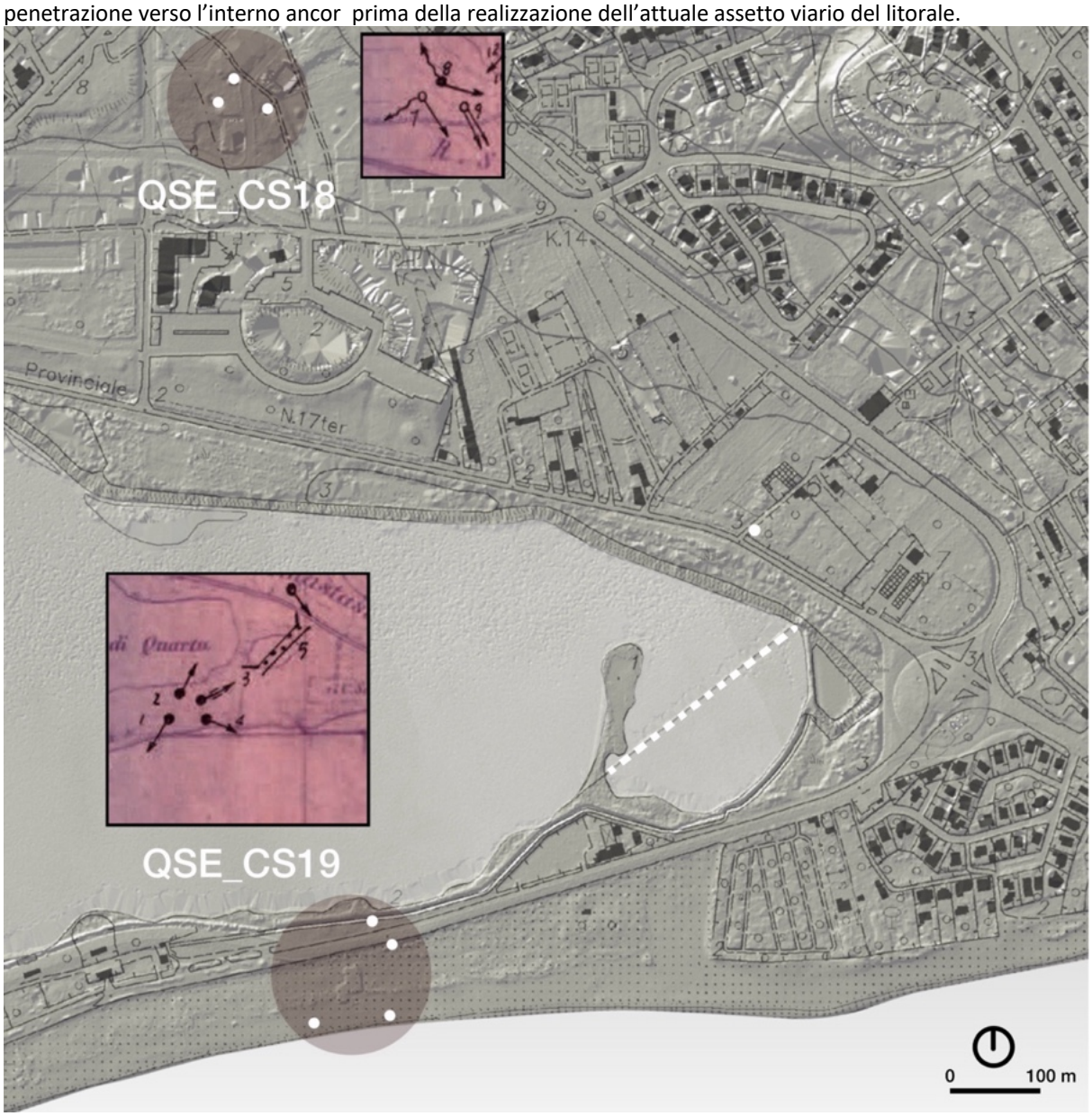


Fig. 70 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

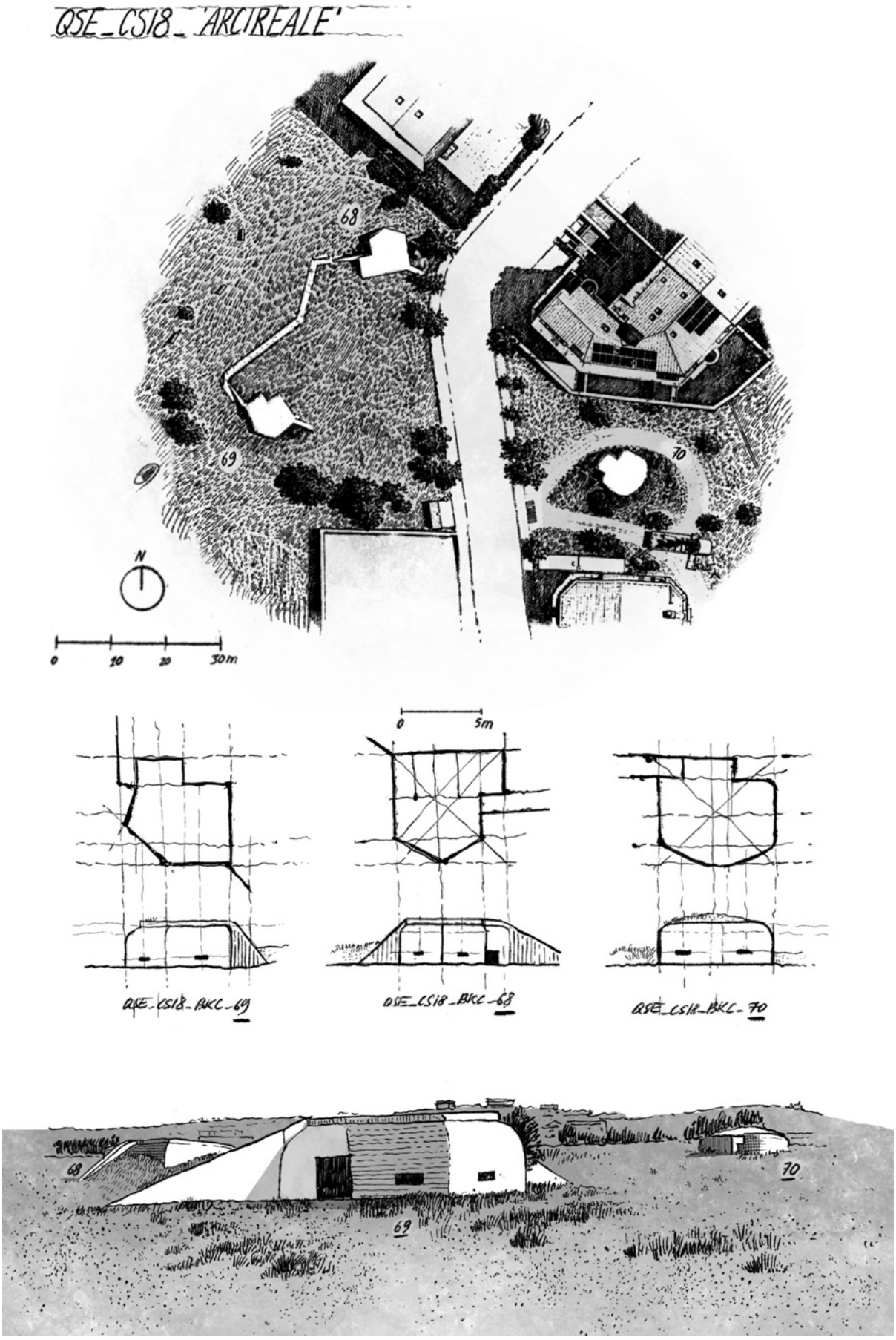


Fig. 71 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a quota terreno dell'assetto degli anni 70'. Elaborazione dell'autore.

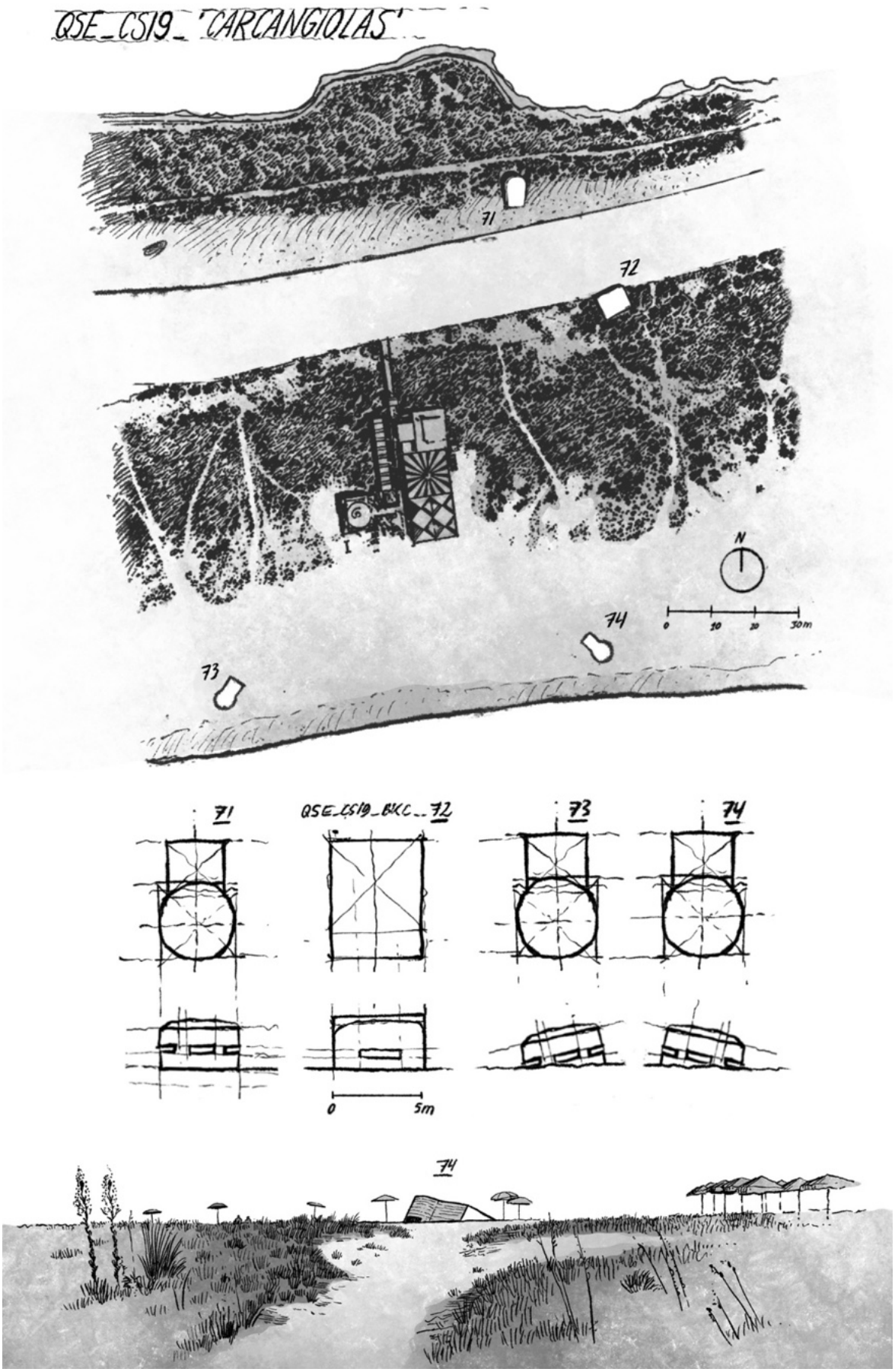


Fig. 72 —Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno del bunker BKC_74 dal percorso di accesso alla spiaggia. Elaborazione dell'autore.

QSE_CS19_BKC_72 (39°13'41.77"N 9°12'49.38"E)

Località: estremità Orientale del Poetto
Tipologia: BKC poliarma · ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: discreta
Quota: 0,63 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 1 **Accesso:** gradini
Settore operativo: O-NO
Area occupata: 31,1 m²
Pieno/vuoto: 64% / 36%

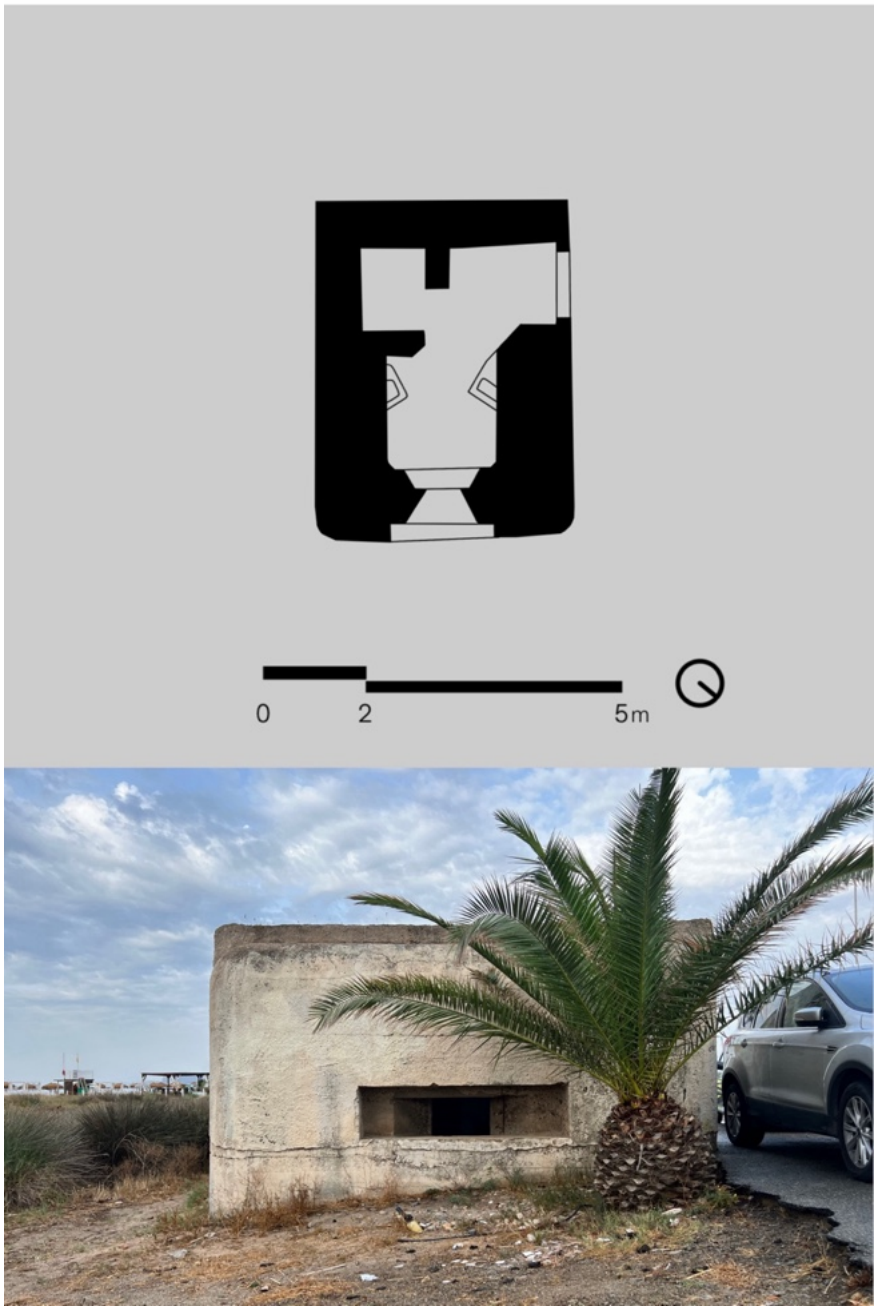


Fig. 73 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

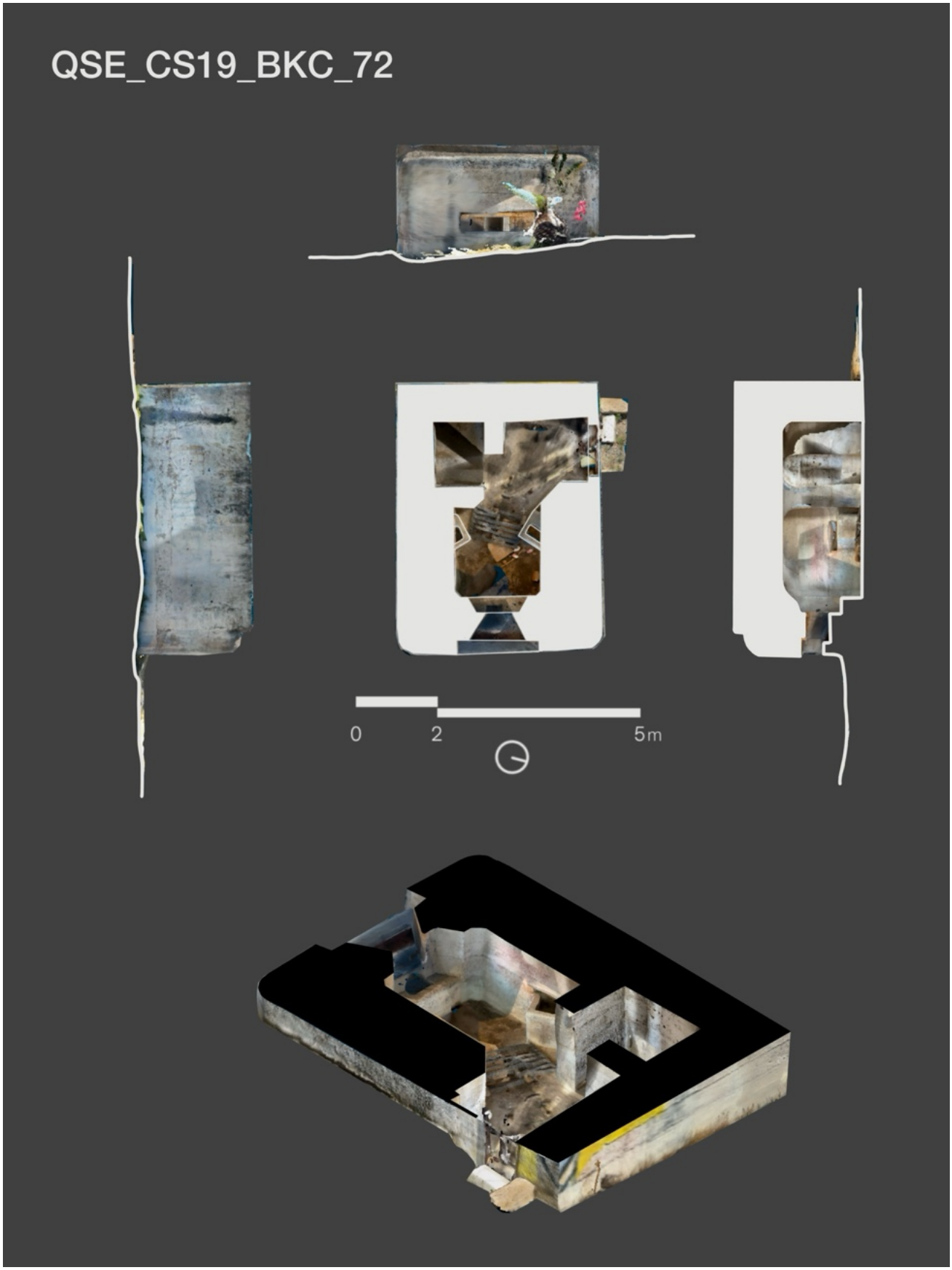


Fig. 74 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

QSE_DC_BKC_02 (39°12'17.70"N 9°18'46.79"E)

Località: Capitana Est
Tipologia: BKC monoarma · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: buona
Quota: 1,64 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 4 **Accesso:** scala
Azimut: 180°
Area occupata: 14,3 m²
Pieno/vuoto: 69% / 31%

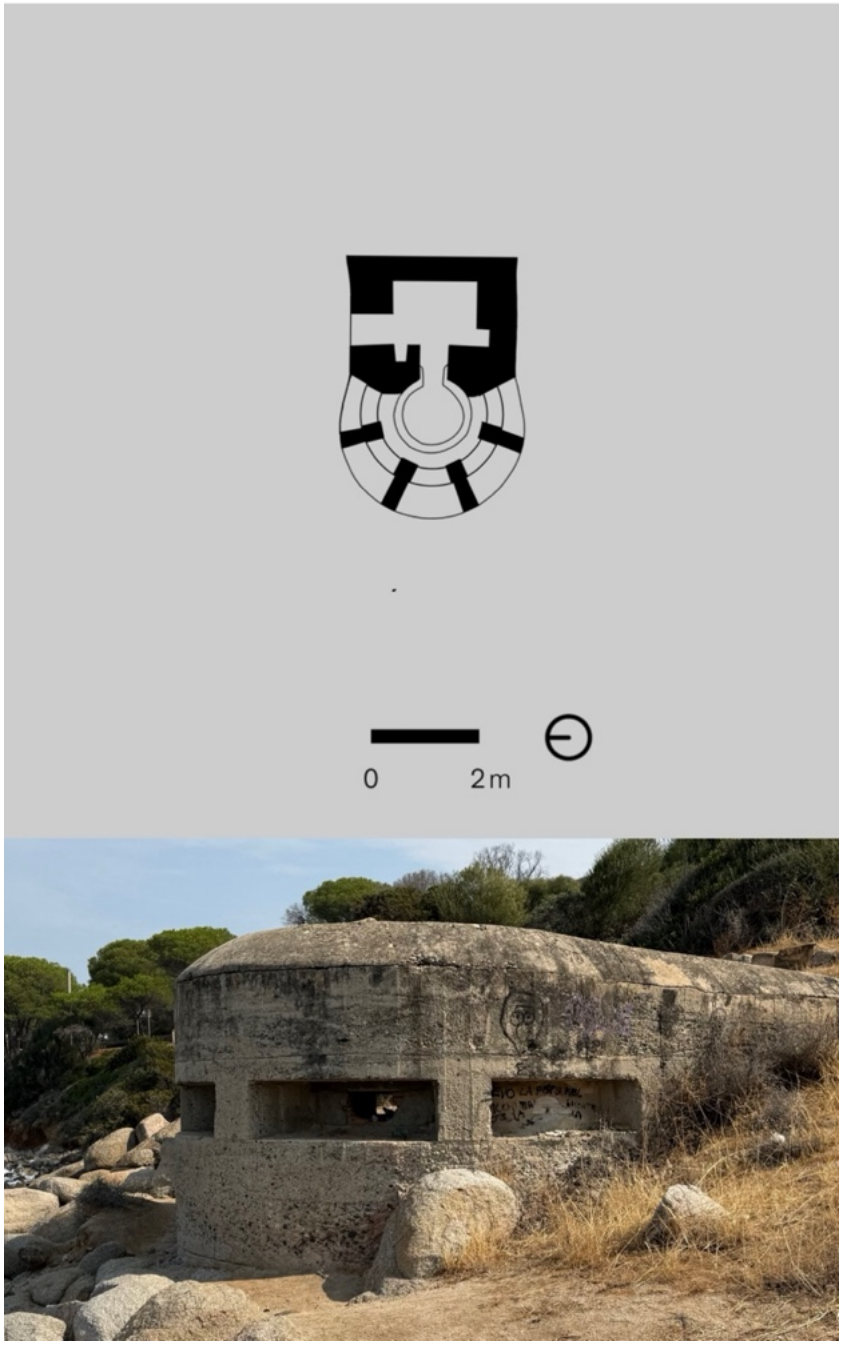


Fig. 75 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

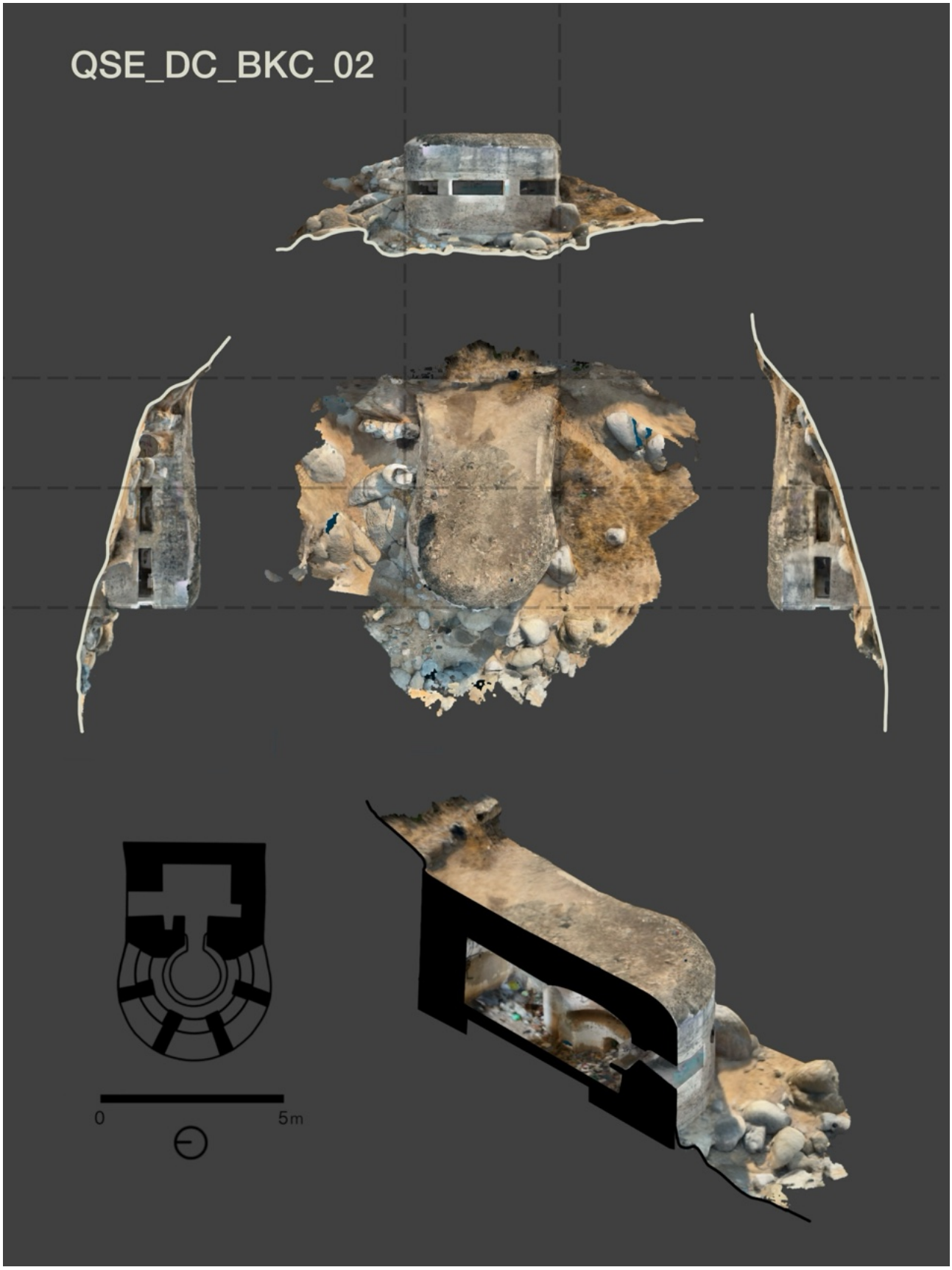


Fig. 76 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

QSE_DC_BKC_03 (39°12'50.72"N 9°16'12.26"E)

Località: Foxi
Tipologia: BKC monoarma · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: degradata
Accessibilità: non accessibile
Quota: 0,66 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 6 **Accesso:** scala
Azimut: 180°
Area occupata: 21,9 m²
Pieno/vuoto: 66% / 34%

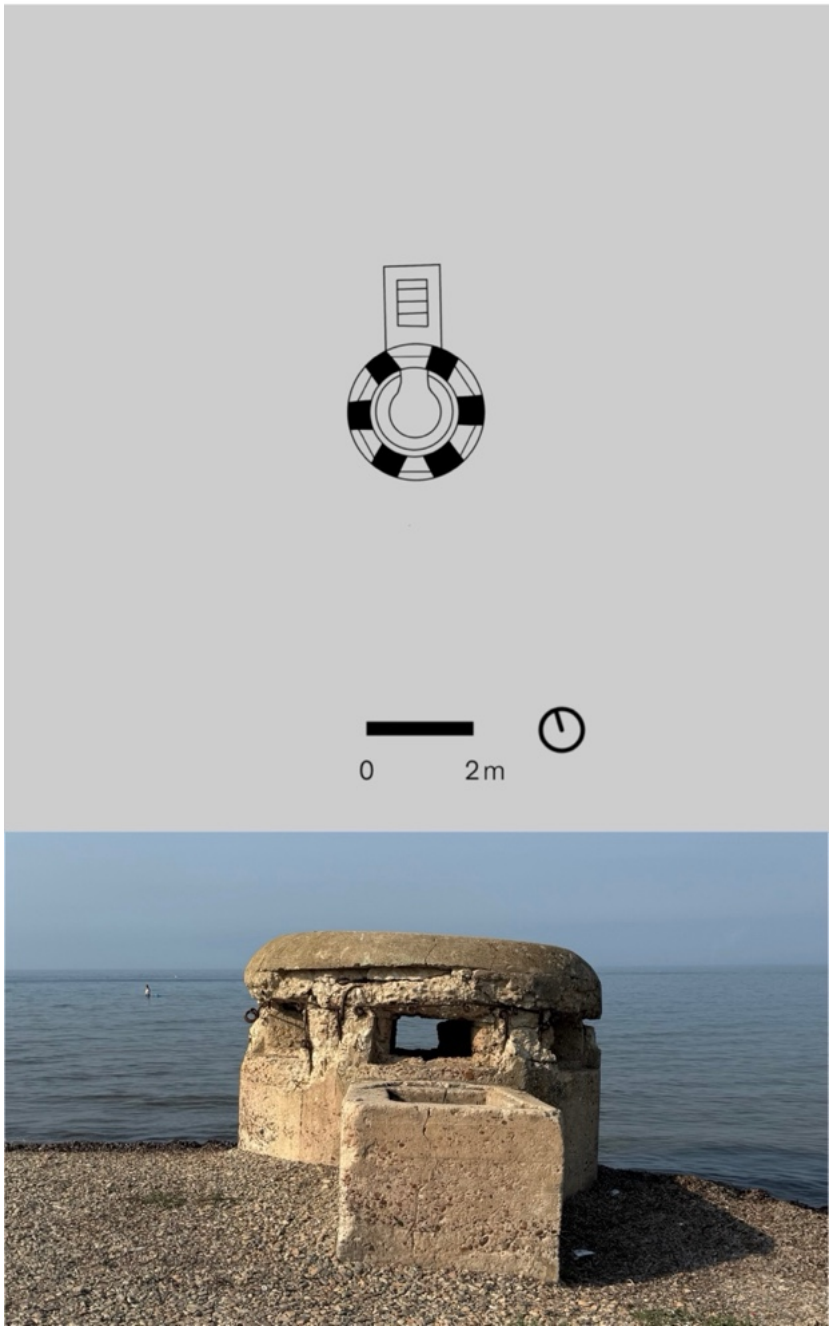


Fig. 77 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

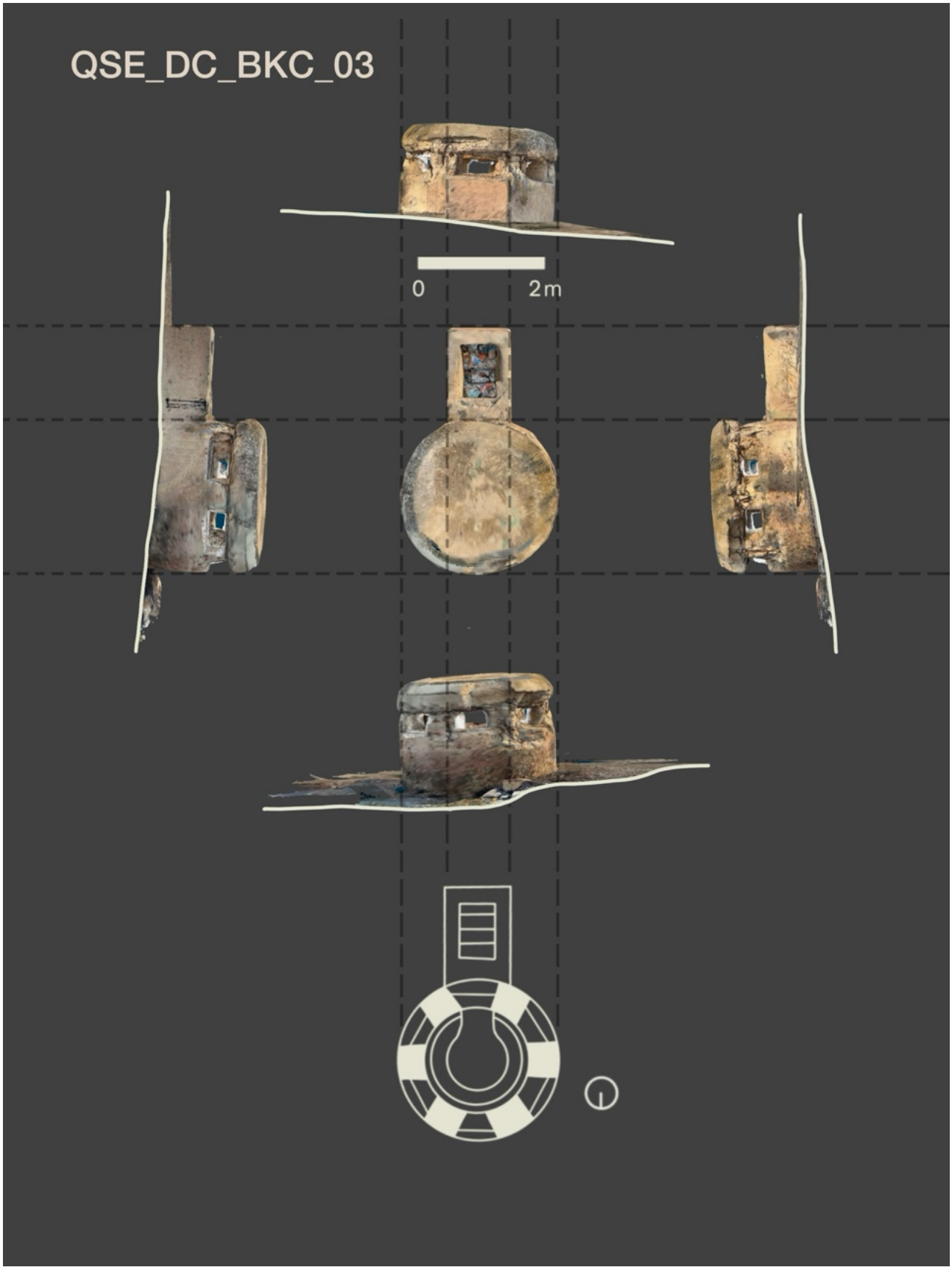


Fig. 78 —Tavola D di rilievo digitale e restituzione metrica del manufatto. Rilievo ed elaborazione dell'autore.

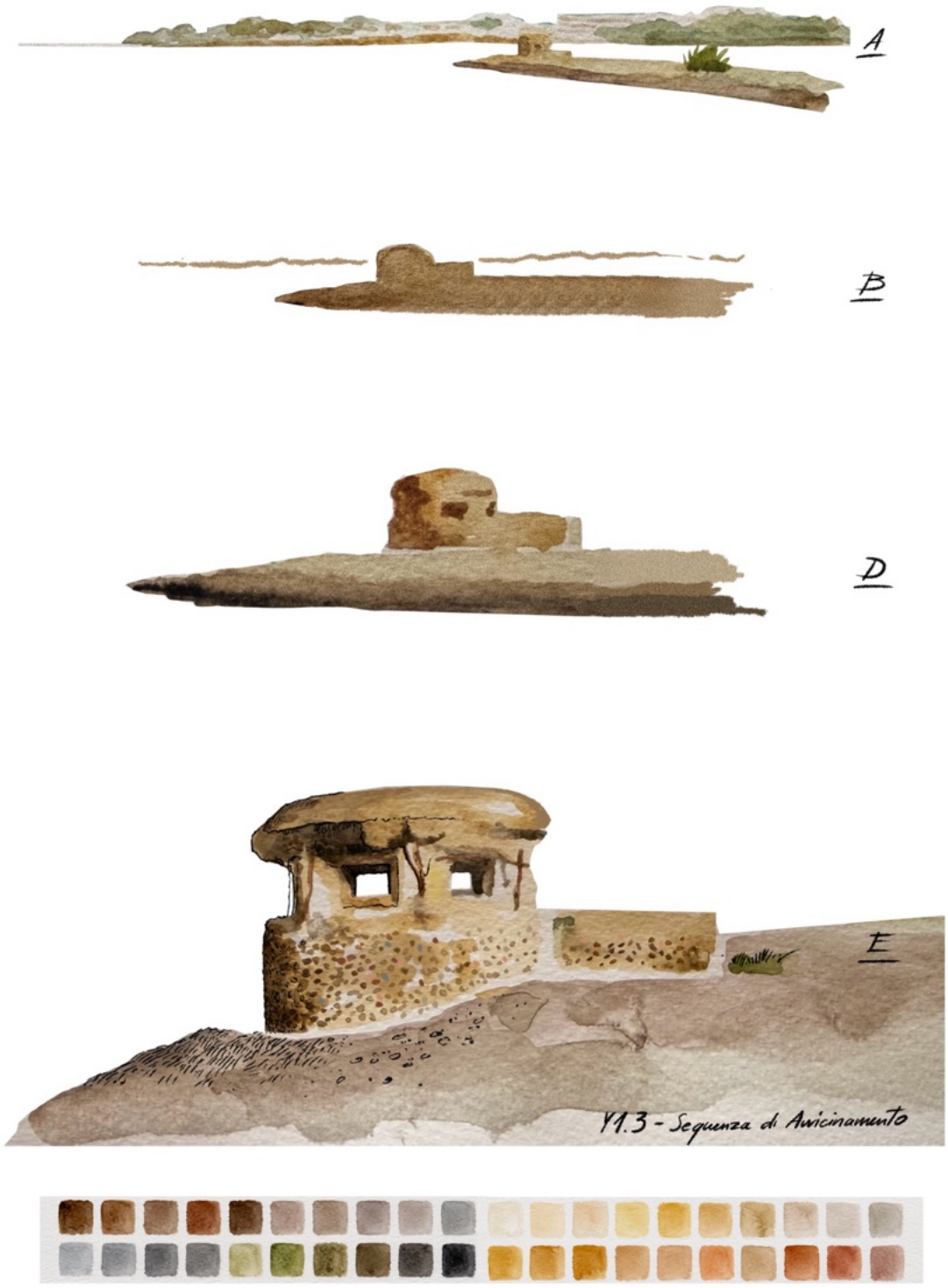


Fig. 79 — Tavola P: sequenza percettiva di avvicinamento. Il manufatto è restituito attraverso quattro elaborati ibridi derivati da acquerelli su carta, successivamente scontornati e rielaborati digitalmente. La sequenza, sviluppata il 19 agosto 2025 tra le ore 09:00 e 10:30, in condizioni di cielo sereno con lieve nuvolosità, segue un avvicinamento da est verso ovest lungo la spiaggia: A, veduta ampia dalla torre di Sant'Andrea, a circa 330 m; B, studio sintetico della silhouette, a circa 150 m; C, vista intermedia con progressiva emersione delle feritoie, a circa 45 m; D, veduta ravvicinata a circa 5 m, accompagnata da una palette cromatica. La rielaborazione digitale finale è stata completata nel giugno 2026. A–D: Y1.3; Dp: Y2.3.



Fig. 80 — Tavola P: variazioni della leggibilità in differenti regimi luminosi e atmosferici. Otto acquerelli confrontano il manufatto parzialmente sommerso da due punti di osservazione lungo la spiaggia, con sguardo prevalentemente orientato verso ovest e a una distanza indicativa di circa 55 m. Gli elaborati registrano condizioni variabili di cielo, illuminazione, vento e stato dell'acqua: cielo nuvoloso e luce mattutina (A, E), schiarite e condizioni parzialmente serene (B), luce piena con acqua quasi calma (C, H), luce pomeridiana (G) e regimi caldi del tramonto (D, F). La ripetizione del soggetto rende confrontabili silhouette, riflessi, rapporto figura–sfondo e dominanti cromatiche, sintetizzate nella palette centrale (P). Studi eseguiti in differenti campagne nel corso del 2025. A–H: Y2.1; P: Y2.3.

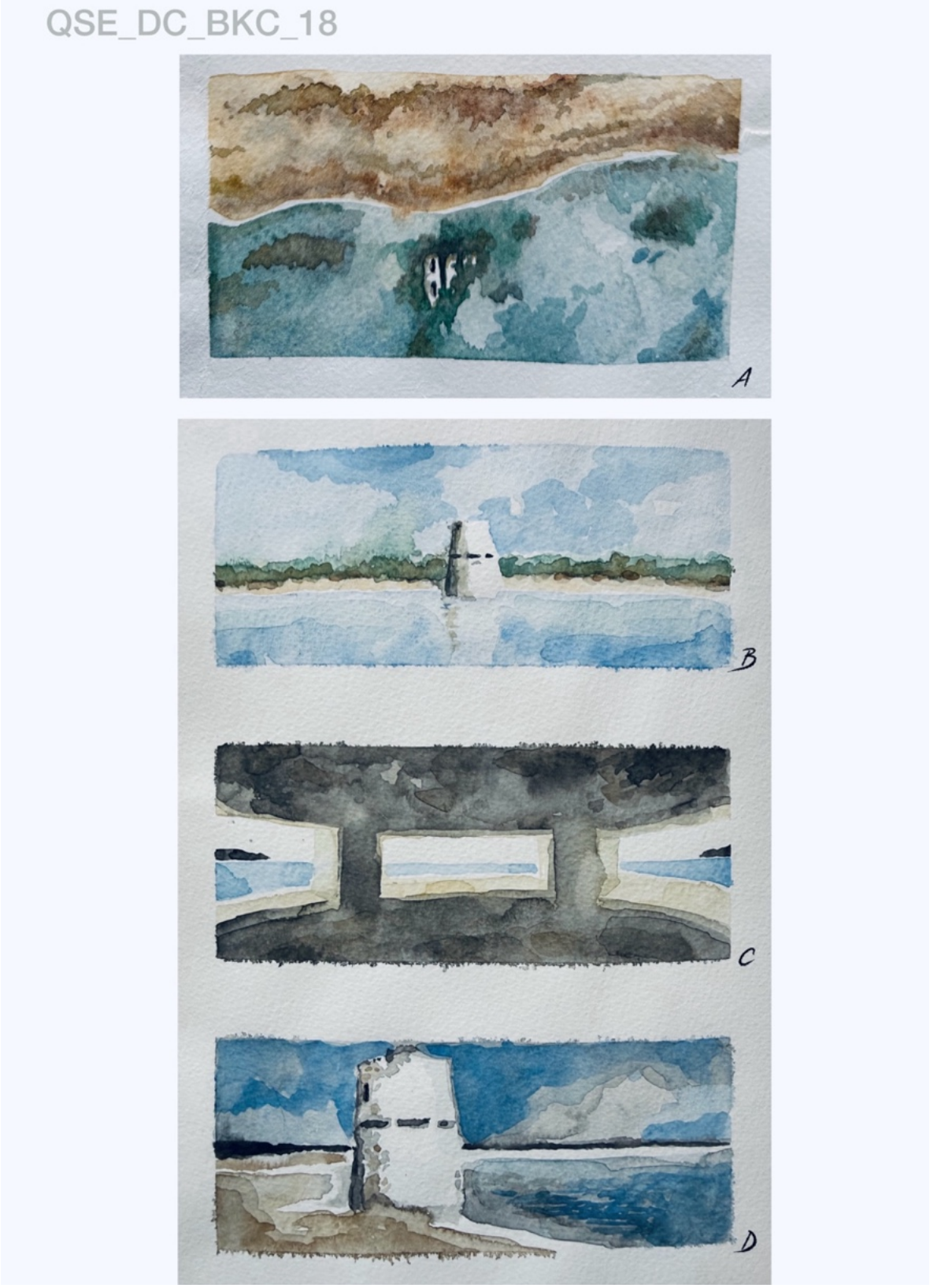


Fig. 81 — Tavola P: inquadramento, ricostruzione grafica e vista esterna del bunker costiero. Quattro acquerelli restituiscono differenti livelli di lettura del manufatto. Il primo elaborato mostra una vista zenitale del bunker in rapporto alla spiaggia e alla linea di costa (A); il secondo propone una ricostruzione della torre nel suo stato originario, osservata dal mare (B); il terzo ricostruisce lo spazio interno del manufatto e la disposizione delle tre feritoie (C); il quarto restituisce il bunker dal lato della spiaggia, evidenziandone il rapporto diretto con il margine costiero (D). A: Y1.1; B–C: Y4.2; D: Y1.3.



Fig. 82 — Tavola P: rilievo cromatico, ricostruzioni grafiche e restituzione percettiva. La tavola integra una palette cromatica (A), due schemi ricostruttivi che mettono in relazione la configurazione della torre originaria e la sua trasformazione mediante l'inserimento del bunker (B1–B2), e una rappresentazione ibrida del manufatto osservato da vicino, accompagnata da una figura umana come riferimento di scala (C). L'immagine principale, realizzata ad acquerello con successive integrazioni digitali, restituisce il bunker come presenza rovesciata ed emergente dall'acqua, accentuandone l'articolazione plastica, il cromatismo e il carattere organico, assimilabile a una grande conchiglia. La tavola mette così in relazione rovina trasformata e l'esperienza percettiva del dispositivo difensivo che diviene un relitto abbandonato alle onde. A e C: Y2.3; B1–B2: Y4.2.



Fig. 83 — QSE_DC_BKC18, Torre di Carcangiolas, Quartu Sant'Elena. Tavola P: lettura diacronica del manufatto attraverso quattro condizioni della sua trasformazione, dalla torre costiera di età spagnola all'integrazione nel dispositivo difensivo della Seconda Guerra Mondiale, fino all'uso postbellico e allo stato di rudere successivo al crollo del 1979. Il disegno sequenziale mette in relazione trasformazioni dell'architettura, modificazioni della linea di costa e variazioni d'uso e percezione del manufatto. Disegno su supporto digitale. Elaborazione dell'autore.

5.2.14 — QSE_BA01 “Carlo Faldi”: la batteria di Is Mortorius (L3)

Il promontorio di Is Mortorius costituisce un paesaggio stratificato, nel quale le fortificazioni novecentesche si sovrappongono a preesistenze di diversa epoca: il Nuraghe Diana, la cinquecentesca Torre del Mortorio e gli edifici dell’antica tonnara. La torre venne demolita nel 1940 perché interferiva con la linea di tiro delle artiglierie antinave; a partire dal 1942 il promontorio fu quindi integrato nel dispositivo difensivo del Golfo attraverso la batteria “Carlo Faldi”.

Il complesso comprende quattro piazzole per i pezzi da 152/50, postazioni di osservazione e telemetria, riservette e gallerie, garitte e strutture di servizio, mentre gli edifici della tonnara furono riutilizzati per il casermaggio. Le opere seguono la morfologia rocciosa e rimangono in parte assorbite dalla macchia mediterranea, definendo un sistema nel quale artiglieria, osservazione, collegamenti ipogei e preesistenze sono strettamente integrati al promontorio. (Chiavoni et al. , 2025; Sanna e Pirinu, 2025**)**.



Fig. 84 — Selezione di immagini del promontorio di Is Mortorius. In alto, il patrimonio architettonico e naturalistico dell’area; in basso, le postazioni con funzione di sentinella e le visuali offerte dai diversi punti di controllo sul territorio circostante. Fotografie di Andrea Pirinu e Giancarlo Sanna, 2024.

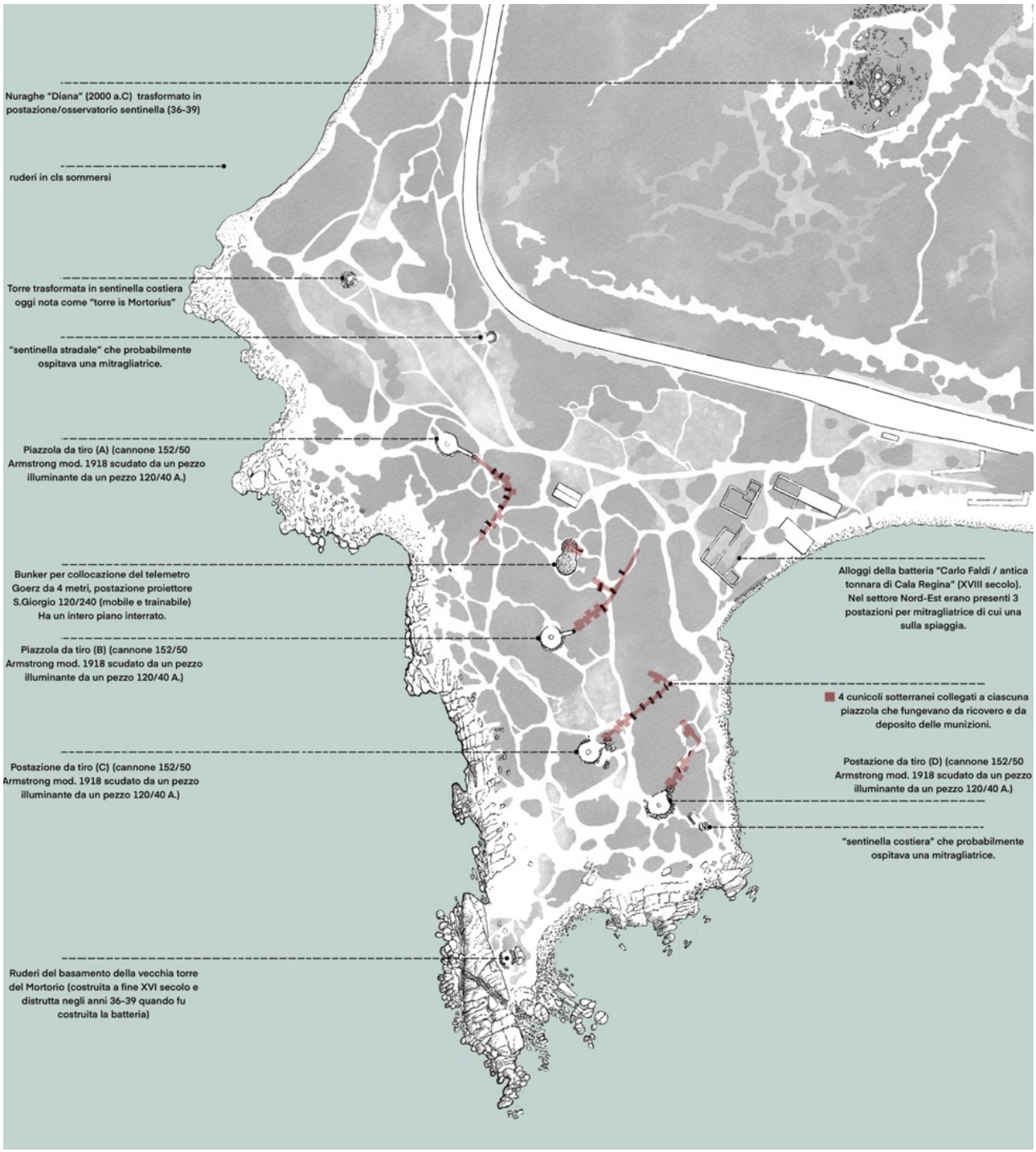


Fig. 85 — Batteria "Carlo Faldi", Is Mortorius: Tavola R di inquadramento generale del complesso. La tavola individua le principali componenti della batteria sul promontorio: in grigio la macchia mediterranea, in nero le strutture militari emergenti e in rosso il sistema dei cunicoli e dei collegamenti sotterranei. Elaborazione dell'autore.

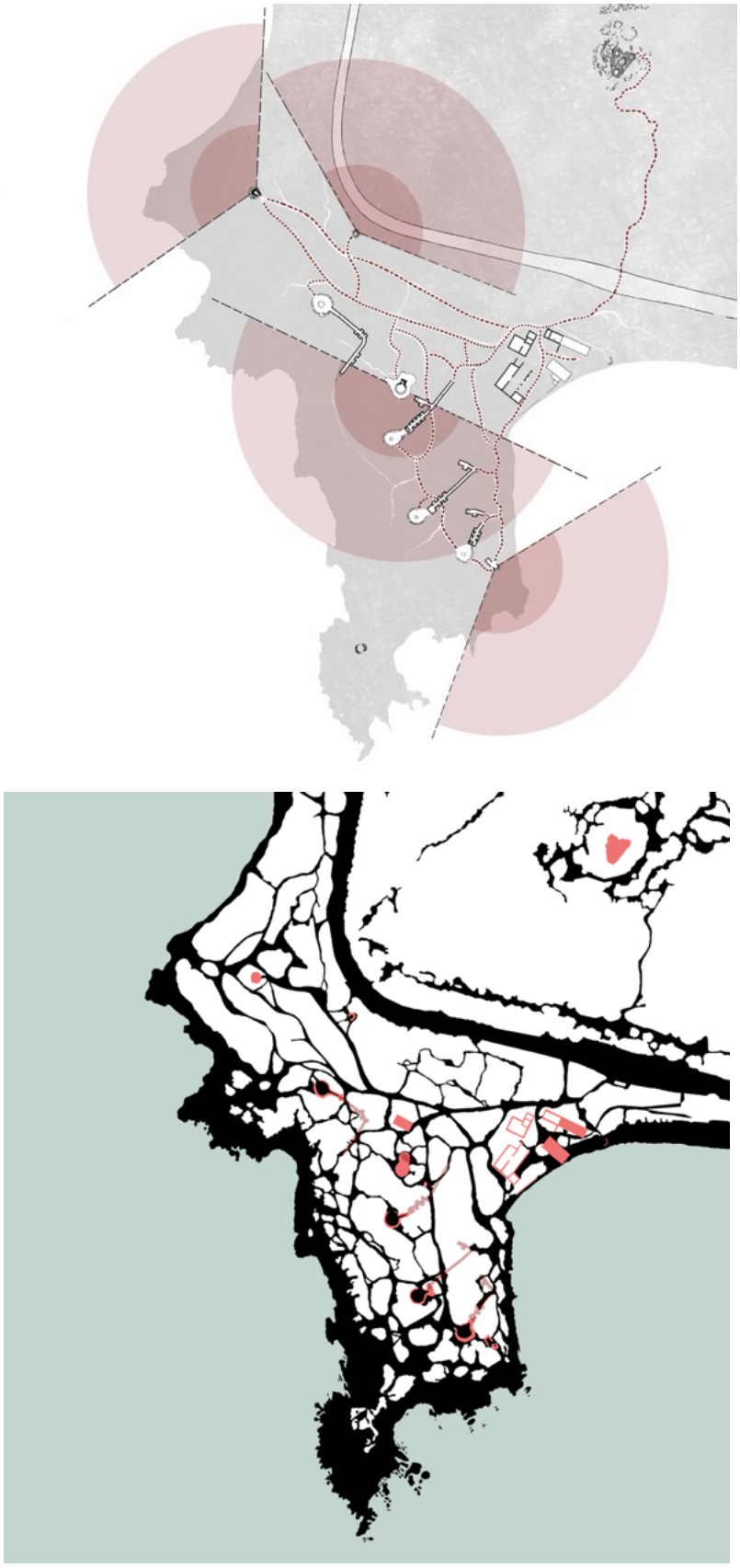


Fig. 86 — Is Mortorius: struttura del promontorio e sistema di osservazione della batteria “Carlo Faldi”. Nel primo elaborato sono restituiti i settori di osservazione del telemetro e delle tre garitte, evidenziando il controllo delle principali direttrici di avvicinamento al promontorio. Nel secondo elaborato, lettura degli spazi liberi e dei percorsi entro la macchia mediterranea, con gli spazi negativi lasciati liberi dalla vegetazione colorati in nero e le strutture militari evidenziate in rosso. Elaborazione grafica dell’autore.

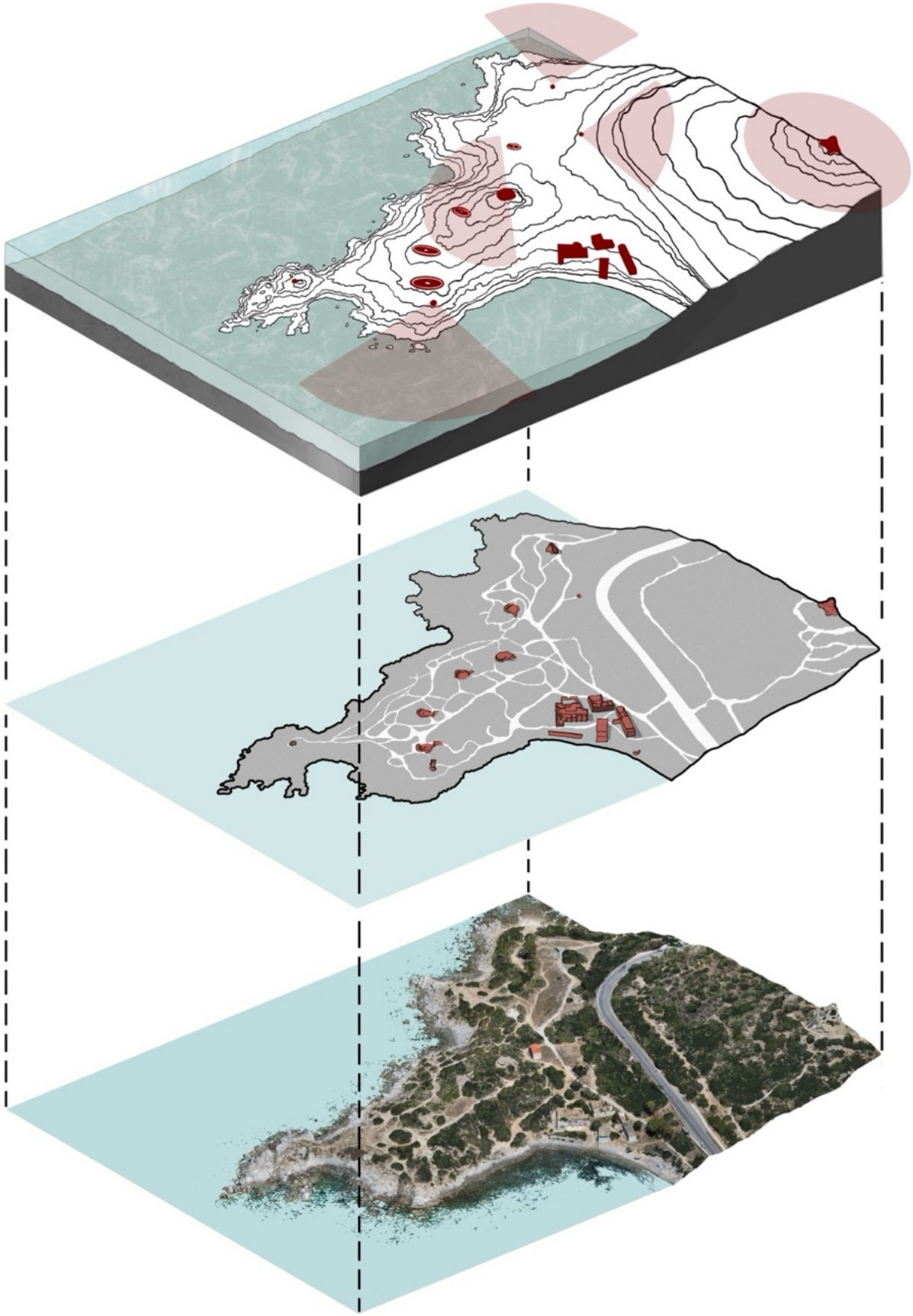


Fig. 87 — Tavola M multistrato alla scala del raggruppamento della batteria “Carlo Faldi”, Is Mortorius. Dal basso verso l’alto: nuvola di punti del promontorio acquisita mediante rilievo UAS; restituzione delle strutture della batteria in rosso e dei percorsi di collegamento in bianco; sintesi tridimensionale della morfologia, delle curve di livello e del sistema di controllo del promontorio, con i settori di osservazione delle garitte e del telemetro. Elaborazione dell’autore.



Fig. 88 — QSE_BA01, batteria antinave "Carlo Faldi", Is Mortorius, Quartu Sant'Elena: Tavola P con vedute percettive e studio materico. La tavola riunisce due acquerelli dedicati alla piazzola d'artiglieria antinave (A) e all'accesso a una galleria coperta collegata alle riservette e alle piazzole, con porta in acciaio corten inserita nell'intervento di restauro (B). Lo studio ravvicinato delle superfici della piazzola registra la tessitura lapidea, la presenza dei licheni e i caratteri della pavimentazione (C). Gli elaborati sono stati eseguiti in situ il 3 giugno 2024, tra le ore 11:00 e 13:00. A–B: Y1.3; C: Y3.1.



Fig. 89 — QSE_BA01, batteria antinave “Carlo Faldi”, Is Mortorius, Quartu Sant’Elena: Tavola Percettiva che analizza la postazione telemetrica e l’accesso alle gallerie. Due elaborati ibridi restituiscono la postazione telemetrica (A) e l’accesso a una delle gallerie coperte collegate alle riservette e alle piazzole (B). I disegni principali, realizzati a penna a inchiostro su carta beige e successivamente colorati digitalmente, includono una figura umana come riferimento di scala. I corrispondenti studi notan, eseguiti a pennarello su carta grigia (A2, B2), riducono le scene a masse tonali e rapporti figura–sfondo. Gli elaborati principali sono stati avviati in situ il 3 giugno 2024 in fascia serale; i notan sono stati completati il 10 giugno 2024. A–B e A2–B2: Y1.3.



Fig. 90 — Fotografie della vedetta sul Nuraghe Diana e dalla sua sulla sommità.



Fig. 91 — Tavola P di analisi del camouflage del posto di osservazione presso il Nuraghe Diana, Is Mortorius. In alto a sinistra, la ricognizione zenitale multiscalare; a destra, la sequenza fotografica di avvicinamento alla quota del terreno. Il nuraghe rimane riconoscibile anche a distanza, mentre la componente militare si integra progressivamente nella preesistenza anziché occultarne il volume. In basso, la vista obliqua ridisegnata chiarisce l'impianto: il posto di sentinella occupa la sommità del mastio nuragico, raggiunta mediante una scala aggiunta durante la Seconda guerra mondiale. Elaborazione dell'autore.

5.3 — Settore CAG. Atlante delle opere di Cagliari

Nel settore di Cagliari la sequenza dell'arco attraversa un territorio profondamente modificato dall'espansione urbana e infrastrutturale. La lettura prende avvio dal sistema di Fangario, dove alcune opere sopravvivono ancora fra canali, ferrovia e margine lagunare, e procede attraverso la fascia industriale e le aree di cava, nelle quali diversi capisaldi sono stati quasi completamente cancellati o inglobati nelle trasformazioni successive. Il Colle di San Michele costituisce una prima concentrazione significativa di permanenze: sulle sue pendici sono ancora presenti bunker monoarma, Tobruk e postazioni controcarro, disposti in rapporto alla morfologia del rilievo e prevalentemente orientati verso il retroterra. Procedendo verso est, l'arco attraversa nuovamente quartieri nei quali l'edificazione ha cancellato o compromesso gran parte delle opere, fino a raggiungere il margine di Molentargius. Qui il CS13, rimasto allo stato di progetto, introduce una sequenza di capisaldi nuovamente ben riconoscibili: lungo canali, argini e strutture delle saline i CS14–17 conservano numerosi manufatti architettonici, alcuni integralmente rilevati e caratterizzati anche da specifiche soluzioni di camouflage architettonico. Da Canale Pala Montis il sistema prosegue verso il Poetto e si conclude con i CS18 e 19, dove le permanenze tornano a confrontarsi con infrastrutture, aree militari e trasformazioni della fascia costiera.
Concluso l'arco, la lettura seleziona tre componenti differenti del sistema cagliaritano: una casamatta della rete costiera sotto il faro di Calamosca; il complesso ipogeo di Monte Mixi, connesso allo stoccaggio e al pompaggio dei carburanti; e lo sbarramento CAG_SB01 "Catania" presso Ponte Vecchio, disposto lungo la direttrice fra Cagliari e Capoterra. I tre approfondimenti estendono così la lettura oltre i capisaldi del fronte a terra verso difesa costiera, infrastrutture logistiche e controllo fortificato delle principali soglie viarie.

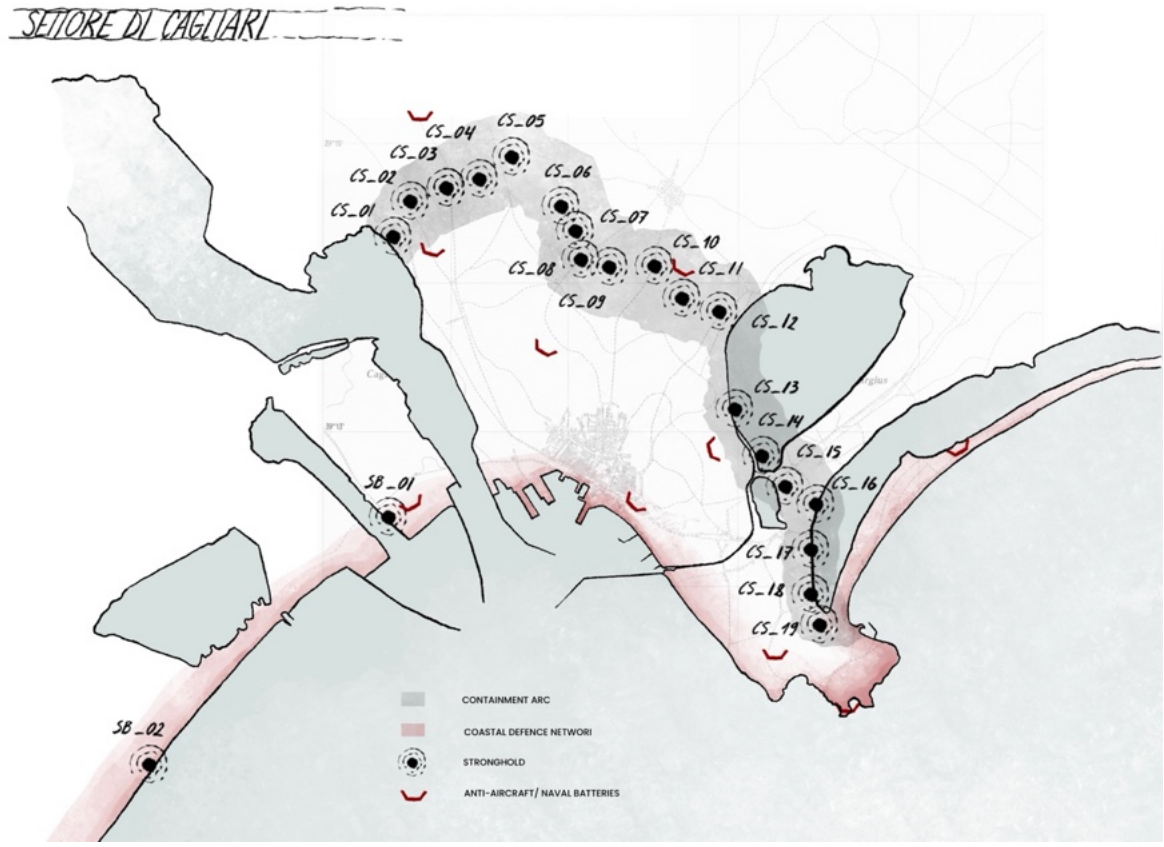


Fig. 92—Tavola di inquadramento territoriale del settore di Cagliari. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.3.2 — CAG_CS01 "Pachino" – CAG_CS02 "Avola": il sistema di Fangario

Il caposalodo 01 "Pachino" (L2) si dispone presso la foce del Rio Fangario, tra il margine dello Stagno di Elmas e la linea ferroviaria. Delle opere attestate risultano oggi chiaramente riconoscibili una postazione controcarro in barbetta con ricovero, verificata corrispondente alla documentazione del censimento del 1948, e un bunker monoarma ben conservato sul lato opposto della ferrovia; le altre postazioni non risultano più presenti. La barbetta conserva la piazzola e parte del ricovero, modificato dall'interferenza con il tracciato ferroviario. Entrambe le permanenze sono state raggiunte e verificate direttamente, nonostante le difficili condizioni di accesso. Il **caposaldo 02 "Avola" (L1)** comprendeva quattro postazioni circolari monoarma disposte lungo il canale di Fangario e viale Elmas; tre sono ancora presenti, mentre una risulta distrutta. Una delle opere superstiti è direttamente raggiungibile da viale Elmas, mentre le altre ricadono in aree più difficilmente accessibili. Le postazioni sono state verificate e fotografate durante i sopralluoghi, ma non sono state oggetto di rilievo metrico. L'attuale carattere industriale e infrastrutturale dell'area ha profondamente modificato il contesto nel quale erano inserite.

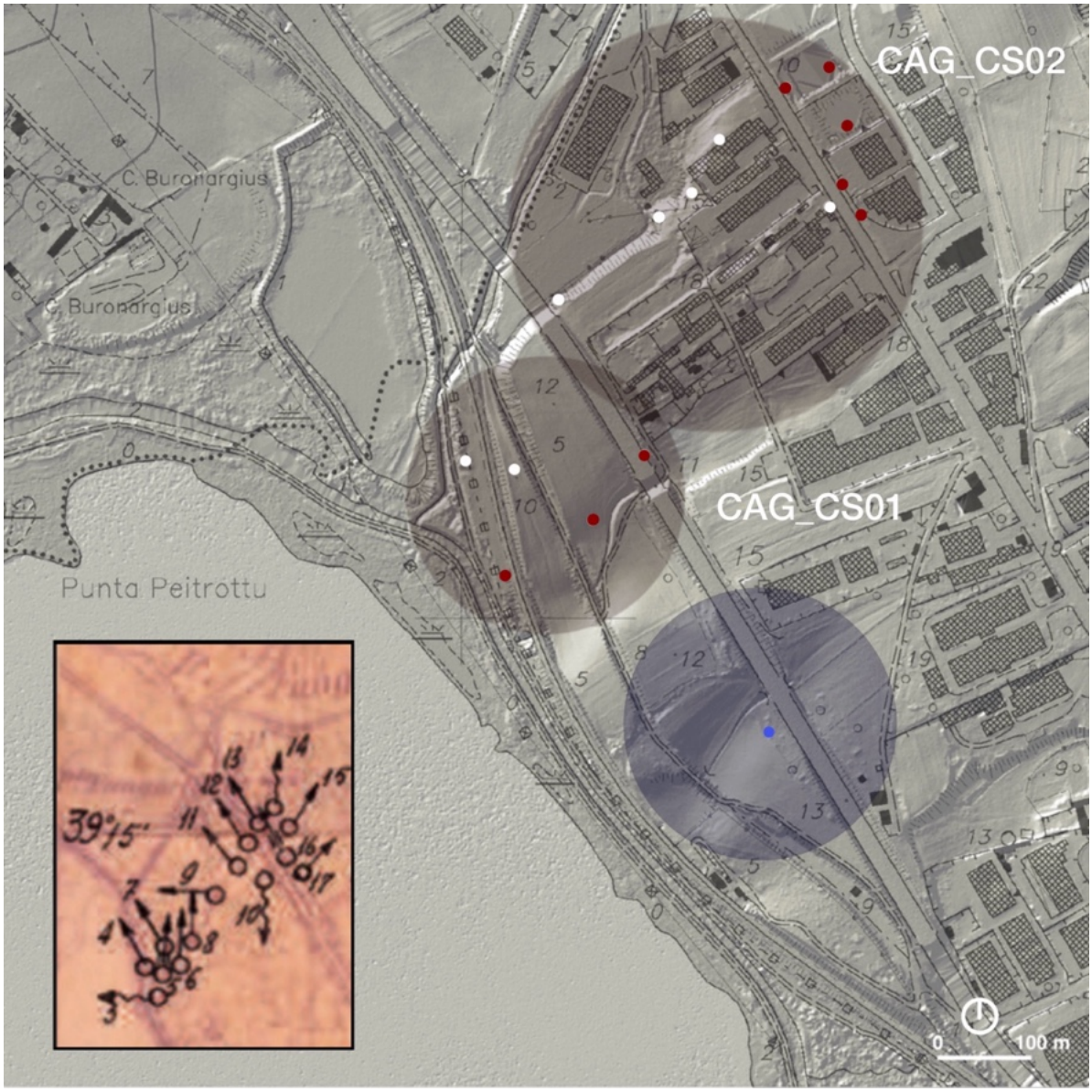


Fig. 93 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

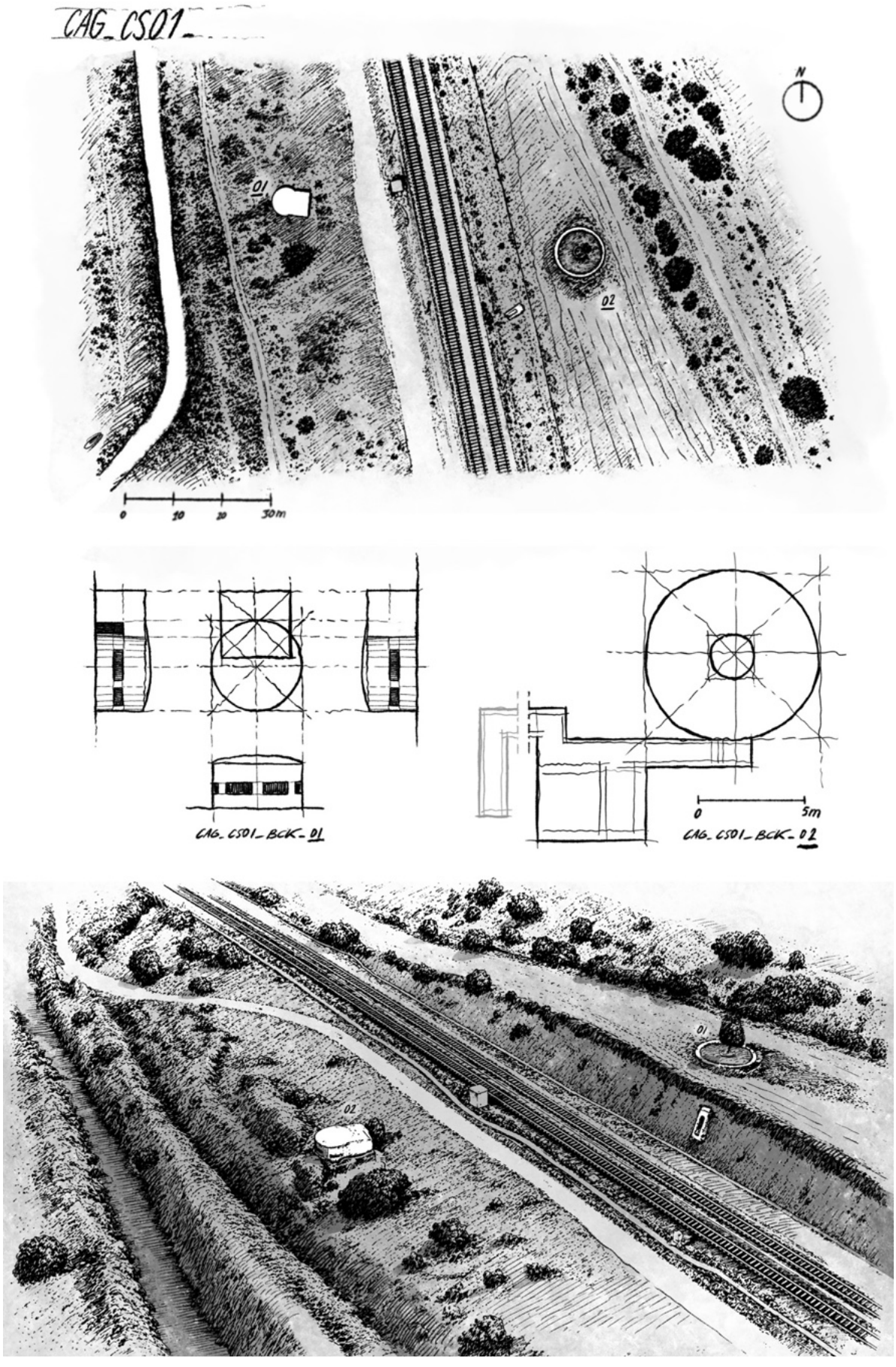


Fig. 94 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.

CAG_CS01_BKC_01 (39°14'48.30"N 9°04'50.92"E)

Località: Rio Fangario
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: accessibile
Quota: 2,70 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 4 **Accesso:** livello terreno
Azimut: 270°
Area occupata: 25,4 m²
Pieno/vuoto: 73% / 27%

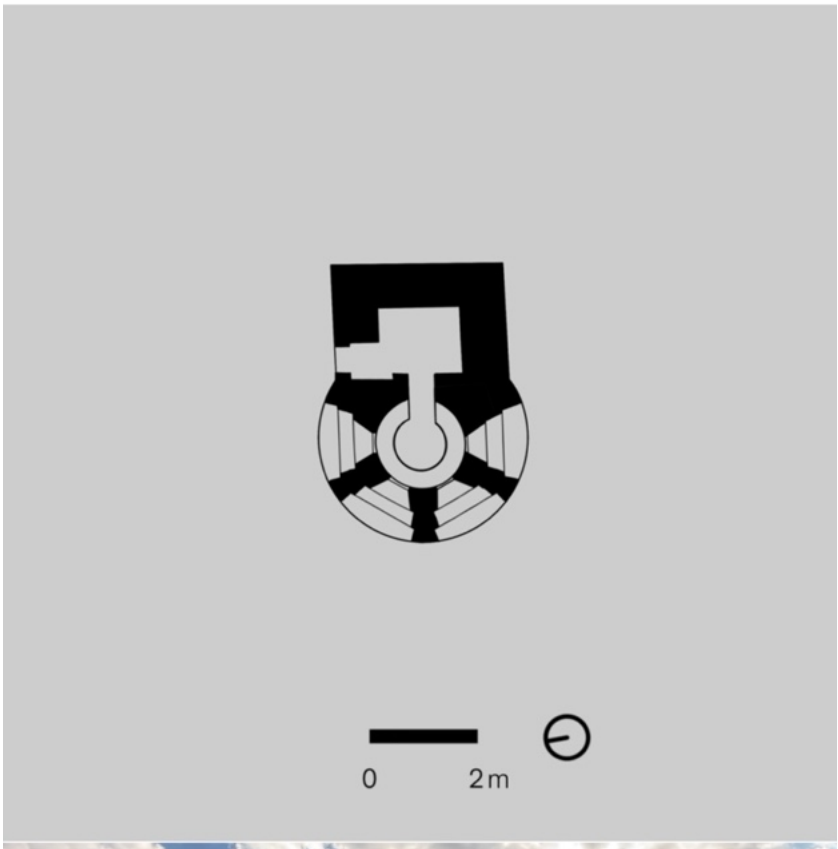




Fig. 95 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_CS01_BKC_02 (39°14'48.30"N 9°04'50.92"E)
Località: Rio Fangario
Tipologia: controcarro in barbetta · ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: scarse
Accessibilità: difficile
Quota: 8,41 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: scavato nel terreno
Camouflage: N.D.
Accesso: livello terreno

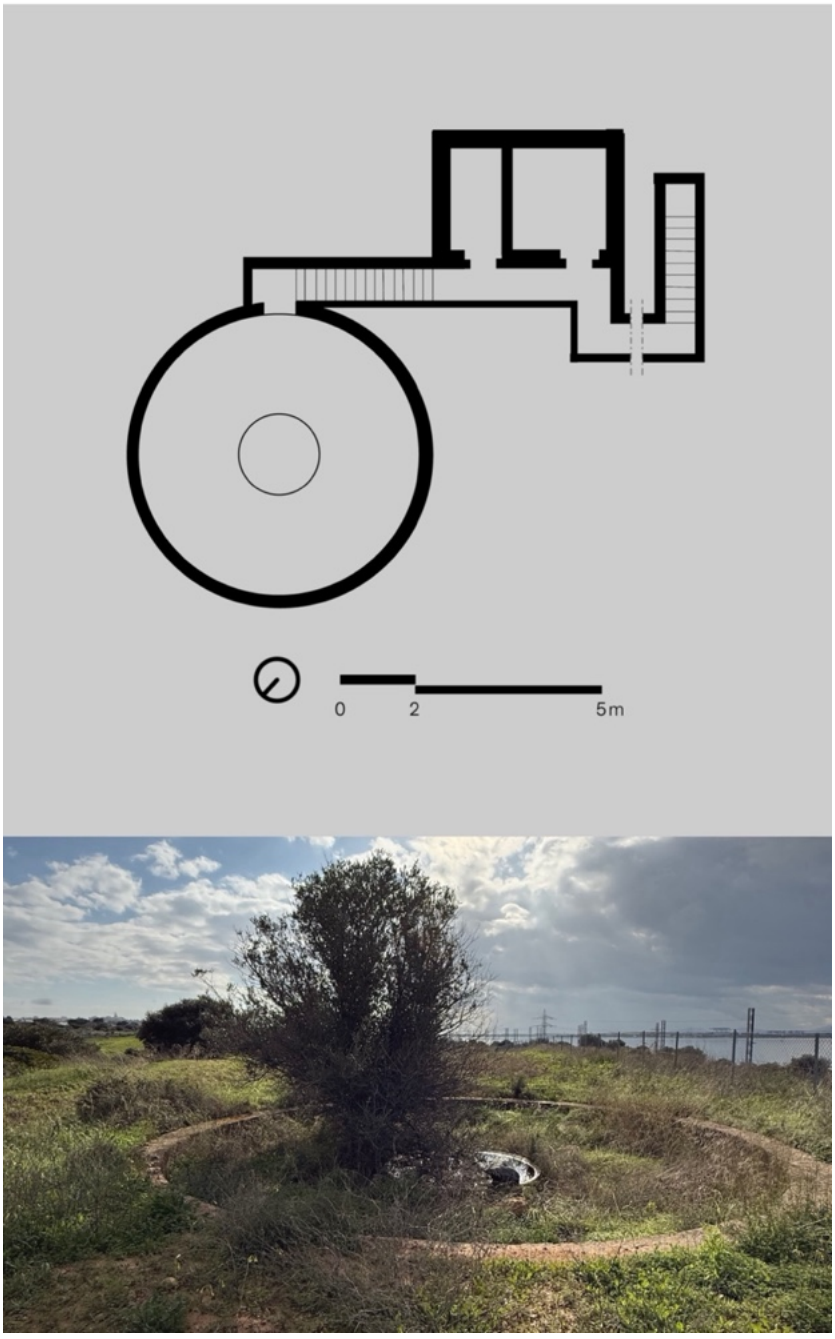


Fig. 96 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.



Fig. 97 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale e fotografia del paesaggio in cui si innestano i bunker.

5.3.3 — CAG_CS03 "Ispica" – CAG_CS05 "Palazzolo": permanenze e perdite del settore urbano

I **capisaldi 03, 04 e 05** ricadono in una fascia profondamente trasformata da cave, infrastrutture e successive edificazioni, con una forte riduzione delle manufatti riconoscibili. Il caposaldo **03 "Ispica"** è quasi interamente scomparso a seguito delle trasformazioni dell'area di Capitzudu: durante il sopralluogo è stata individuato soltanto il BKC17, parzialmente conservato ma in condizioni di forte degrado e utilizzato come area di accumulo di rifiuti; le altre opere non risultano più identificabili. Il **caposaldo 04 "Comiso"** comprendeva sei postazioni nell'area delle Fornaci. BKC23 è stata identificata lungo la S.S. 131 Carlo Felice, parzialmente inglobata nella parete di un capannone e visibile soltanto dall'esterno. Delle altre opere non sono state individuate permanenze attuali certe; un ulteriore rudere è statp documentato nelle ricognizioni di Giuseppe Carro e Daniele Grioni ma risultava già successivamente ricolmato. Il **caposaldo 05 "Palazzolo"** comprendeva anch'esso sei postazioni nell'area di Casa Pernis. È verosimile la presenza di una piccola barbetta per arma automatica e potrebbero esserci ulteriori tracce del dispositivo difensivo, eventualmente associate a tratti di trincea coperta; il sopralluogo attuale non ha tuttavia consentito di identificarle con sicurezza. Un elemento oggi sistemato come aiuola potrebbe corrispondere a una delle piccole postazioni circolari.

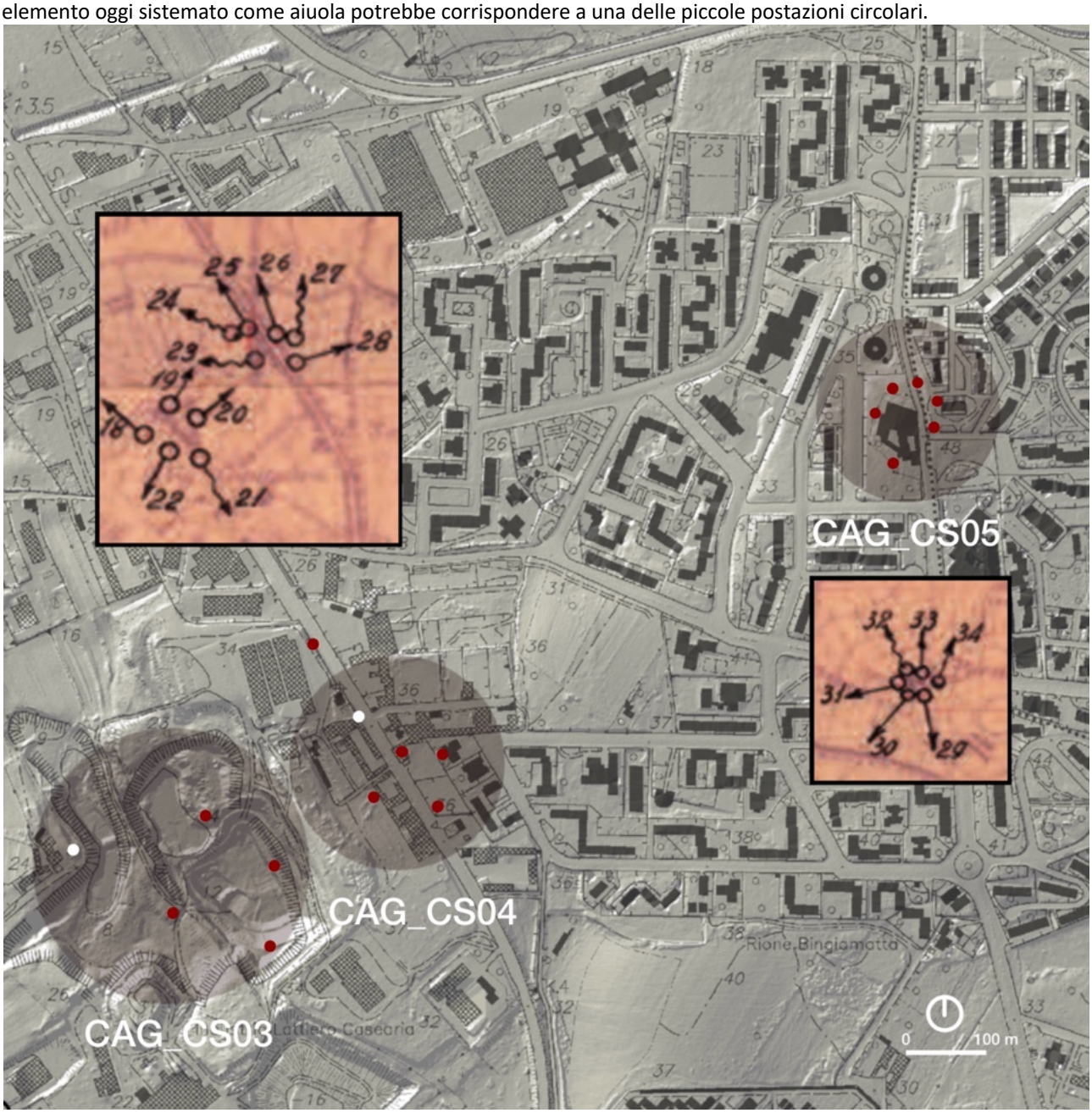


Fig. 98 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.3.4 — CAG_CS06–CAG_CS09: Colle di San Michele e margini orientali

I **capisaldi dal 06 al 09** occupavano il Colle di San Michele (Sanna & Pirinu, 2026) e le sue pendici orientali, in un paesaggio all'epoca prevalentemente rurale e oggi profondamente trasformato da strutture sanitarie e religiose, viabilità e urbanizzazione. In particolare, i CS 06 e 07 si addossano al versante orientale e sud-orientale del rilievo: la massa del colle ne limita naturalmente l'azione verso il quadrante urbano occidentale, mentre le opere risultano prevalentemente orientate verso Pirri e verso il settore settentrionale e nord-orientale. Il dispositivo controllava così uno degli accessi al margine della città dal retroterra, utile anche nell'eventualità di un superamento delle linee difensive più esterne del Golfo.

Il caposaldo 06 (L3) è costituito da quattro postazioni documentate nel censimento del 1948 che sono state individuate e direttamente rilevate: una postazione controcarro in barbetta con ricovero e tre postazioni di tipo Tobruk. Le due opere più settentrionali, oggi comprese nei terreni della clinica e difficilmente raggiungibili, sono strutture particolarmente massicce; le precedenti ricognizioni ne segnalavano la possibile predisposizione per una cupola metallica quadriferitoia, senza che sia documentata l'effettiva installazione di tale protezione. La terza postazione circolare presenta una configurazione più ordinaria. La componente controcarro conserva la piazzola e il ricovero, ma versa in condizioni peggiori: è parzialmente interrata, frequentemente allagata e interessata da accumuli di rifiuti. La combinazione fra postazioni aperte per armi automatiche e componente controcarro distingue il CS06 dalla prevalenza di casematte monoarma che caratterizza larga parte del fronte terrestre cagliaritano.

Il caposaldo 07 "Partinico" (L2) proseguiva sul versante orientale e sud-orientale con postazioni circolari monoarma per mitragliatrici automatiche, anch'esse rivolte prevalentemente verso il retroterra. Delle opere documentate, tre permanenze sono state verificate: due nel settore settentrionale e una più a sud; altre postazioni risultano demolite, con rimozioni documentate anche dalle fonti d'archivio del XIV dipartimento delle infrastrutture di Cagliari. Il rapporto con il pendio è particolarmente evidente nelle opere superstiti, originariamente impostate controterra e con il volume resistente in larga parte assorbito nella morfologia. L'attuale presenza di ospedali, recinzioni, proprietà private e sistemazioni del suolo ha modificato in misura sostanziale il paesaggio militare.



Fig. 99: Individuazione e catalogo fotografico dei bunker dei caposaldi 06, 07 e 08. Elaborazione grafica a cura dell'autore.

Il caposaldo 08 (L2). Si trova alle pendici sud del colle di San Michele. Nell'area del Seminario sono state individuate e rilevate cinque postazioni circolari, due interne al recinto e tre esterne. Il nucleo è particolarmente significativo per la presenza di opere rimaste incompiute: due postazioni circolari conservano piedritti e merlatura, ma sono prive della copertura superiore, assumendo oggi un aspetto prossimo a quello di un Tobruk pur derivando dall'interruzione della costruzione di una casamatta monoarma. Una di esse era già descritta nelle precedenti ricognizioni come opera non portata a compimento, con merlatura realizzata e volta assente. Alle postazioni monoarma si associava inoltre una componente controcarro: della piazzola aperta rimane oggi soltanto il ricovero, mentre della piazzola non è più conservata. Le opere esterne al recinto del Seminario risultano materialmente leggibili ma difficili da visitare per le condizioni attuali di abbandono dell'area.
Il caposaldo 09 (L1), nel censimento del 1948 conta due postazioni, localizzate fra via dei Carroz e via Cadello ma non sono state rinvenute fisicamente durante i sopralluoghi. La successiva realizzazione della viabilità e la completa urbanizzazione dell'area hanno trasformato le localizzazioni originarie e non consentono attualmente di riconoscere permanenze attribuibili al caposaldo.

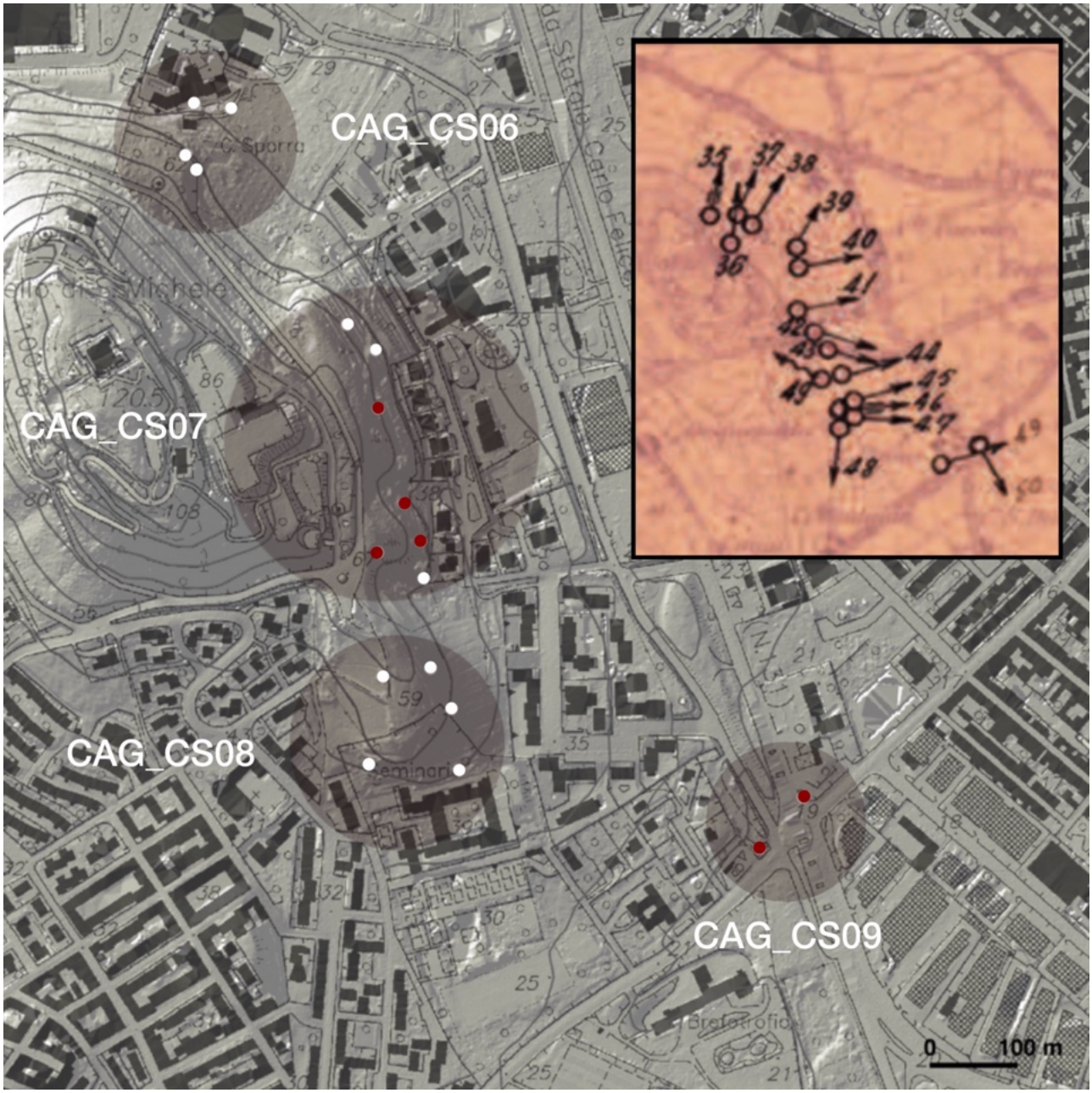


Fig. 100 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.



Fig. 101: Rilievo fotografico: sommità riqualificata vs pendici del versante orientale. Fotografie dell'autore.

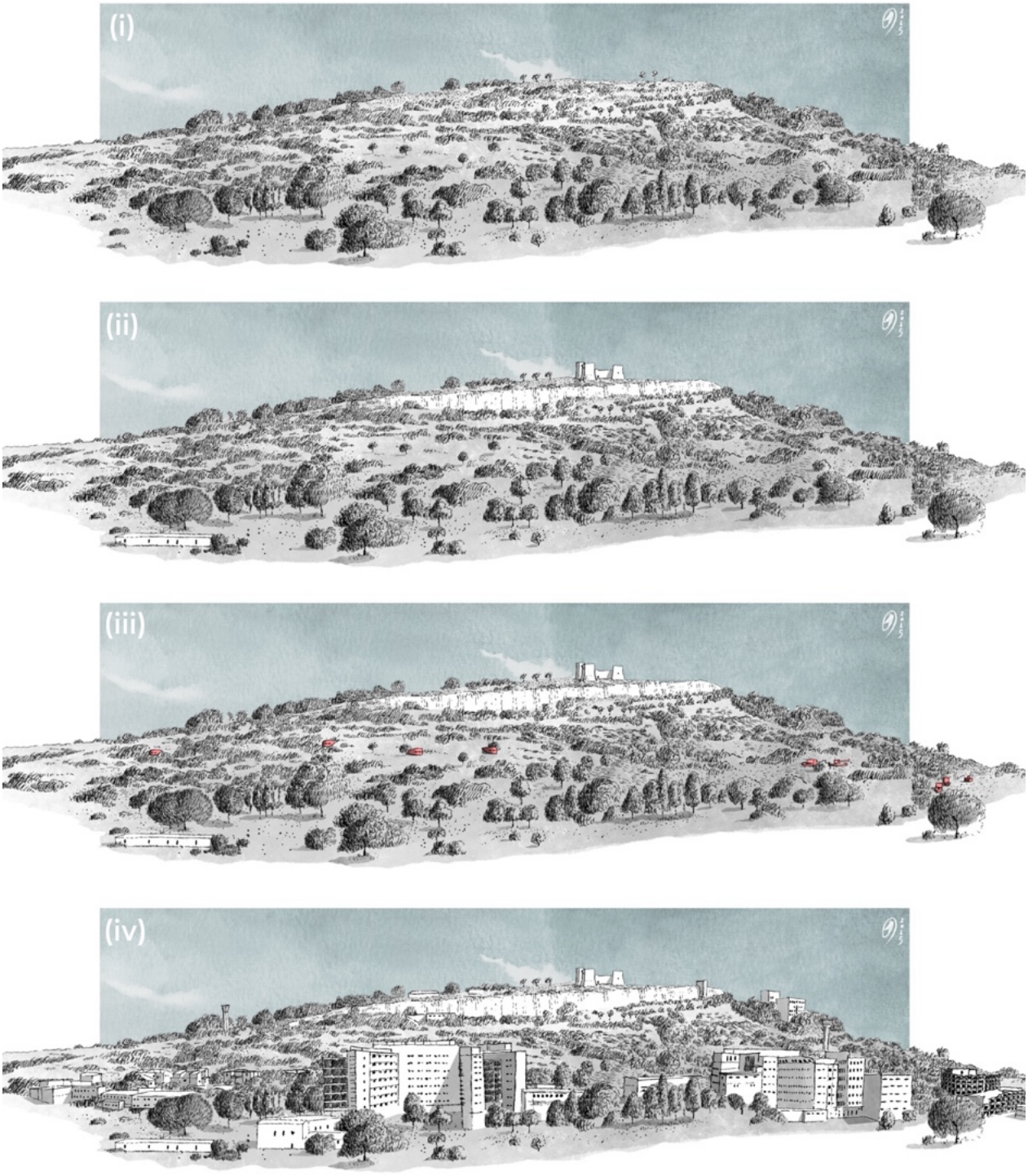


Fig. 102 — Colle di San Michele, Cagliari. Tavola M multilivello a carattere diacronico. La sequenza sintetizza quattro fasi principali di trasformazione del profilo orientale del colle: **(i)** il rilievo in condizioni pre-antropiche; **(ii)** la fase della cava romana e del castello, entro un paesaggio prevalentemente rurale; **(iii)** la configurazione militare della Seconda guerra mondiale, con i capisaldi disposti sul versante orientale; **(iv)** la fase contemporanea, segnata dall'espansione dei complessi sanitari e dell'edificato residenziale. Il confronto mostra la progressiva interposizione delle nuove volumetrie fra osservatore e sistema fortificato, fino alla quasi completa schermatura dei bunker e alla trasformazione del precedente margine agricolo-militare in un settore urbano densamente edificato.

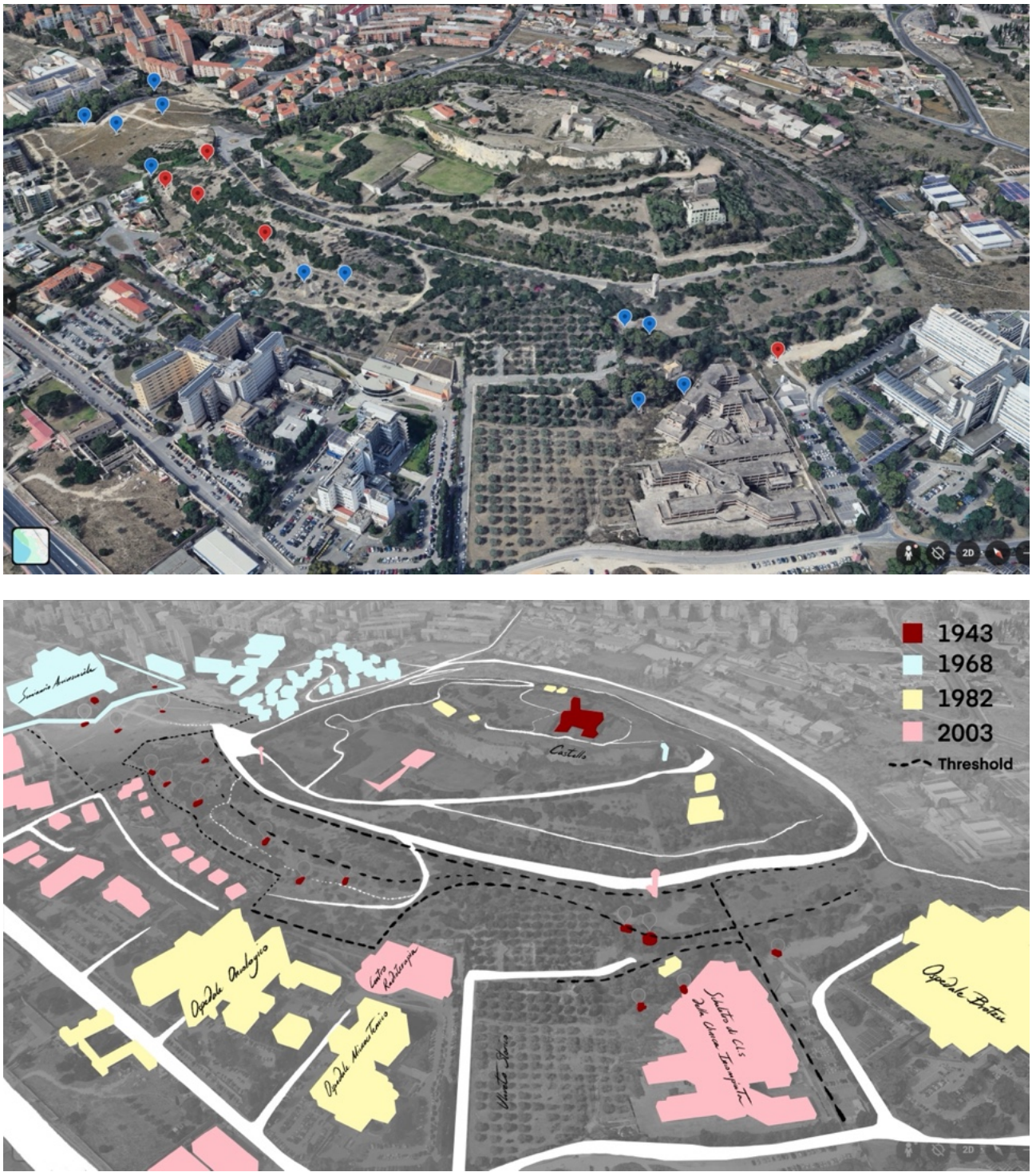


Fig. 103 — Colle di San Michele, Cagliari. Tavola M multilivello alla scala del paesaggio. In alto la reference estrapolata da Google Earth. In basso, su una vista obliqua desaturata derivata da Google Earth, mantenuta in trasparenza per conservare morfologia, vegetazione e impronte edilizie, sono sovrapposte le principali fasi di trasformazione del colle: preesistenze e opere presenti entro il 1943, comprendenti castello e postazioni militari; edificazioni presenti nel 1968, con il Seminario Arcivescovile e il primo nucleo residenziale; volumetrie realizzate negli anni Ottanta, prevalentemente legate ai complessi ospedalieri; addizioni successive al 2003, comprendenti nuove residenze, centro di radioterapia e clinica incompiuta. I percorsi attuali sono restituiti in bianco, mentre il tratteggio nero individua recinzioni e principali discontinuità altimetriche. La sovrapposizione fra base digitale e componenti grafiche evidenzia il progressivo confinamento delle postazioni militari entro un tessuto edificato sempre più denso e frammentato (Elaborazione dell'autore).

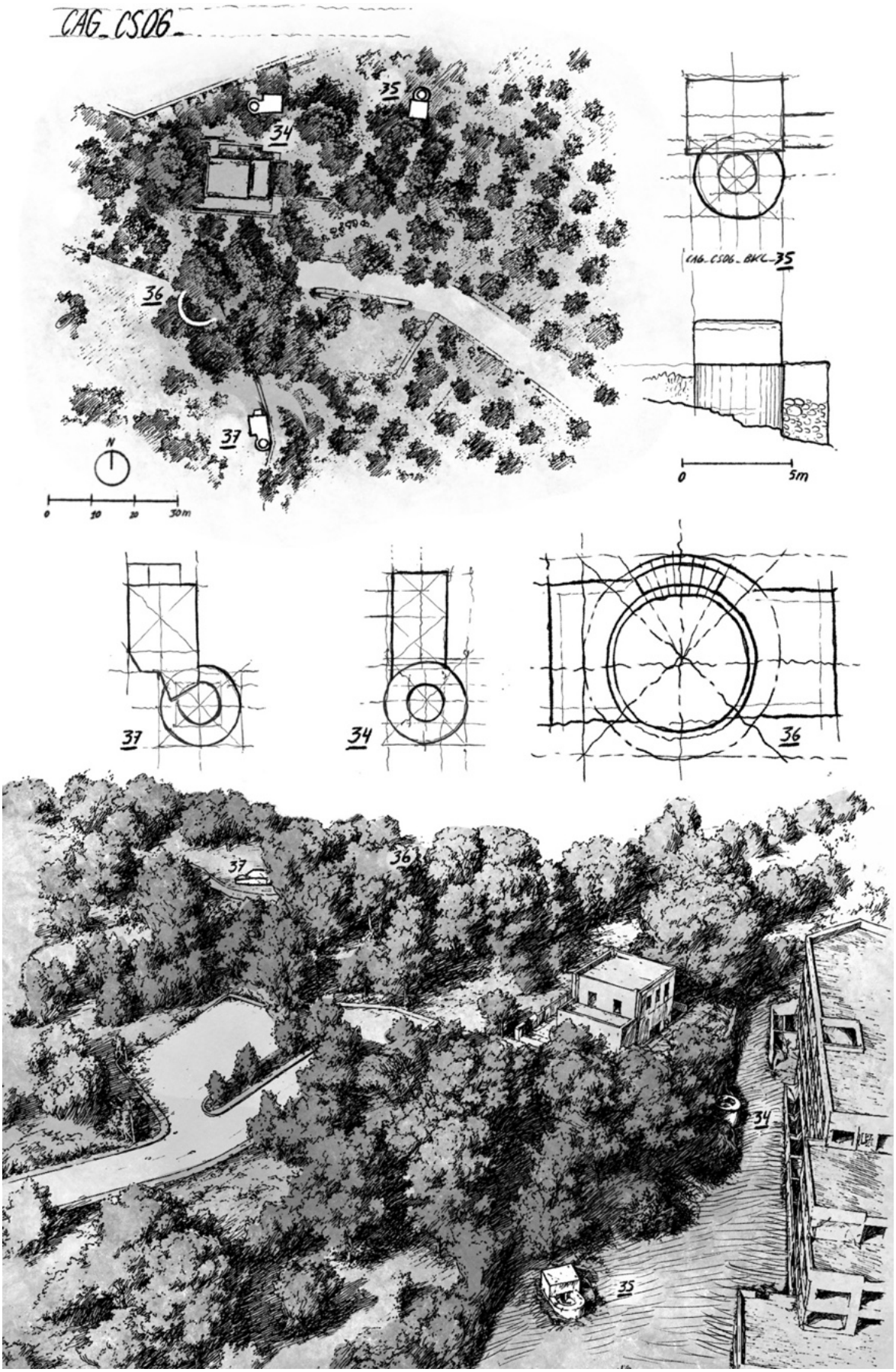


Fig. 104 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.



Fig. 105 — Tavola P: CAG_CS06, colle di San Michele, Cagliari: manufatti difensivi e lettura critica del paesaggio **fortificato.** La tavola, derivata dagli studi sviluppati nell'ambito di Visualizing Landscape, riunisce due viste della postazione tipo Tobruk nel rapporto con la recinzione e con l'attuale sistemazione del sito (A1–A2). Gli elaborati interpretativi in pianta e sezione distinguono la sommità riqualificata del colle, caratterizzata da tonalità calde, dalla pendice orientale, rappresentata in azzurro come fascia marginale compressa tra strutture sanitarie e trasformazioni urbane (B1–B2). Nella parte inferiore, il disegno della postazione controcarro in barbetta ne documenta la presenza nel paesaggio (C1), mentre schemi e dettagli approfondiscono le parti residue del manufatto e un possibile dispositivo di smaltimento delle acque (C2–C3). A1–A2 e C1: Y1.3; B1–B2: Y4.1; C2–C3: Y3.2.

CAG_CS06_BKC_34 (39°14'50.54"N 9°06'39.30"E)
Località: colle San Michele (pendici est)
Tipologia: tobruk circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: difficile
Quota: 36,77 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: inserito nel terreno
Camouflage: morfologico
Accesso: scala

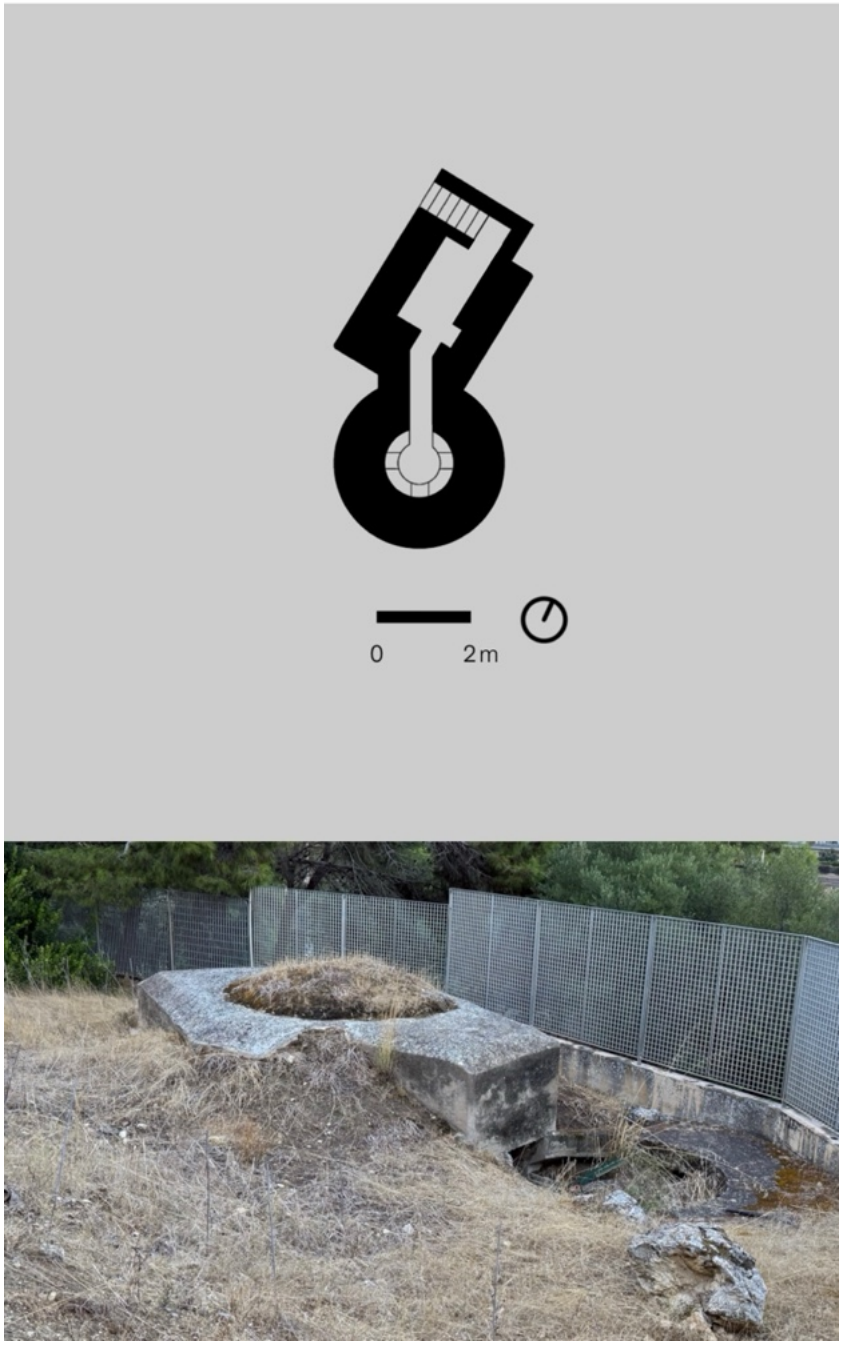


Fig. 106 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

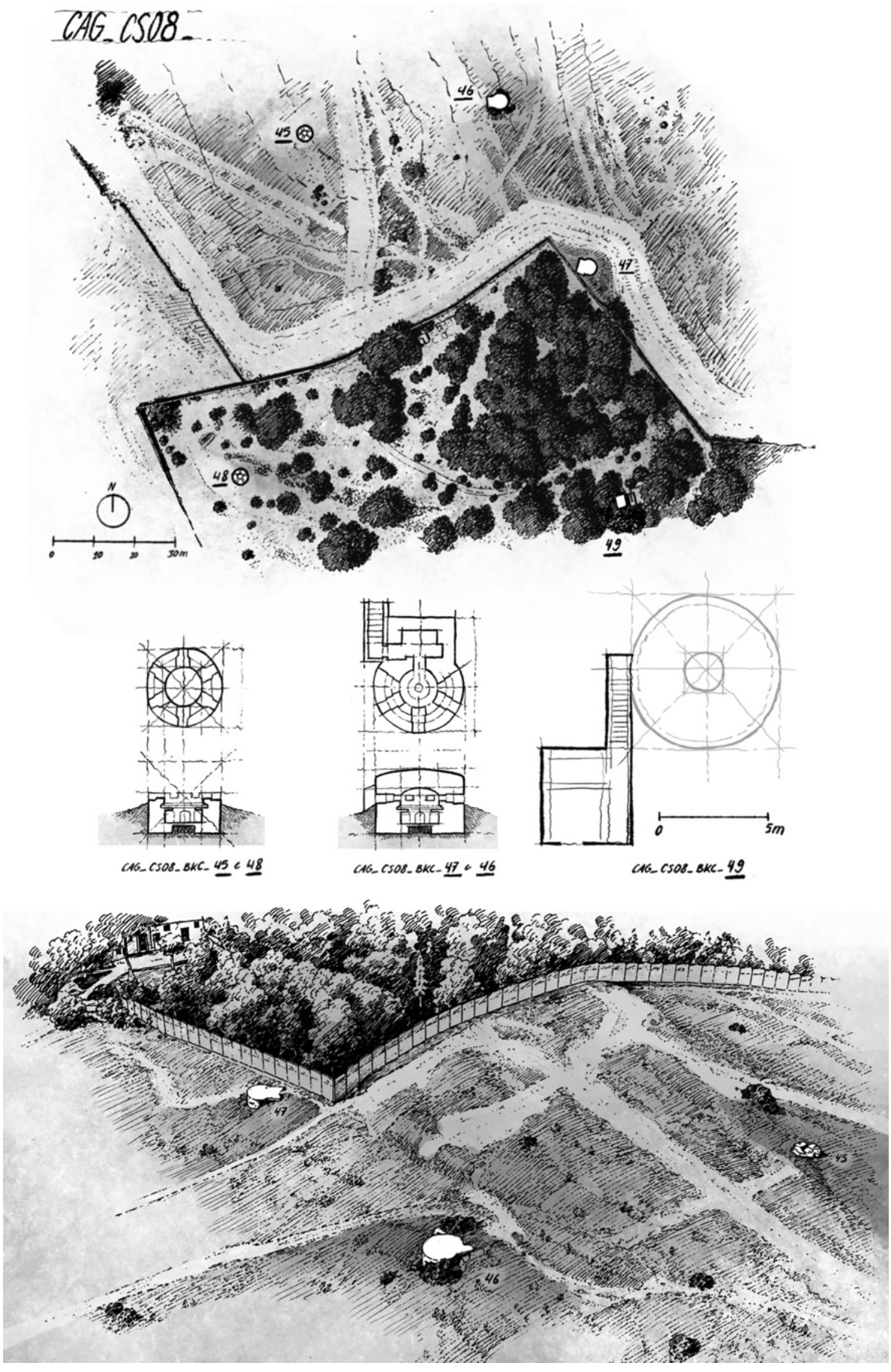


Fig. 107 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.

CAG_CS08_BKC_45 (39°14'29.15"N 9°06'48.33"E)
Località: colle San Michele (pendici sud)
Tipologia: tobruk circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: interrato
Accessibilità: difficile
Quota: 57,39 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: inserito nel terreno
Camouflage: morfologico
Accesso: livello terreno

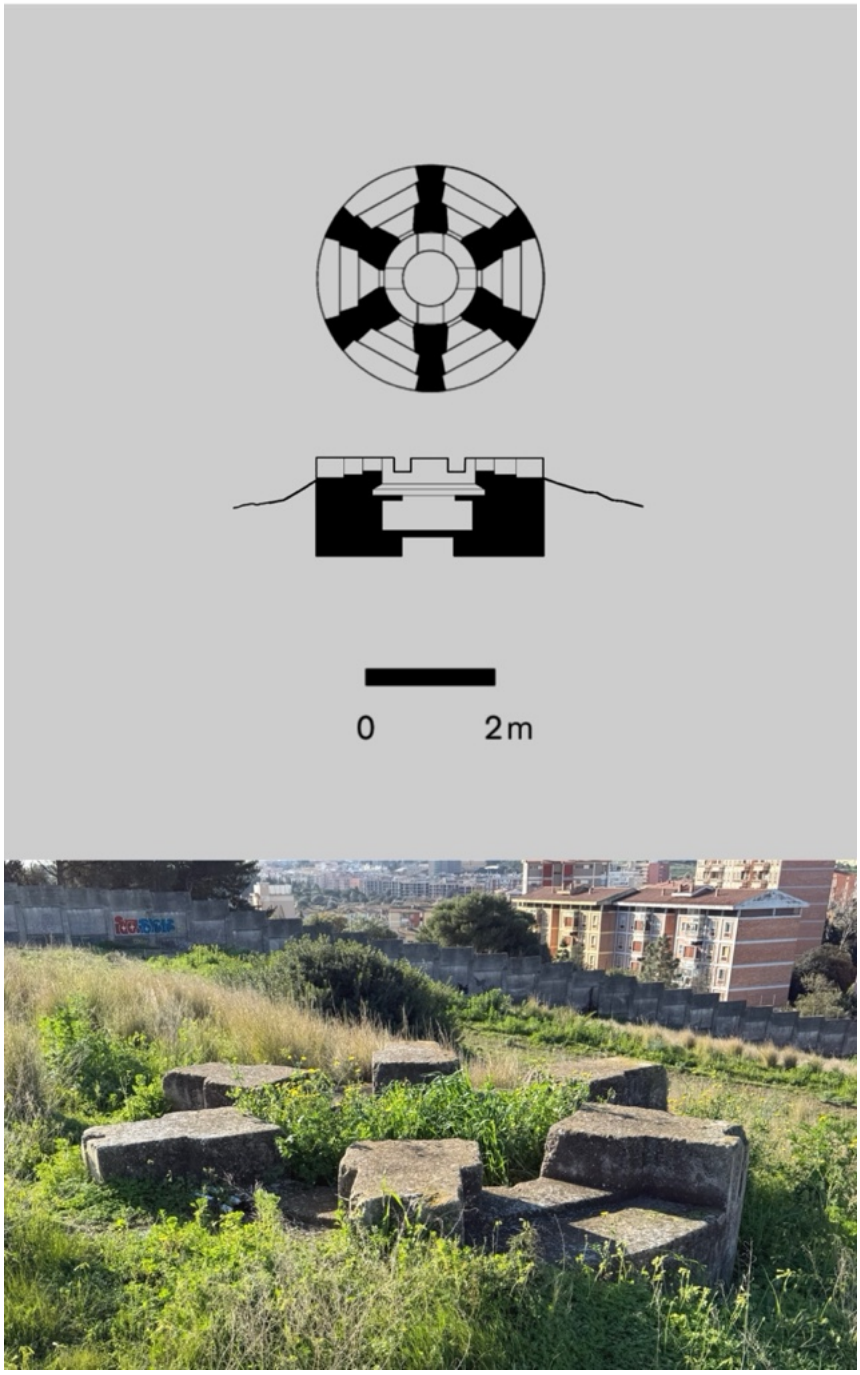


Fig. 108 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_CS08_BKC_71 (39°14'27.94"N 9°06'51.61"E)

Località: Seminario Arcivescovile
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: scarsa
Quota: 49,03 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 4 **Accesso:** scala
Azimut: 90°
Area occupata totale: 24,8
Pieno/vuoto: 72% / 28%

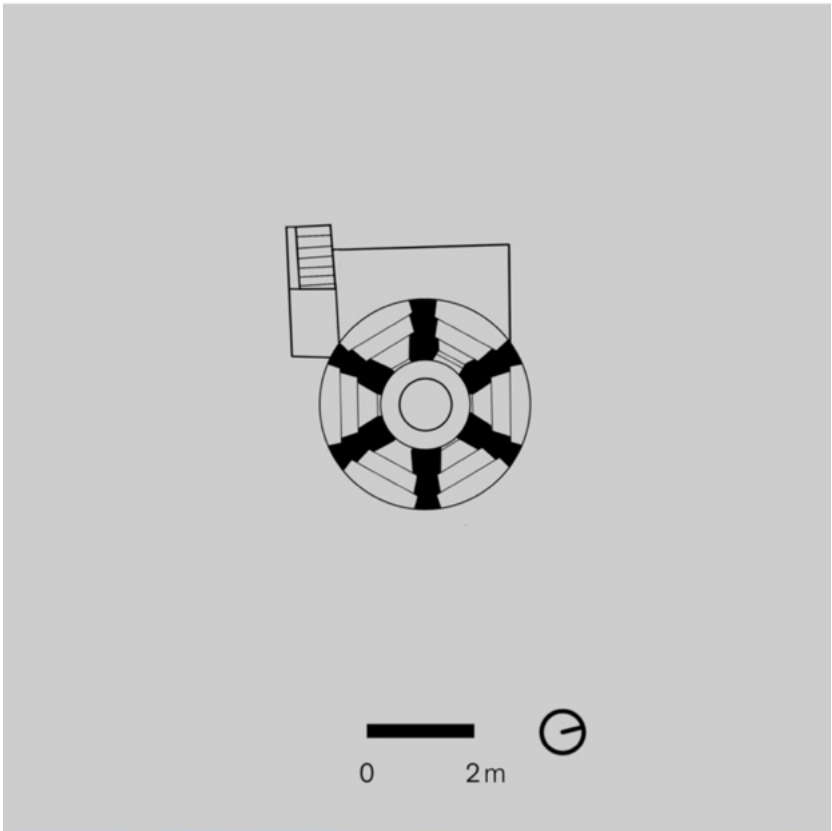




Fig. 109 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

5.3.5 — CAG_CS10–CAG_CS13: sistema urbano, perdite e progetto non realizzato

Il caposaldo 10 "Melfi" si trovava nell'area Pirri–Sant'Alenixedda, in un settore allora fortemente militarizzato e interessato anche dalla presenza di una batteria. La documentazione del 1948 attesta cinque postazioni, oggi non più riconoscibili: l'espansione urbana ha occupato integralmente l'area del caposaldo, modificandone la morfologia e sovrapponendo alle posizioni originarie un intero quartiere residenziale. La configurazione del dispositivo difensivo rimane pertanto documentabile attraverso cartografia e fotografie storiche, ma non trova attualmente riscontro materiale sul terreno.

Il caposaldo 11 "Corleone" comprendeva cinque postazioni disposte sulla collina di piazza Pitagora, tutte riconoscibili nella documentazione storica. Tre bunker sono ancora presenti e sono stati verificati durante i sopralluoghi, sebbene in condizioni conservative compromesse e quasi completamente inglobati dalla vegetazione. Le altre due opere non sono state rinvenute.

Il caposaldo 12 "Bivona" comprendeva quattro postazioni disposte presso il tracciato ferroviario storico di viale Marconi, del quale controllavano il passaggio. Nessuno dei quattro bunker è stato rinvenuto durante i sopralluoghi; le trasformazioni viarie ed edilizie hanno cancellato le posizioni originarie e modificato radicalmente il settore. Lungo viale Marconi permane invece un bunker, probabilmente un ricovero tubolare, quasi completamente demolito e inglobato nel marciapiede. La sua presenza non viene tuttavia conteggiata fra le quattro postazioni del caposaldo.

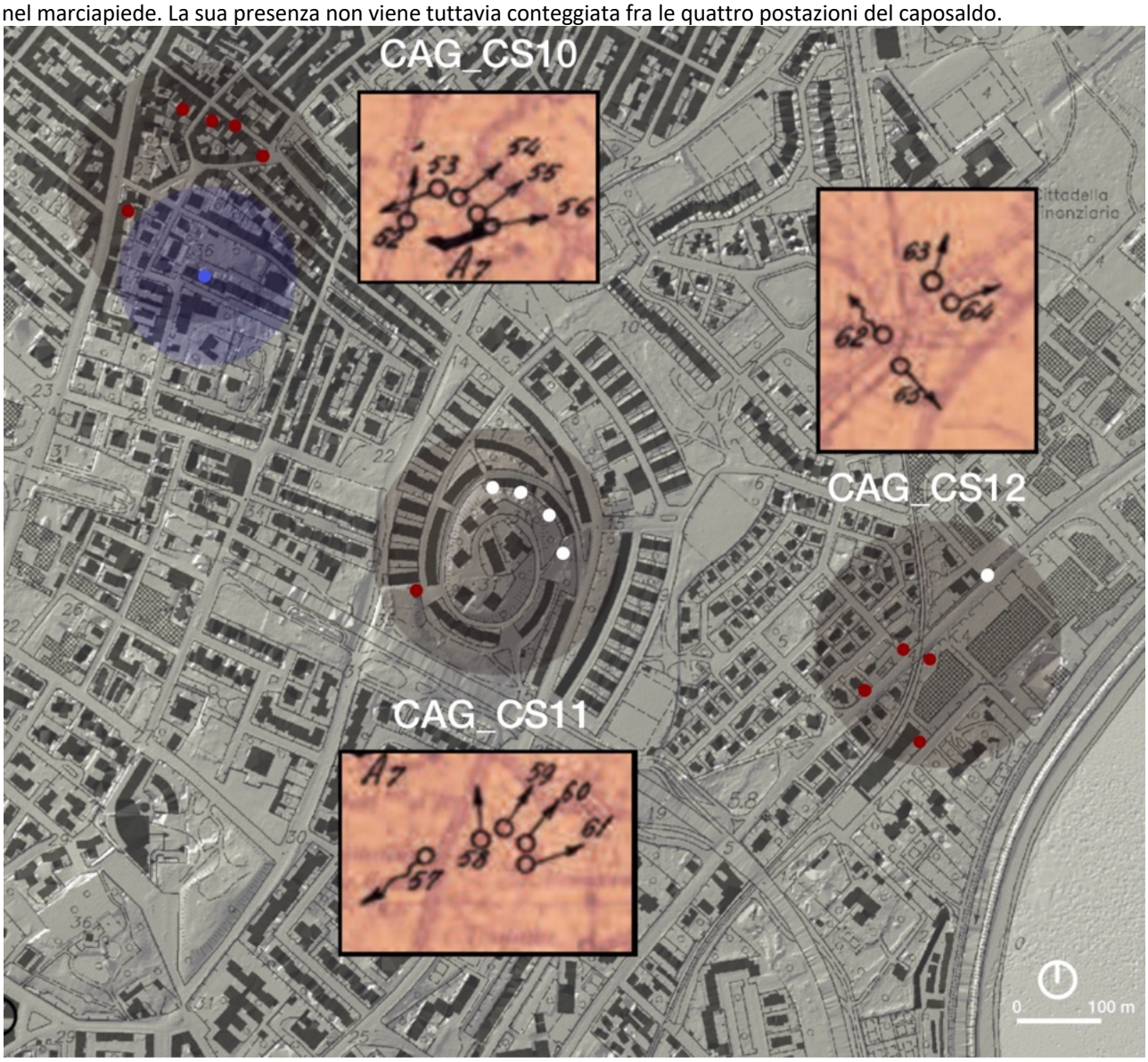


Fig. 110 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.3.6 — CAG_CS13–CAG_CS16: il sistema di Molentargius

I Caposaldi XIII–XVI si dispongono lungo il margine occidentale del Molentargius, in rapporto con canali, argini e strutture produttive delle saline. Il **Caposaldo 13** rimese allo stato progettuale e non fu realizzato, mentre i tre capisaldi successivi sono costituiti da una sequenza di bunker monoarma nella quale alla permanenza della cellula circolare si associano differenti modalità di inserimento nel paesaggio e di camouflage. La buona conservazione dei CS XV e XVI, integralmente rilevati, e la relazione ancora riconoscibile con il sistema idraulico-produttivo fanno di questo tratto uno dei nuclei più significativi del settore di Cagliari sul piano architettonico e paesaggistico (Pirinu, Martínez-Medina, & Paba, 2020, 2022; Sanna, Martínez-Medina, & Pirinu, 2025). Delle tre postazioni documentate del **Caposaldo 14 (L2)**, due sono ancora presenti lungo il sistema dei canali. L'area ricade entro un impianto idrico ad accesso interdetto e non è stato possibile raggiungere facilmente i manufatti; entrambe le opere sono state tuttavia rilevate e documentate fotograficamente. Il **Caposaldo 15 (L3)** è costituito due postazioni, entrambe documentate nel censimento del 1948 e sono state direttamente rilevate. Pur appartenendo alla stessa famiglia monoarma, presentano una condizione esterna nettamente differente: una mantiene leggibile la geometria elementare del bunker, mentre l'altra è caratterizzata da un volume alto e cilindrico che ne simulava l'aspetto di una torre idrica. La sovrapposizione della forma produttiva alla cellula difensiva monoarma standard costituisce uno degli esempi più espliciti di camouflage architettonico conservati nel sistema di Molentargius. Il **caposaldo 16 "Augusta" (L3)** è costituito da tre postazioni come riportano i documenti storici e sono state integralmente rilevate. Tutte conservano una cellula monoarma circolare. L'opera più settentrionale è oggi parzialmente interrata; nelle due postazioni meridionali la cellula armata si integra invece con strutture complementari che modificano sensibilmente l'impianto: in un caso attraverso l'associazione con una cisterna, nell'altro mediante vani e percorsi coperti che simulano un impianto industriale.

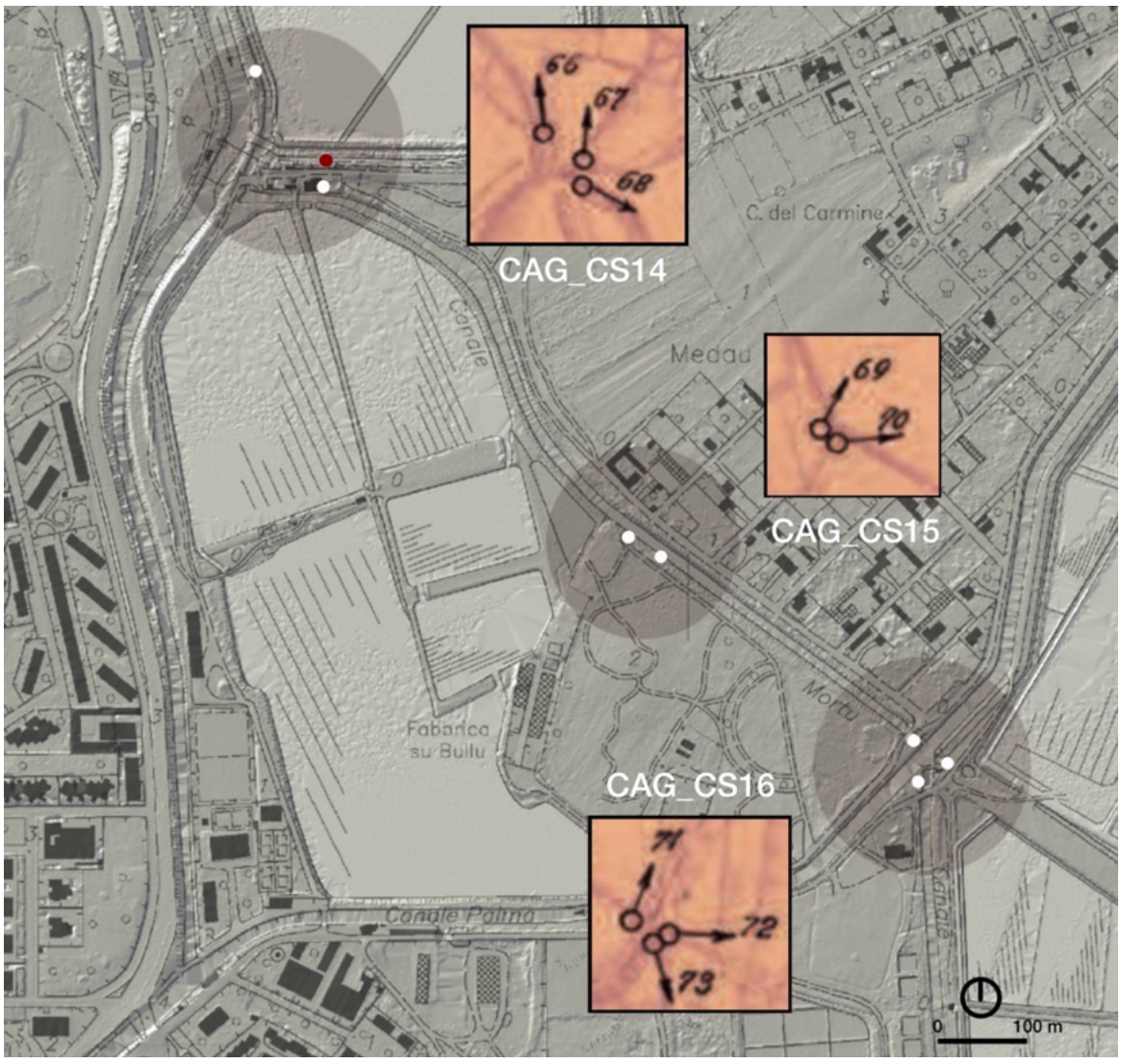


Fig. 111 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

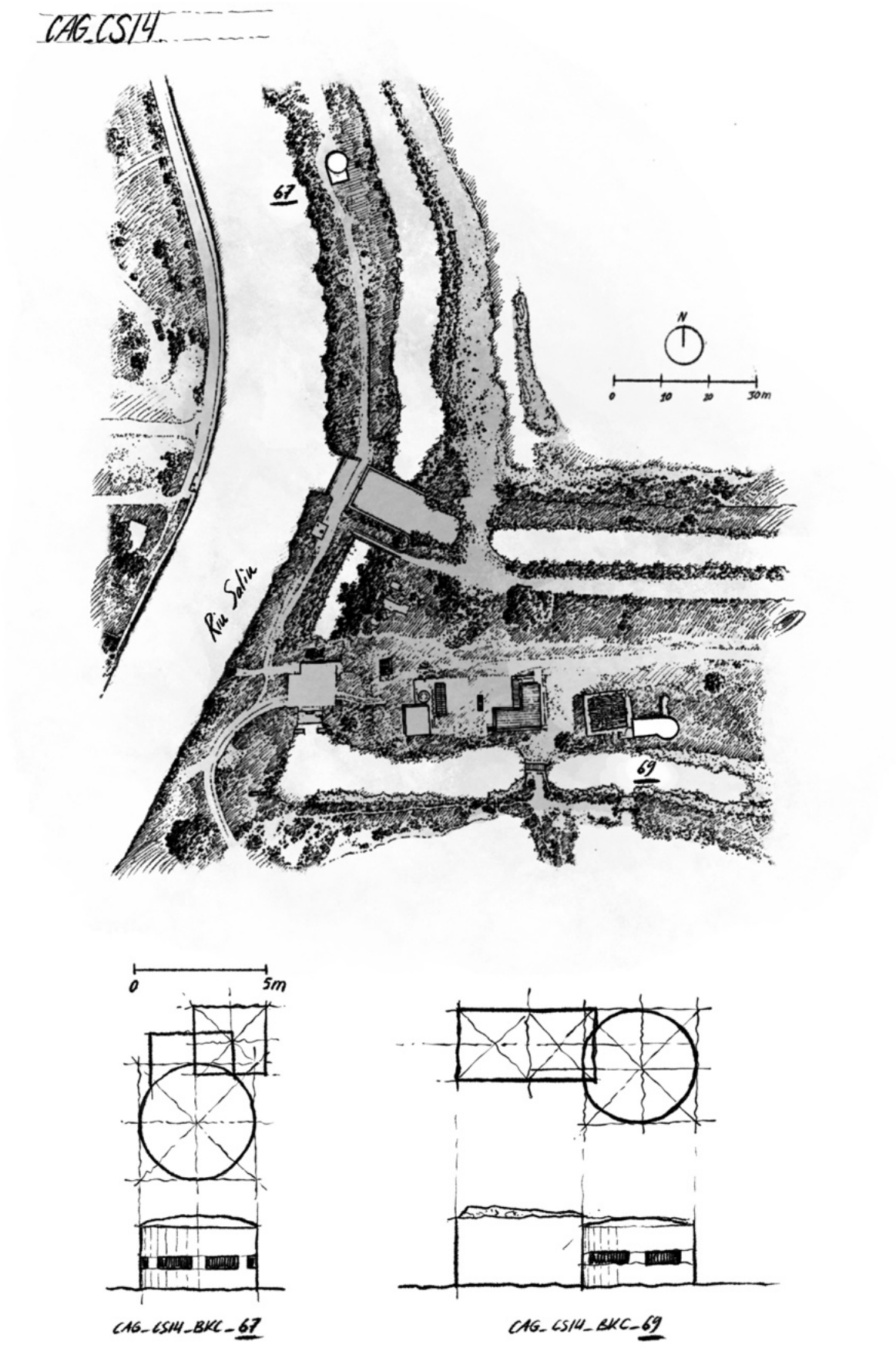


Fig. 112 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.

CAG_CS14_BKC_69 (39°12'47.83"N 9°08'43.60"E)

Località: Via della Fauna - Molentargius
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: non accessibile
Quota: 2,70 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: struttura industriale
Feritoie: 4 **Accesso:** livello terreno
Azimut: 90°
Area occupata (cellula armata): 14,5 m²
Pieno/vuoto (cellula armata): 70,3% / 28,7%

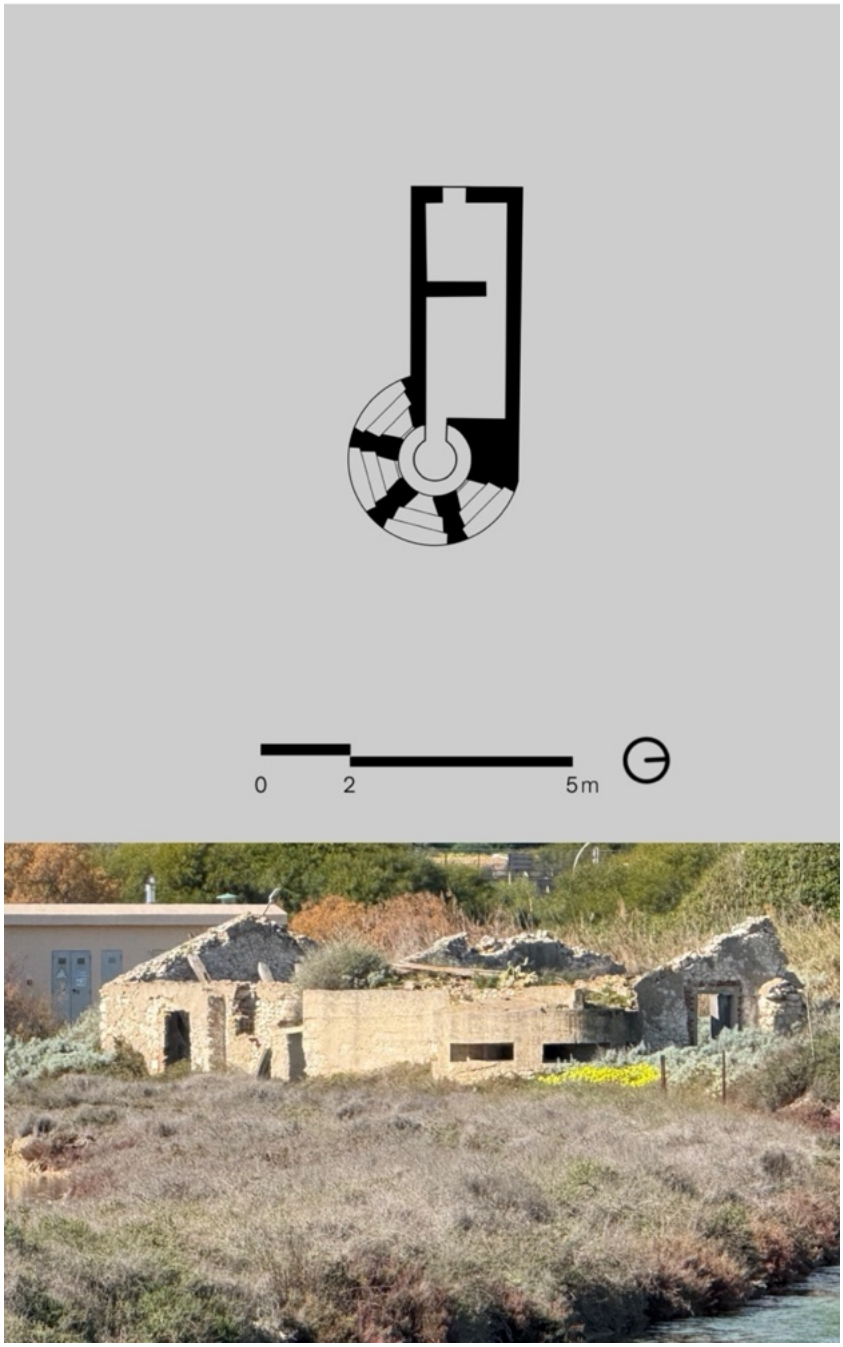


Fig. 113 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

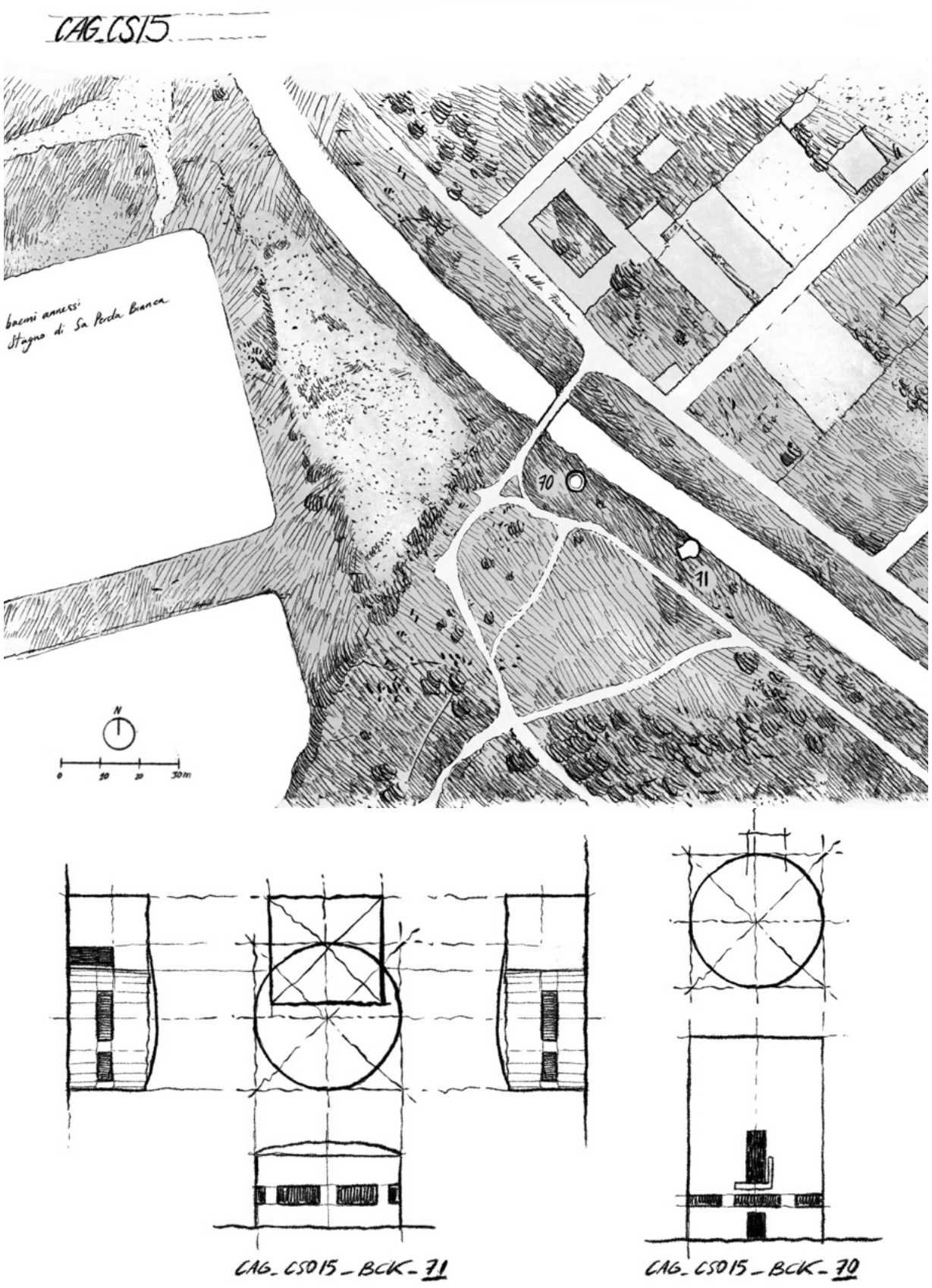


Fig. 114 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto. Elaborazione dell'autore.

CAG_CS15_BKC_70 (39°12'34.97"N 9°08'57.95"E)

Località: Via della Fauna - Molentargius
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: accessibile
Quota: 0,57 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 4 **Accesso:** scala
Azimut: 270°
Area occupata totale: 15 m²
Pieno/vuoto: 81,3% / 18,7%

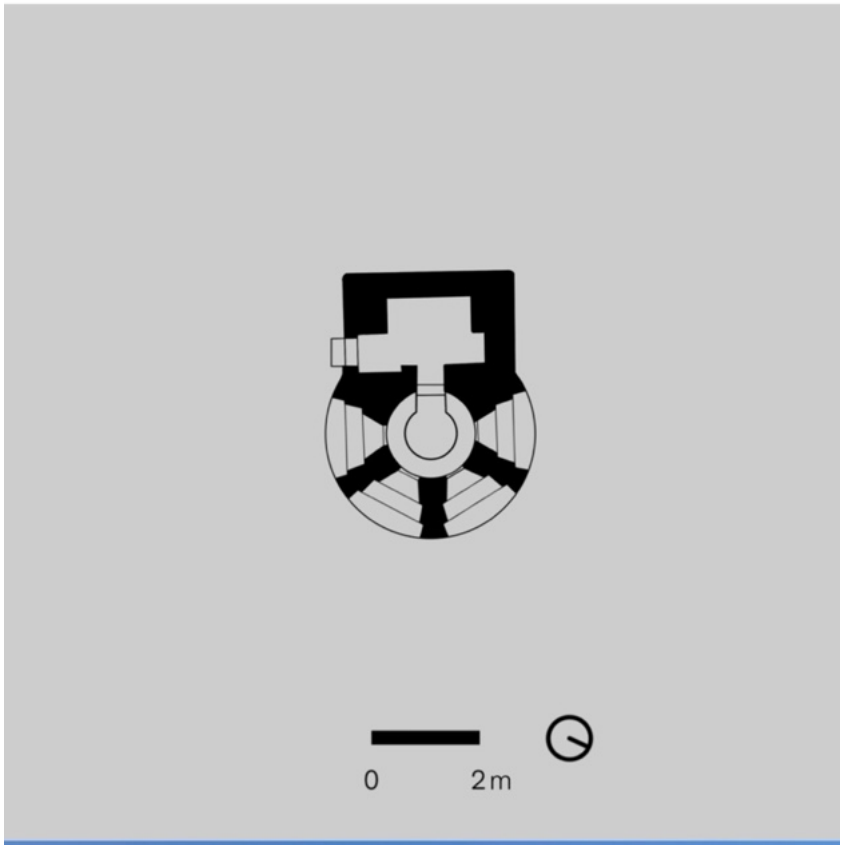




Fig. 115 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_CS15_BKC_71 (39°12'34.97"N 9°08'57.95"E)

Località: Via della Fauna - Molentargius
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: accessibile
Quota: 0,57 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 4 **Accesso:** scala
Azimut: 270°
Area occupata totale: 15 m²
Pieno/vuoto: 81,3% / 18,7%

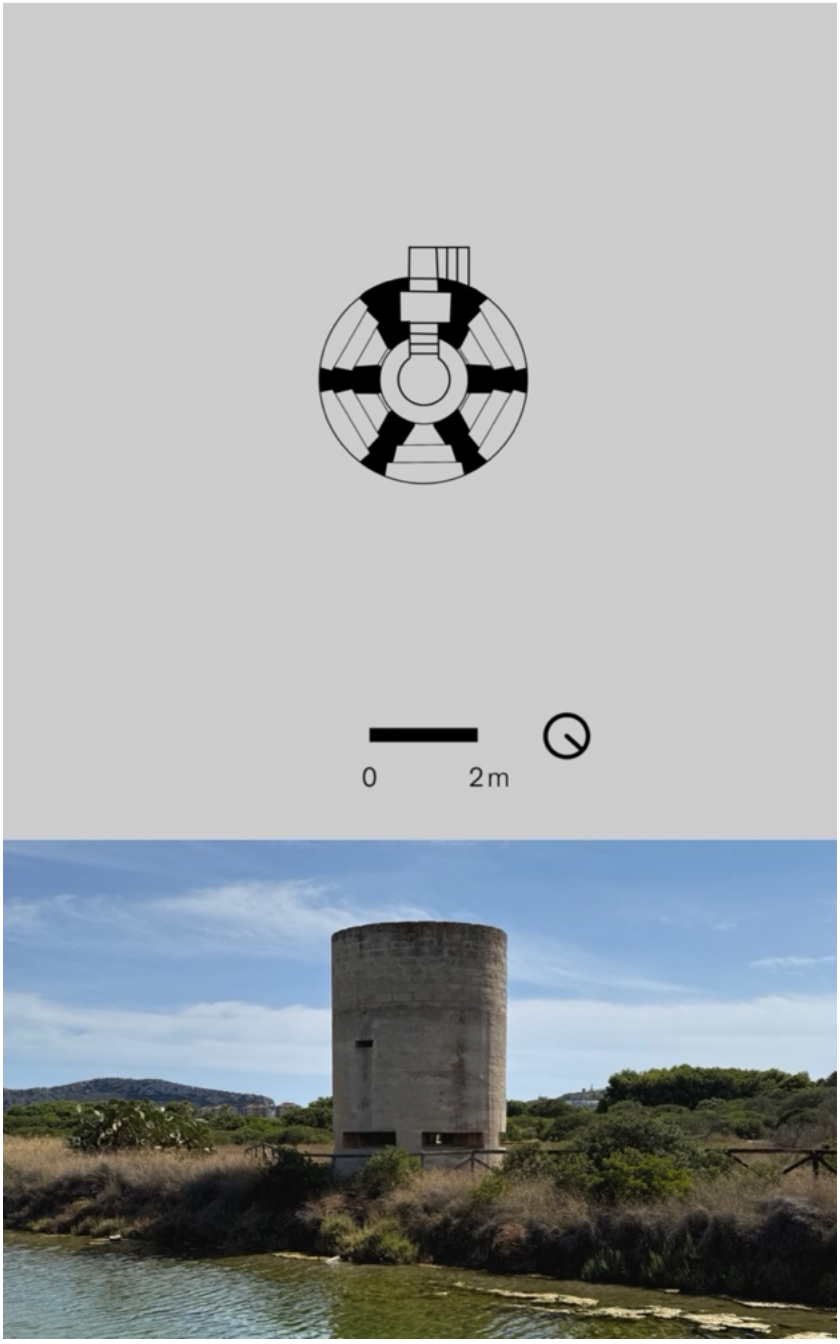


Fig. 116 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_CS15_BKC_70

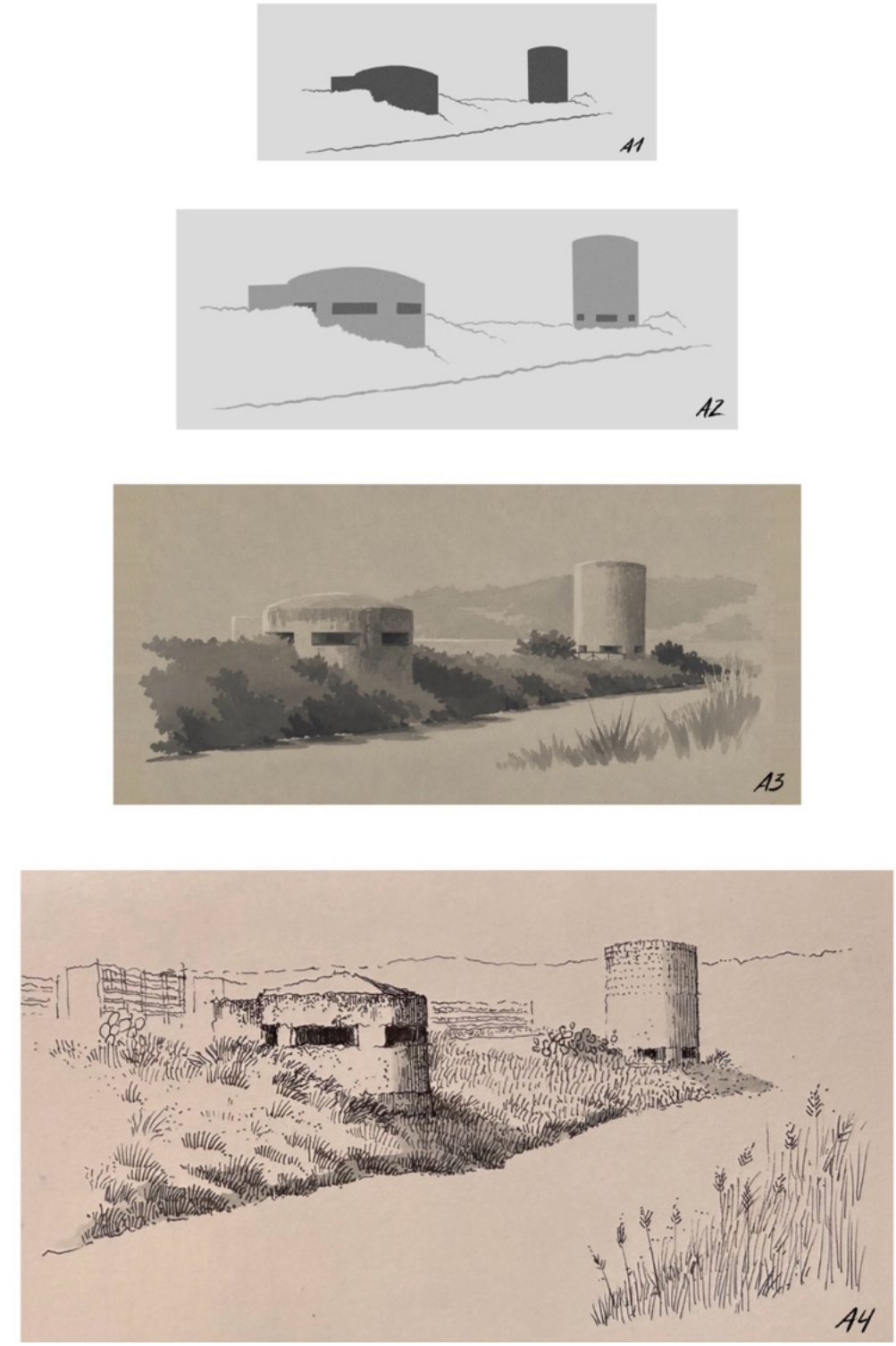


Fig. 117 —Tavola P: sequenza di avvicinamento e progressive letture percettive del caposaldo**.** Una prima sintesi per silhouette restituisce i limiti del canale e le due masse dei bunker che appaiono come forme nel paesaggio (A1). La vista successiva, dalla medesima direzione di osservazione e a una distanza minore, rende leggibili anche le feritoie emergenti dei due bunker (A2). Un notan su carta beige, ancora impostato sulla stessa inquadratura ma da una distanza minore, articola il rapporto fra vegetazione, ombre e architettura, mostrando come le due opere rimangano fortemente integrate nel contesto (A3). Chiude la sequenza un disegno dettagliato a china, sempre su carta beige, che approfondisce nel datteaglio la lettura paesaggistica dei bunker, del bordo del canale, della vegetazione e dello sfondo urbano oltre i margini dello stagno di Molentargius (A4). A1–A2: Y1.3; A3: Y2.2; A4: Y3.2.

CAG_CS15_BKC_70

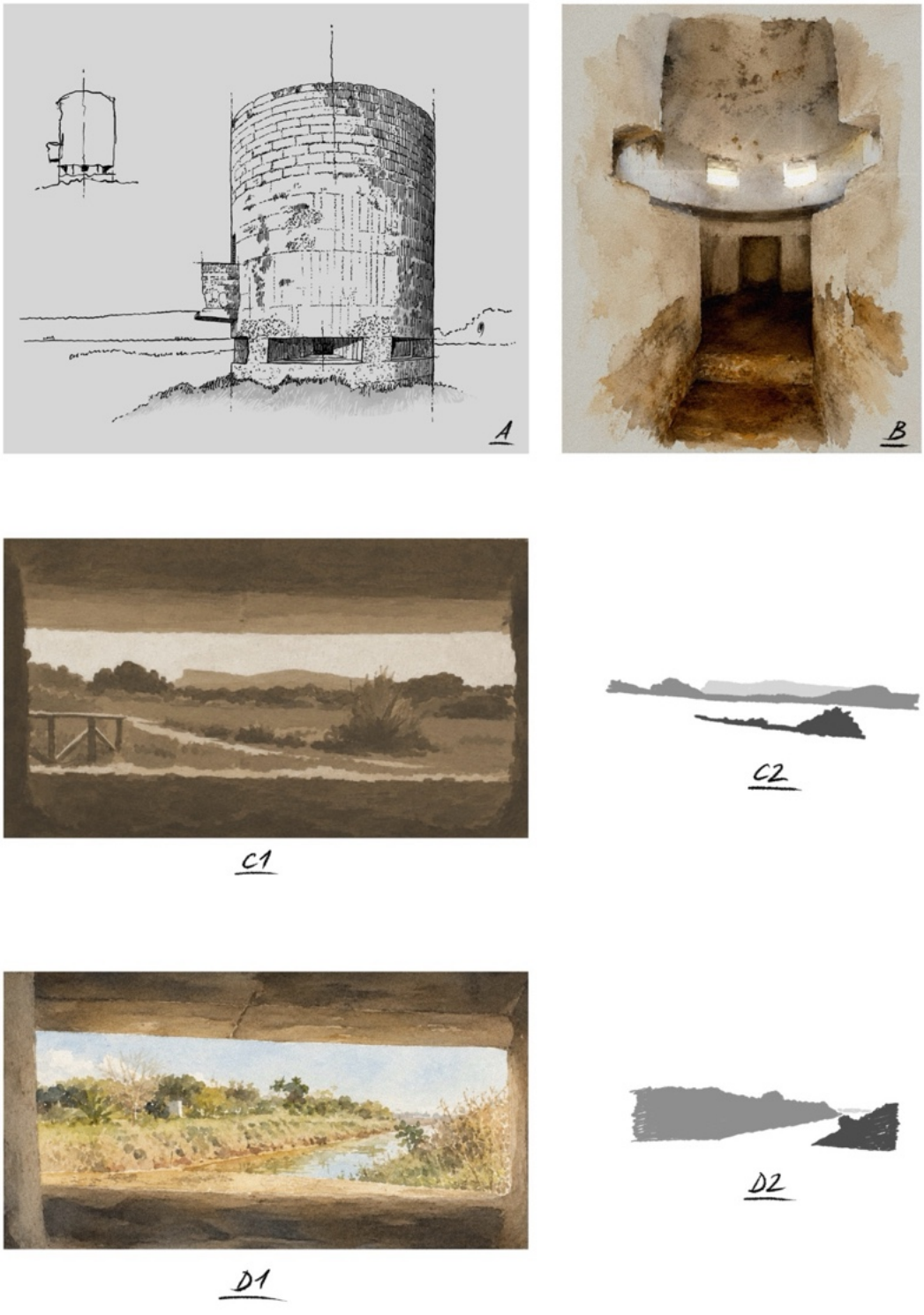


Fig. 118 — Tavola P: riconoscibilità esterna, spazio interno e campi visuali delle feritoie. La tavola riunisce una vista esterna a china, accompagnata da una sintesi grafica della sagoma (A1–A2), e un acquerello dello spazio interno della cellula protetta, nel quale la luce proveniente dalle aperture modella il vano senza mostrare direttamente il paesaggio esterno (B). Due coppie di elaborati restituiscono i campi visuali delle feritoie: la prima, orientata verso sud-ovest, comprende un acquerello in toni seppia e una sintesi notan del paesaggio (C1–C2); la seconda mostra la vista verso nord-est, in direzione del canale, anch'essa affiancata da sintesi delle silhouette che definiscono la vista dalla feritoia (D1–D2). A1–A2: Y1.3; B: Y2.1; C1 e D1: Y1.4; C2 e D2: Y2.2.

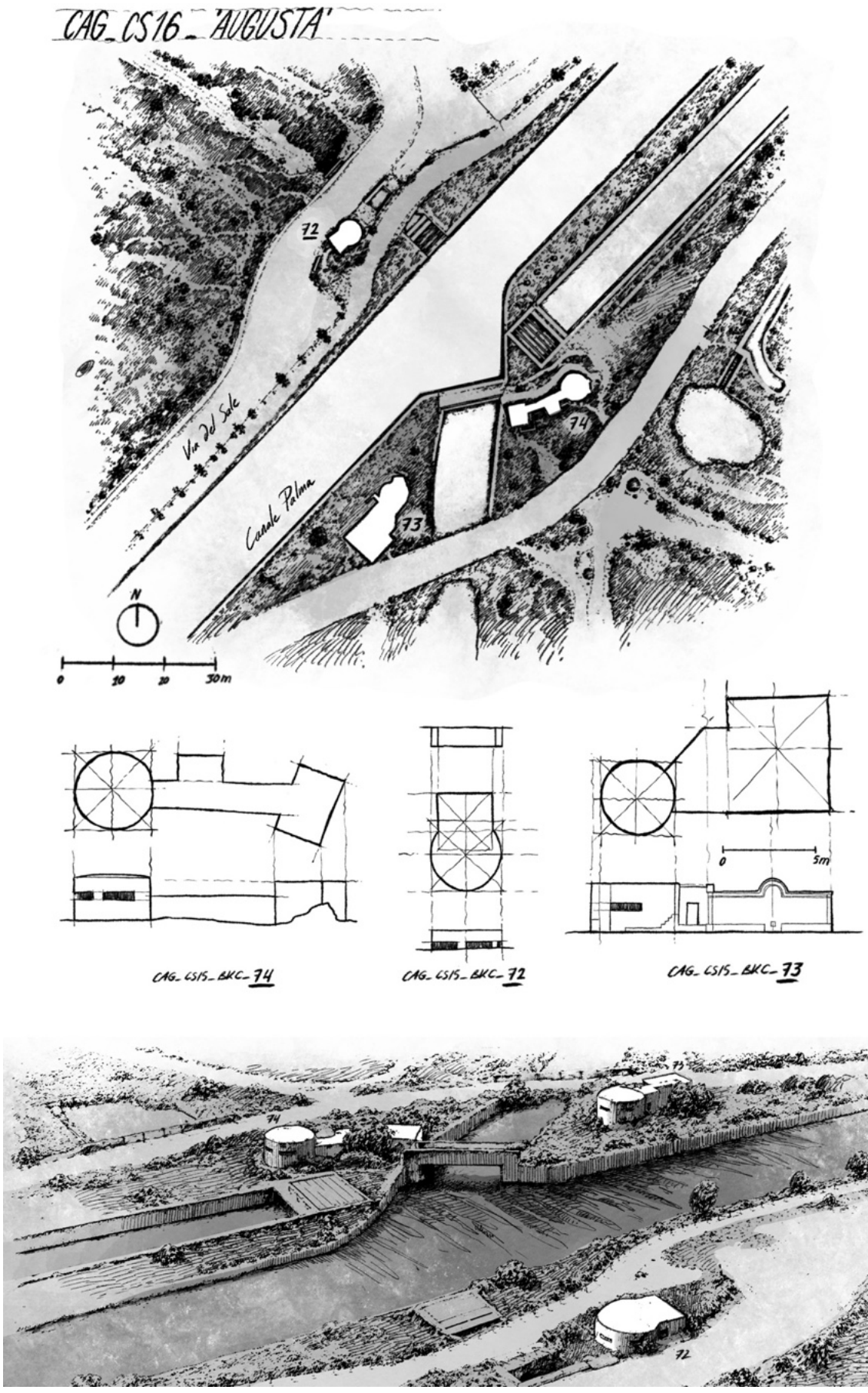


Fig. 119 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.

CAG_CS16_BKC_72 (39°14'27.94"N 9°06'51.61"E)

Località: Via della Fauna - Molentargius
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: scarsa
Accessibilità: scarsa
Quota: 0,54 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: interrata
Camouflage: N.D.
Feritoie: 4 **Accesso:** scala
Azimut: 90°
Area occupata totale: 24,8
Pieno/vuoto: 72% / 28%

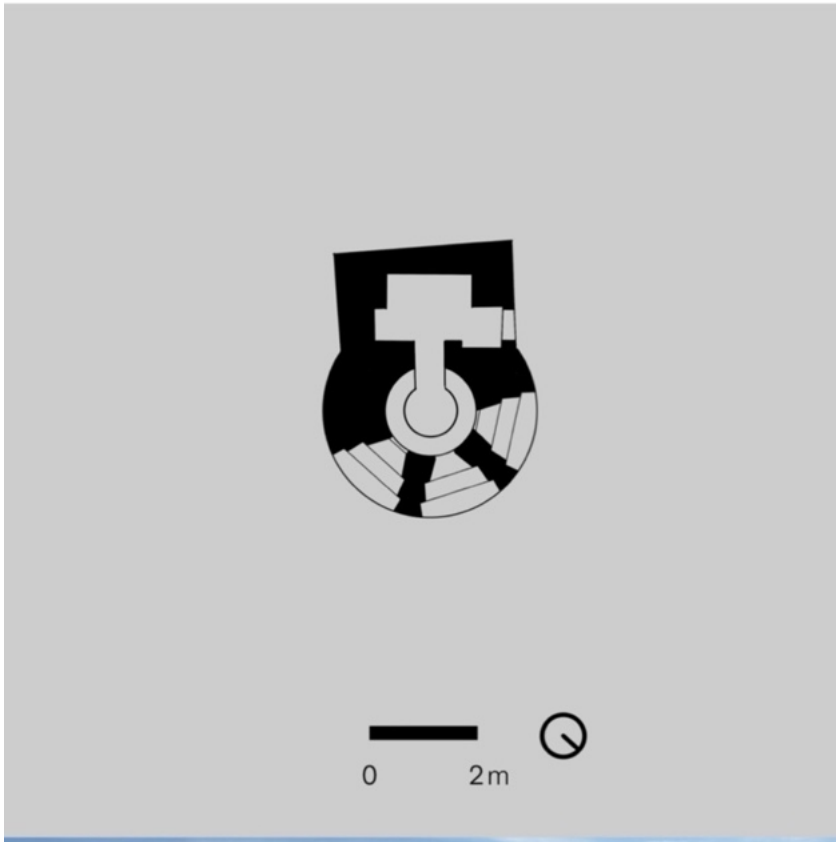




Fig. 120 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_CS16_BKC_73 (39°12'25.99"N 9°09'11.56"E)

Località: Via della Fauna - Molentargius
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: non accessibile
Quota: 1,14 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: struttura industriale
Feritoie: 4 **Accesso:** livello terreno
Azimut: 45°
Area occupata (cellula armata): 14,5 m²
Pieno/vuoto (cellula armata): 70% / 30%

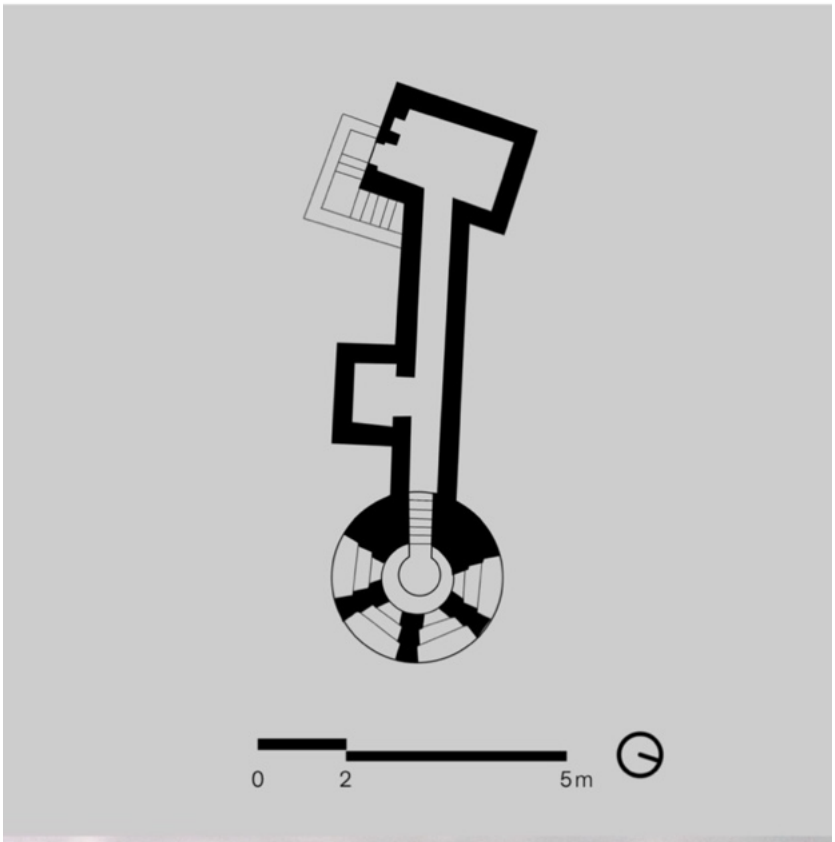




Fig. 121 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_CS16_BKC_74 (39°12'25.99"N 9°09'11.56"E)

Località: Via della Fauna - Molentargius
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discrete
Accessibilità: non accessibile
Quota: 2,70 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: struttura industriale con cisterna
Feritoie: 5 **Accesso:** livello terreno
Azimut: 45°
Area occupata (cellula armata): 14,5 m²
Pieno/vuoto (cellula armata): 70% / 30%

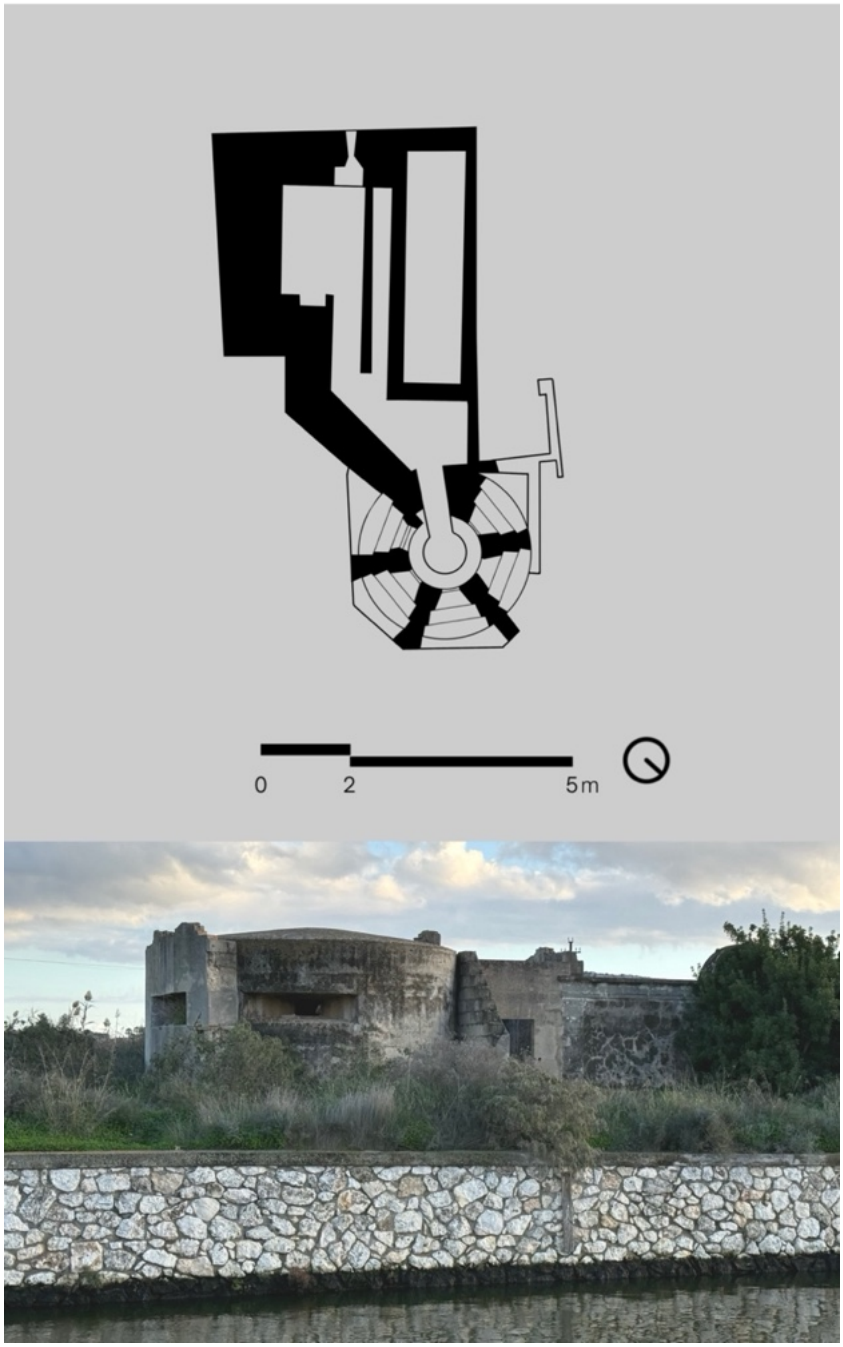


Fig. 122 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

5.3.7 — CAG_CS17–CAG_C19

Il **Caposaldo 17,** disposto lungo il Canale Pala Montis, conserva tutte e quattro le casematte circolari documentate dalla carta del 1948, oggi riconoscibili in tre nuclei architettonici e direttamente rilevate. A nord, due casematte monoarma sono integrate entro un unico volume edilizio, realizzato per simulare una costruzione ordinaria e raccordare le due postazioni di tiro; la collocazione sulla sponda opposta del canale ne rende tuttavia più difficile l'accesso. Più a sud si conservano altre due casematte monoarma: la prima mantiene una buona integrità architettonica, pur con frequenti accumuli di rifiuti; la seconda è anch'essa ben conservata ma non accessibile internamente e presenta alterazioni superficiali e graffiti. La permanenza dell'intero gruppo, insieme al particolare camouflage architettonico del bunker settentrionale, rende il caposaldo uno dei nuclei meglio conservati del parco di Molentargius-Saline.

Il **Caposaldo 18** comprendeva tre postazioni lungo il margine di via Tritoni e viale Poetto. Le due opere meridionali sono state demolite, come confermato dalla documentazione archivistica del XVI dipartimento delle infrastrutture di Cagliari relativa alle rimozioni; sopravvive invece la postazione più settentrionale, una postazione monoarma oggi in condizioni fortemente compromesse. Il manufatto è a margine di un canale, quasi completamente murato e difficilmente accessibile per via dell'alta vegetazione, ma rimane riconoscibile dall'esterno. L'urbanizzazione e le trasformazioni del sistema viario e idraulico hanno quindi ridotto il caposaldo a questa unica permanenza.

Il **Caposaldo 19 "Siracusa"** comprendeva tre opere nell'area militare di viale Poetto. Due casematte circolari monoarma sono ancora presenti: una è addossata al muro di cinta della caserma, mentre la seconda, meglio conservata, si trova più in alto all'interno dell'area militare, sulle prime pendici del rilievo che conduce alla Sella del Diavolo. La postazione controcarro attestata dalle fonti censuarie del 1948 non è stata rinvenuta; la sua localizzazione ricade in un settore profondamente modificato dalla realizzazione e dagli ampliamenti di viale Poetto.

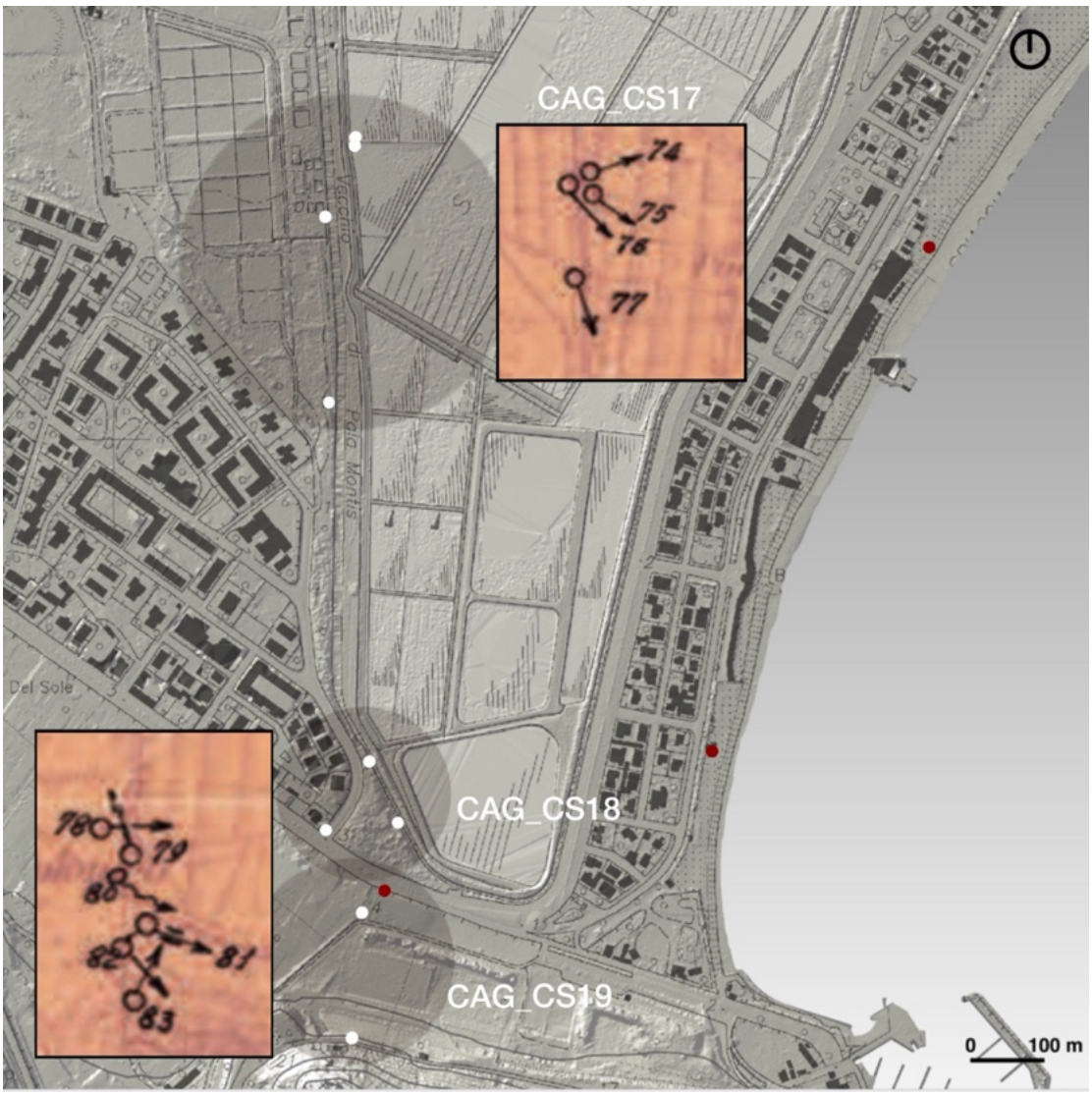


Fig. 123 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

CAG_CS17_BKC_75 (39°12'25.99"N 9°09'11.56"E)

Località: Molentargius Saline
Tipologia: doppio monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: degradato
Accessibilità: non accessibile
Quota: 0,05 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: struttura industriale
Feritoie: 4 **Accesso:** livello terreno
Azimut: 90°
Area occupata (cellula armata): 15,5 m²
Pieno/vuoto (cellula armata): 71% / 29%

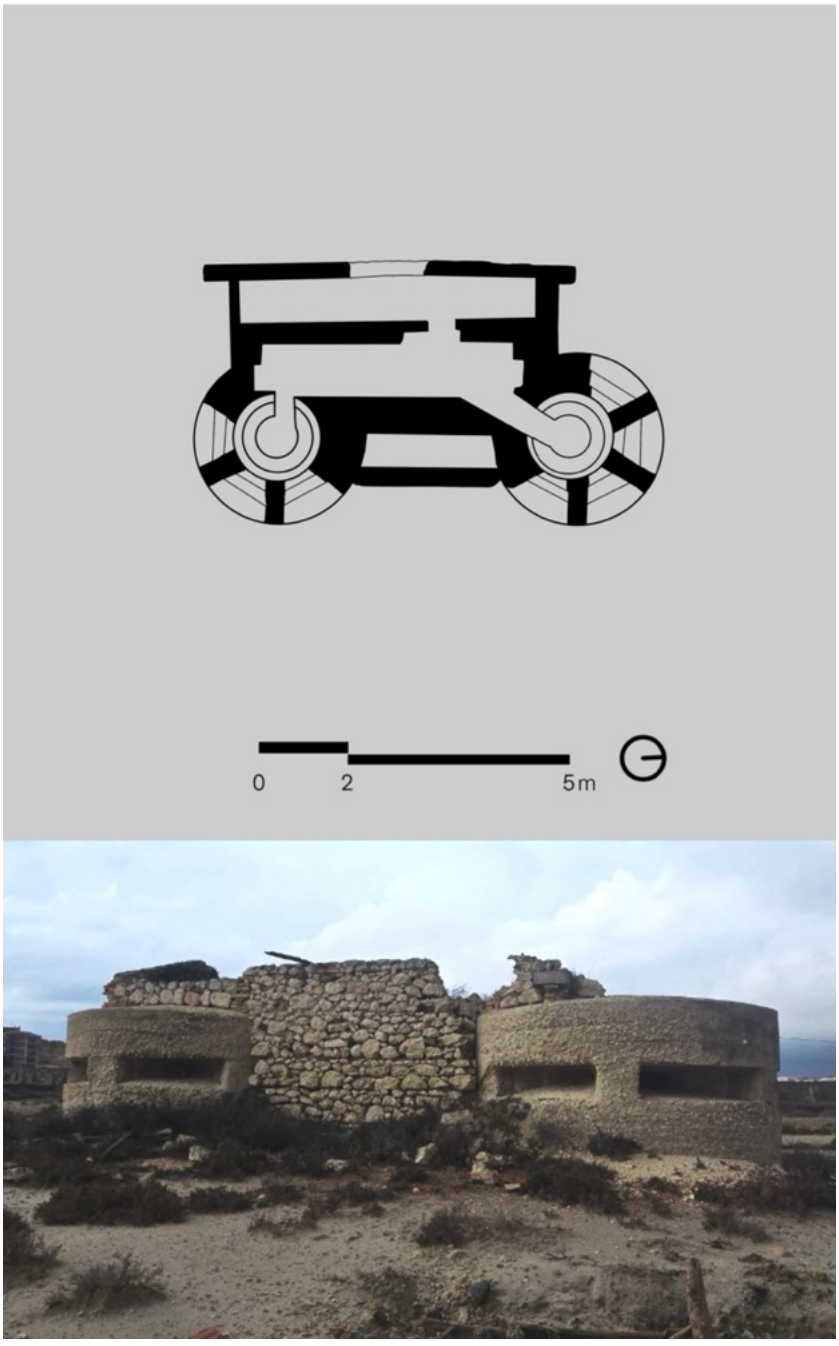


Fig. 124 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

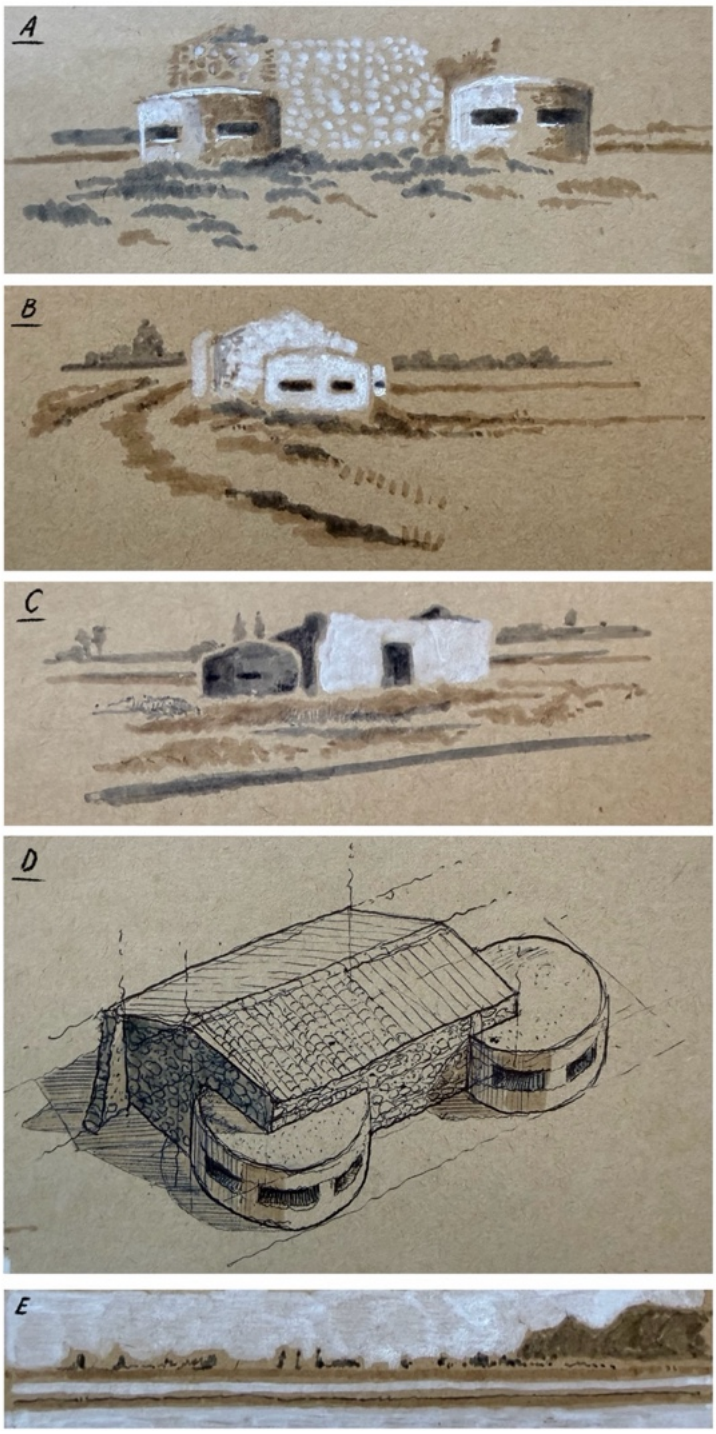


Fig. 125 — Tavola M: studi percettivi, assonometria ricostruttiva e vista dispositivo-dipendente. Il bunker a doppia casamatta inglobato entro un rudere è documentato mediante tre viste esterne — frontale (A), laterale (B) e posteriore (C) — realizzate a pennarello su cartoncino beige, con integrazione di pennarello acrilico bianco per i punti di luce e la resa del doppio contrasto. Le vedute, osservate da circa 30 m, restituiscono il rapporto tra manufatto, rudere e contesto immediato. L'assonometria (D), eseguita a penna a sfera con pennarello per le ombre portate, ricostruisce l'assetto reintegrando il corpo centrale oggi parzialmente crollato. Completa la tavola una vista dalla feritoia orientata verso sud-est (E). Sopralluogo: 1 febbraio 2025, ore 12:40; restituzione grafica: 15 luglio 2026. A–C: Y1.3; D: Y4.2; E: Y1.4.

Scheda X-Fig.125

Studi percettivi, vista dispositivo-dipendente e ricostruzione grafica

Localizzazione	Cagliari, Caposaldo 17
Soggetto	Bunker a doppia casamatta inglobato entro un rudere
Data del sopralluogo	1 febbraio 2025
Ora di riferimento	12:40
Data della restituzione	15 luglio 2026
Tecnica principale	Pennarello su cartoncino beige con pennarello acrilico bianco
Tecnica dell'assonometria	Penna a sfera e pennarello per le ombre portate
Distanza delle viste esterne	Circa 30 m
Orientamento dalla feritoia	Verso sud-est

Serie	Codice	Contenuto	Tecnica / funzione
A	Y1.3	Vista frontale	Studio percettivo esterno
B	Y1.3	Vista laterale	Studio percettivo esterno
C	Y1.3	Vista posteriore	Studio percettivo esterno
D	Y4.2	Assonometria ricostruttiva	Reintegrazione grafica del corpo centrale crollato
E	Y1.4	Vista dalla feritoia verso sud-est	Veduta dispositivo-dipendente

Funzione comparativa. Le viste A–C verificano la riconoscibilità esterna e il rapporto con il rudere; l'assonometria D introduce una ricostruzione dichiarata della parte perduta; la vista E sposta l'osservazione sul campo visuale costruito dalla feritoia.



Fig. 126 — CAG_CS17_BKC_75, Cagliari, Saline di Molentargius. Fotografia dell'autore.

CAG_CS17_BKC_78 (39°12'01.95"N 9°09'12.89"E)

Località: Via della Fauna - Molentargius
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: non accessibile
Quota: 1,15 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 5 **Accesso:** scala
Azimut: 90°
Area occupata totale: 22,8
Pieno/vuoto: 70% / 30%

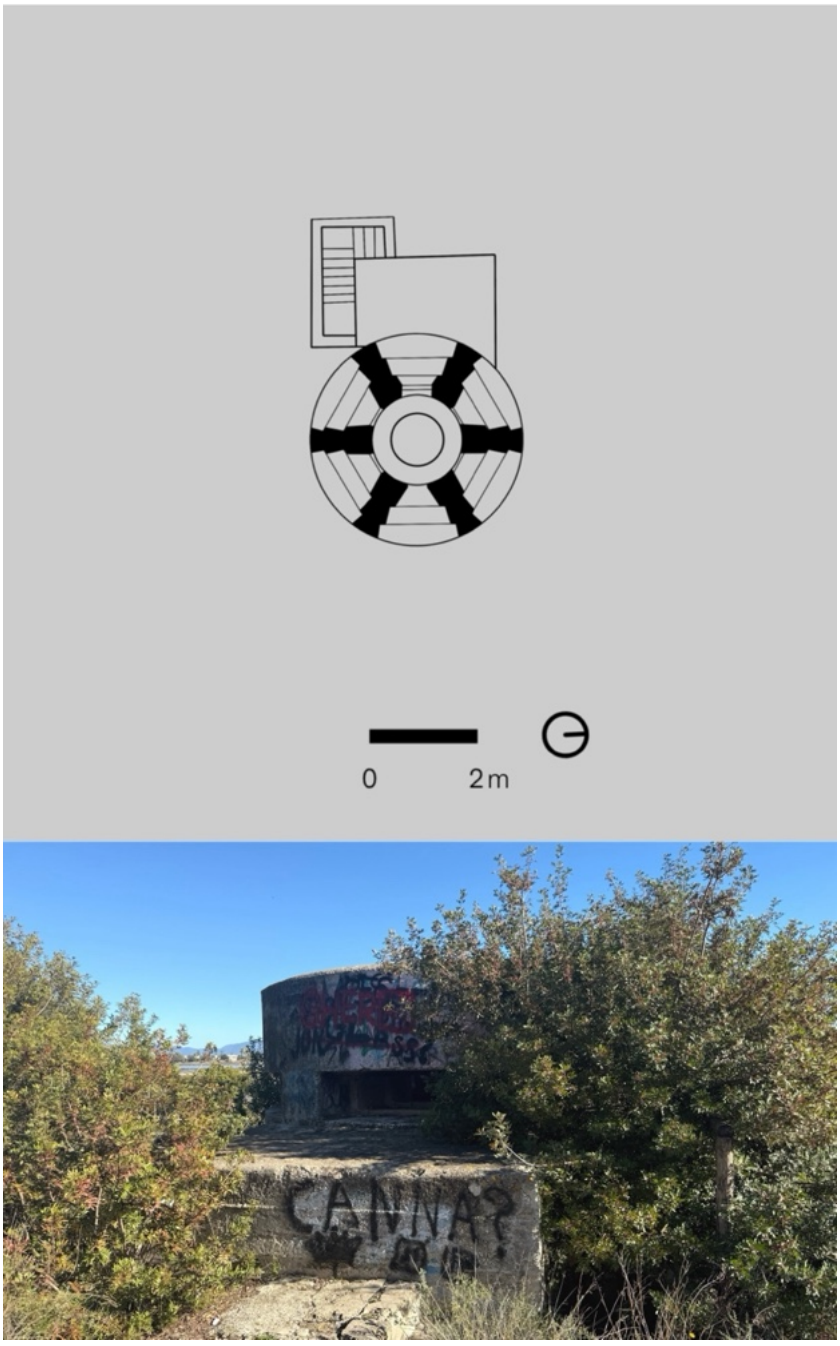


Fig. 127 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_CS17_BKC_79 (39°12'10.13"N 9°09'12.70"E)

Località: Molentargius Saline
Tipologia: monoarma circolare · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buone
Accessibilità: accessibile
Quota: 0,85 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: edificio industriale
Feritoie: 5 **Accesso:** scala
Azimut: 90°
Area occupata: 25,5 m²
Pieno/vuoto: 71,4% / 28,6%

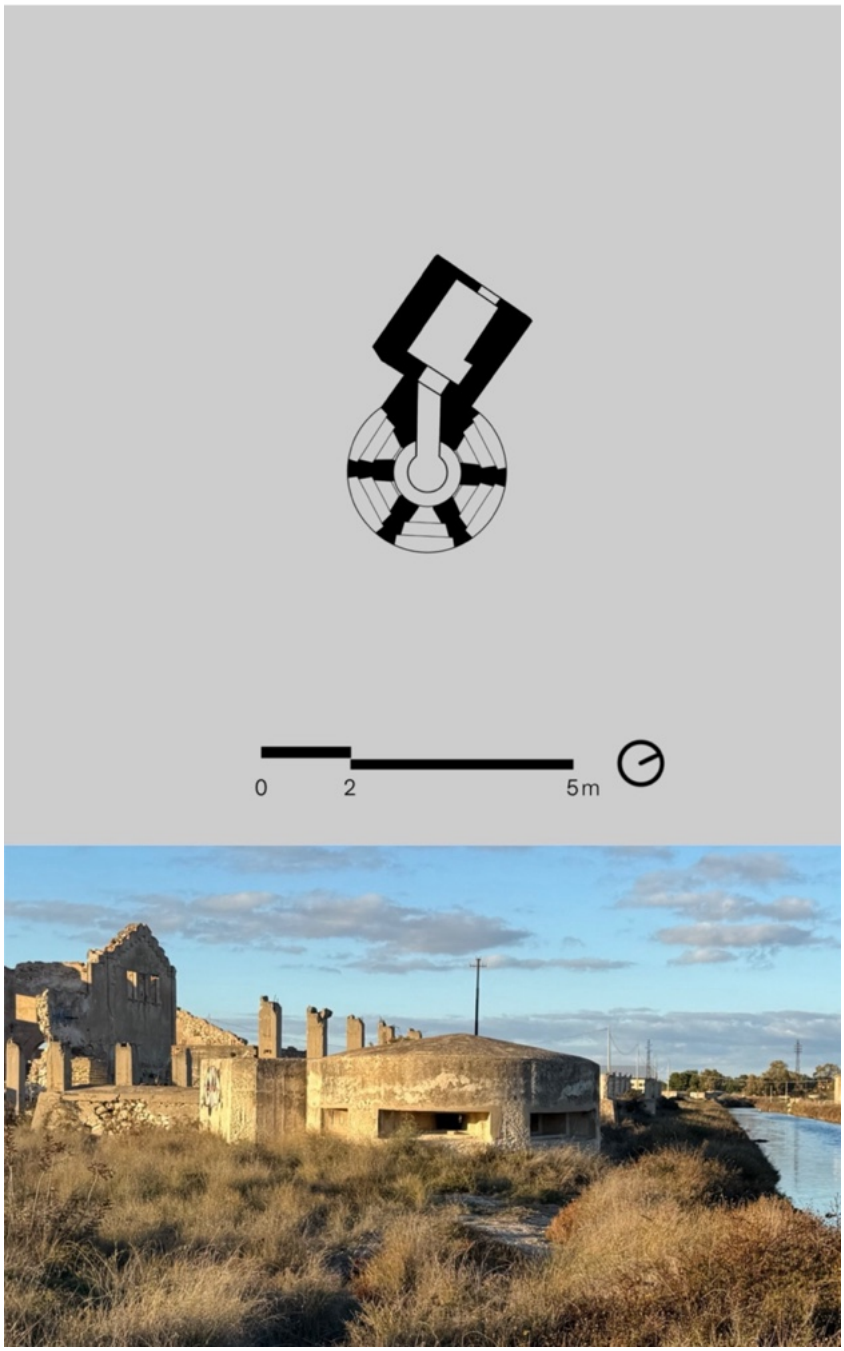


Fig. 128 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

CAG_DC_BKC_11 (39°11'01.10"N 9°08'55.20"E)

Località: Is Mesas - Calamosca
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: degradata
Accessibilità: difficilmente accessibile
Quota: 6,33 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: scavata nella roccia
Camouflage: morfologica
Feritoie: 3 **Accesso:** "in caverna"
Settore operativo: SO-NO
Area occupata (cellula difensiva): 16,45 m²
Pieno/vuoto (cellula difensiva): 56% / 44%

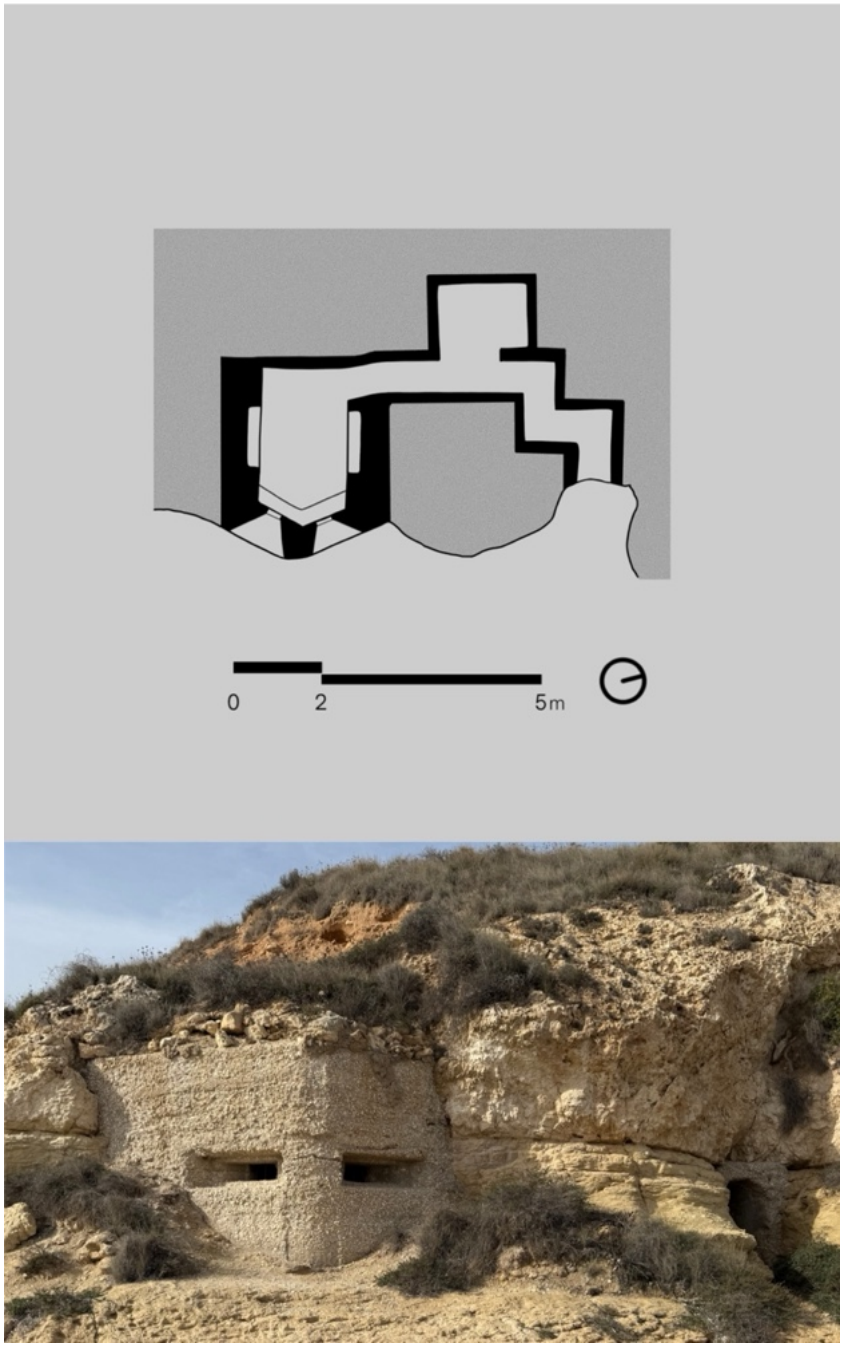


Fig. 129 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

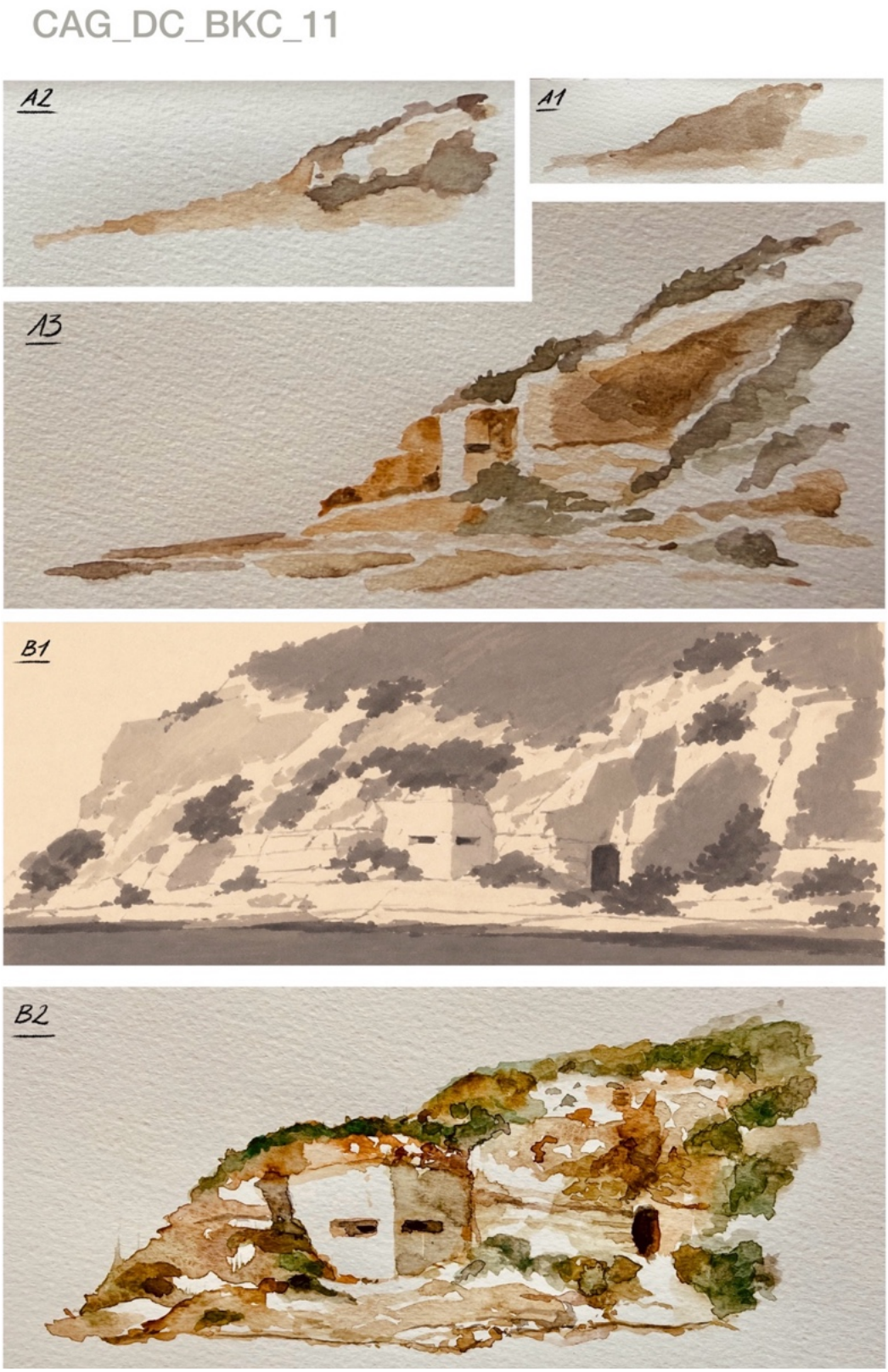


Fig. 130 —Tavola M: doppia sequenza di avvicinamento al bunker sotto il faro di Calamosca scavato nella roccia. La sequenza terrestre, realizzata ad acquerello lungo il promontorio, passa dalla massa rocciosa osservata a circa 300 m, entro cui il bunker non è ancora distinguibile (A1), alla progressiva emersione di feritoia, cespugli e cromia calcarea a circa 100 m (A2), fino alla leggibilità della forma del manufatto a circa 30–40 m (A3). La seconda sequenza comprende un disegno a pennarello su carta beige, con toni di grigio, che restituisce l'avvicinamento dal mare a circa 100 m (B), e una vista frontale ad acquerello con più dettaglio eseguita a circa 20 m, nella quale emergono cromatismo, feritoie, la macchia mediterranea e continuità con la roccia (C). A1–A3, B e C: Y1.3.

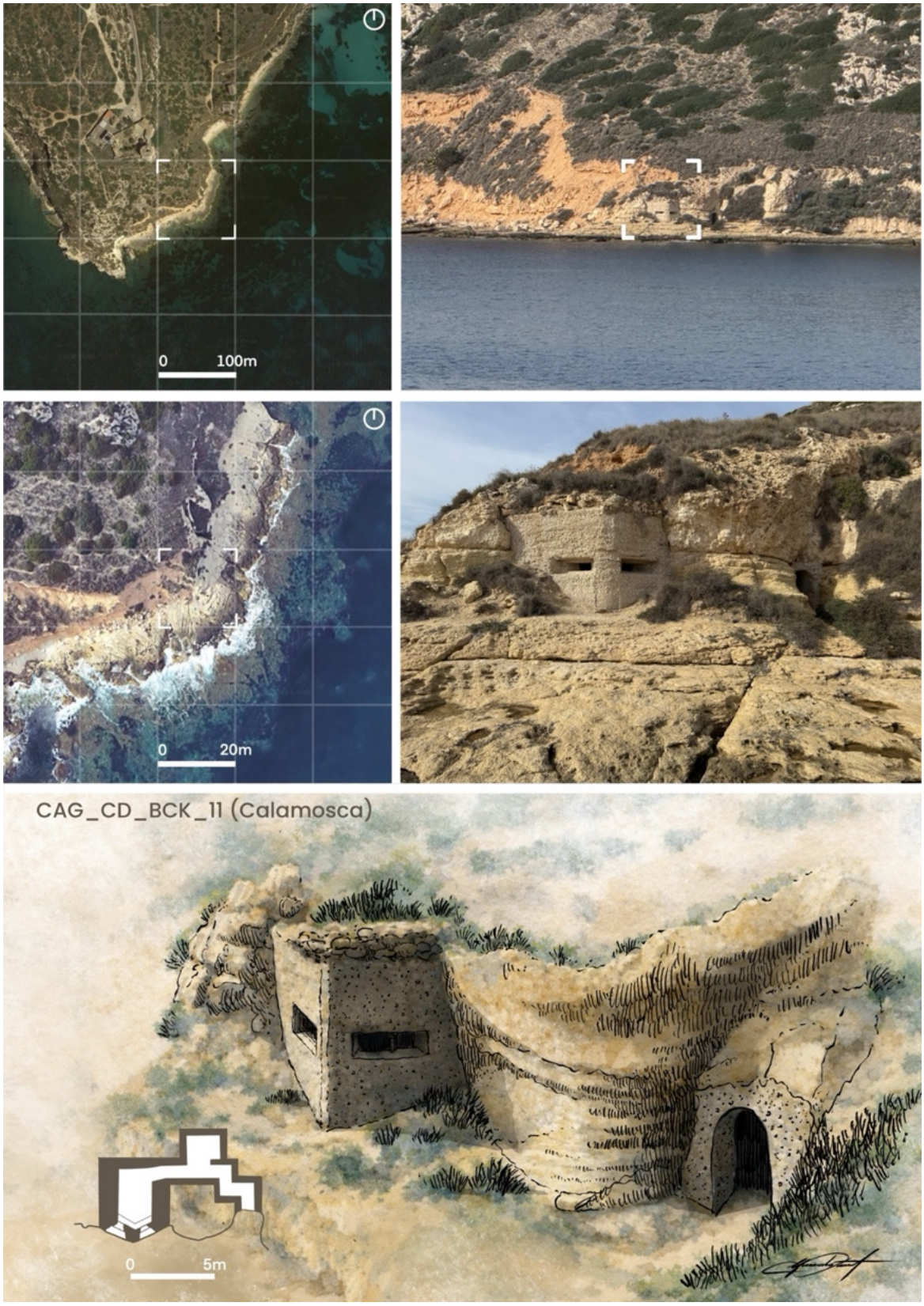


Fig. 131 — Tavola P di analisi del camouflage e della riconoscibilità del manufatto. La tavola coordina tre modalità di lettura complementari: la ricognizione zenitale multiscalare verifica la riconoscibilità del bunker dall'alto nel rapporto con la morfologia costiera; la sequenza fotografica di avvicinamento dal mare, alla quota dell'acqua, registra la progressiva emersione dell'opera rispetto al profilo roccioso; in basso, la vista obliqua ridisegnata chiarisce la configurazione del manufatto, il rapporto con il terreno e la linea di costa. La sequenza mette così a confronto differenti condizioni di osservazione e rende leggibile l'incidenza di distanza, quota e direzione dello sguardo sulla percezione del bunker. Elaborazione dell'autore.

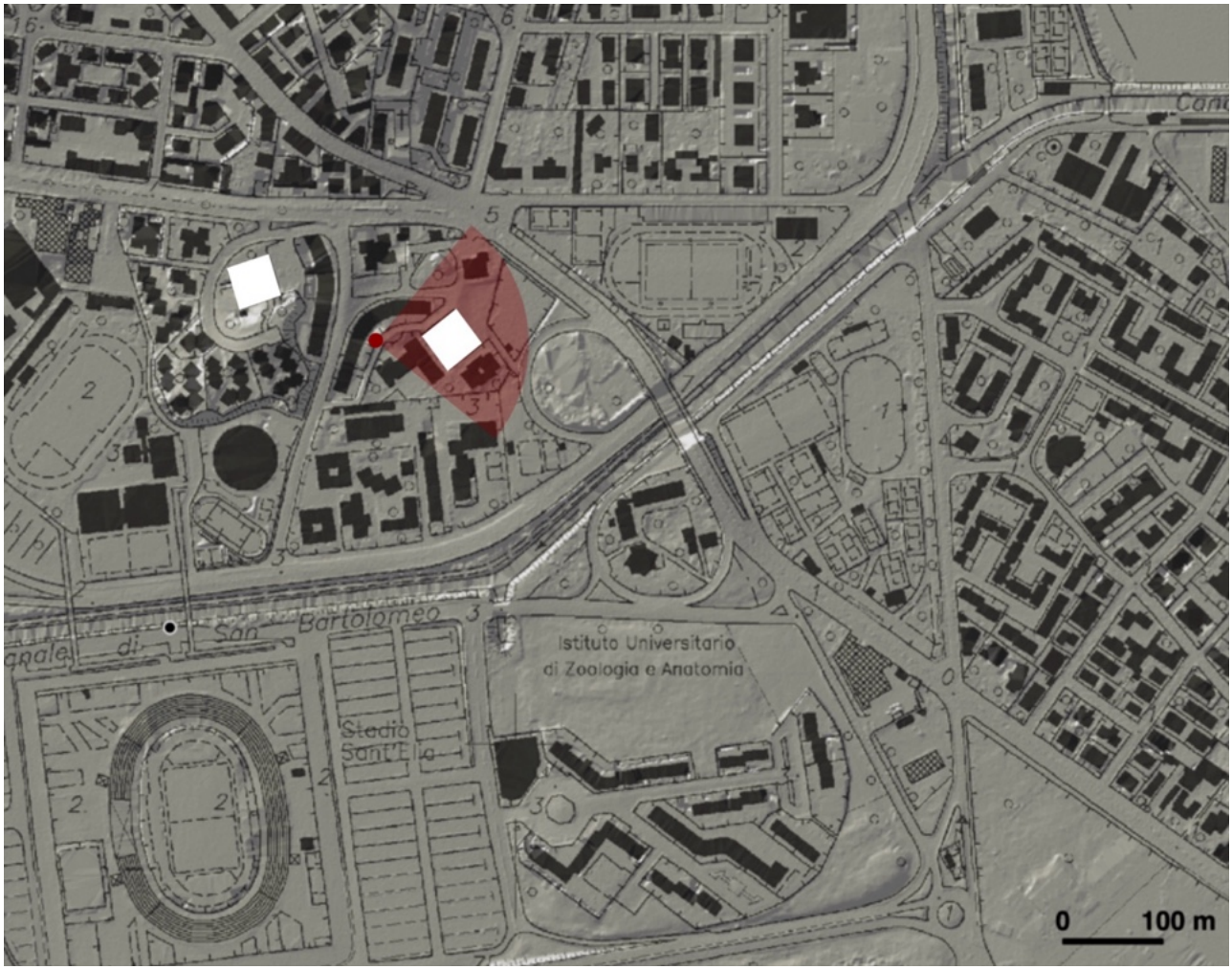


Fig. 132 —Tavola T di inquadramento territoriale dei bunker-serbatoi Elaborazione dell'autore su base GIS.



Fig. 133 —Foto del bunker-serbatoio **CAG_SPEC_02.** Elaborazione dell'autore.



Fig. 134 — Tavola P: bunker serbatoio di Monte Mixi. Studio comparativo delle condizioni di leggibilità. Le tre coppie di elaborati restituiscono il manufatto dal medesimo punto di osservazione in via Luigi Rolando, a circa 35 m di distanza e con sguardo orientato verso nord-est, in condizioni di cielo sereno. Gli acquerelli su carta, eseguiti in situ in sessioni di circa un'ora, documentano la mattina del 15 marzo 2026 dalle ore 09:00 (A1), il tardo pomeriggio dello stesso giorno dalle ore 17:15 (B1) e la condizione notturna del 29 novembre 2025 dalle ore 18:00, con illuminazione prodotta da due lampioni stradali (C1). I corrispondenti notan digitali, elaborati nel giugno 2026 (A2, B2, C2), riducono le scene a masse tonali e rapporti figura–sfondo. A1–B2: Y2.1; C1–C2: Y2.2.

Scheda X – Fig.134
Studio comparativo delle condizioni di leggibilità

Localizzazione	Via Luigi Rolando, Cagliari
Punto di osservazione	Invariato nei tre studi
Distanza dal manufatto	Circa 35 m
Direzione dello sguardo	Nord-est
Condizioni atmosferiche	Cielo sereno
Tecniche	Acquerello su carta eseguito in situ; notan digitale in scala di grigi

Serie	Condizione osservativa	Elaborato cromatico	Sintesi tonale
A	15 marzo 2026, dalle ore 09:00; luce mattutina	A1 — Y2.1, acquerello	A2 — Y2.1, notan digitale
B	15 marzo 2026, dalle ore 17:15; luce di tardo pomeriggio	B1 — Y2.1, acquerello	B2 — Y2.1, notan digitale
C	29 novembre 2025, dalle ore 18:00; condizione notturna con due lampioni stradali	C1 — Y2.2, acquerello	C2 — Y2.2, notan digitale

Funzione comparativa. Gli acquerelli registrano le variazioni cromatiche, luminose e atmosferiche; i notan traducono le medesime vedute in masse tonali sintetiche. La costanza del punto di osservazione consente di attribuire le differenze di leggibilità principalmente alla variazione del regime luminoso.



Fig. 135 — Fotografia del bunker **CAG_SPEC_02,** deposito di carburante di Monte Mixi.

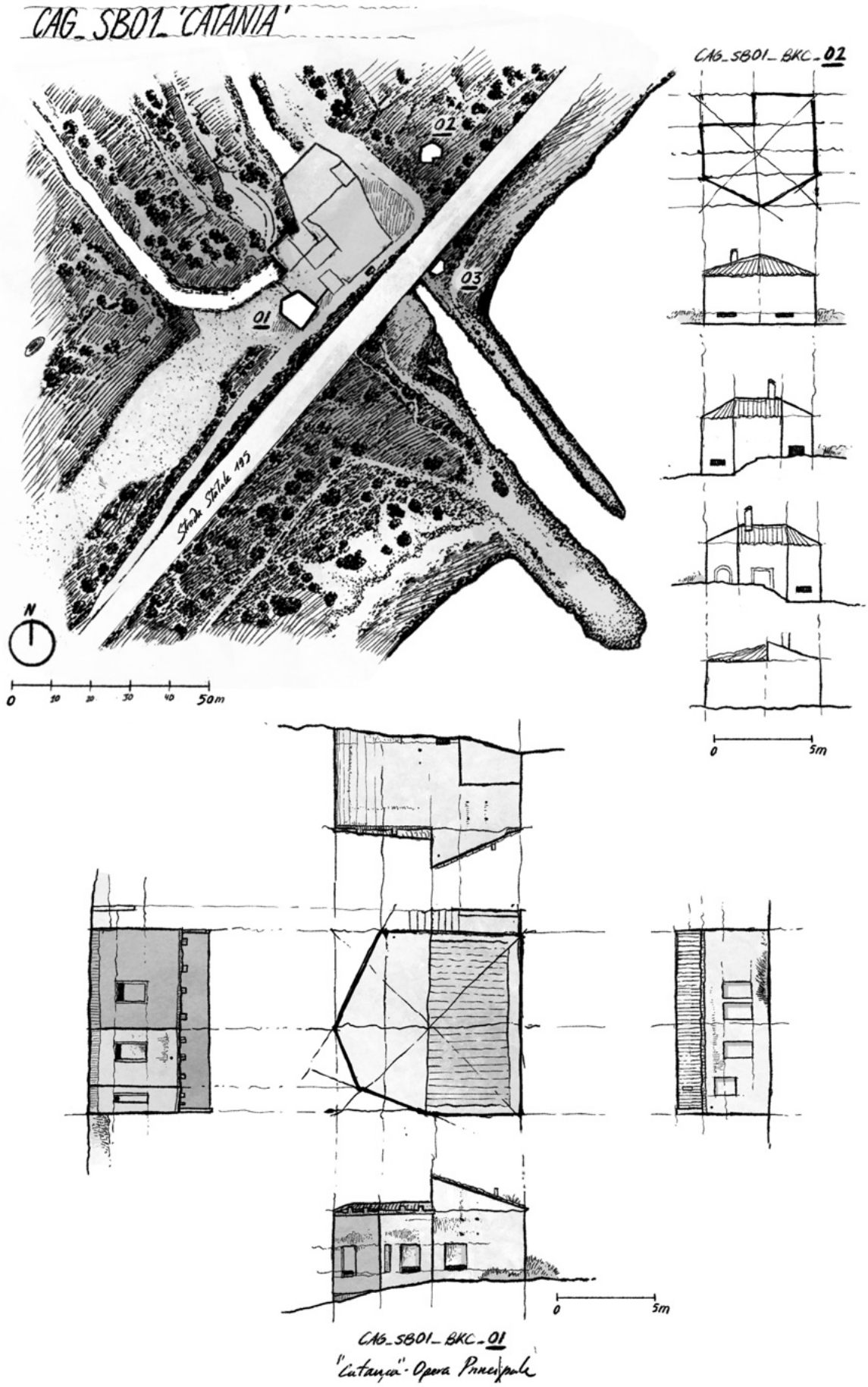


Fig. 136 — Tavola R di lettura del caposaldo di sbarramento mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto. Elaborazione dell'autore.

CAG_SB01_BKC_1 (39°10'24.91"N 9°02'17.81"E)

Località: Saline Conti Vecchi
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: non accessibile
Quota: 1,28 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: edificio produttivo
Feritoie: 3 **Accesso:** scala
Settore operativo: SO-NO
Classe di Resistenza: medi calibri
Area occupata: 99,7 m²
Pieno/vuoto: 61% / 39%

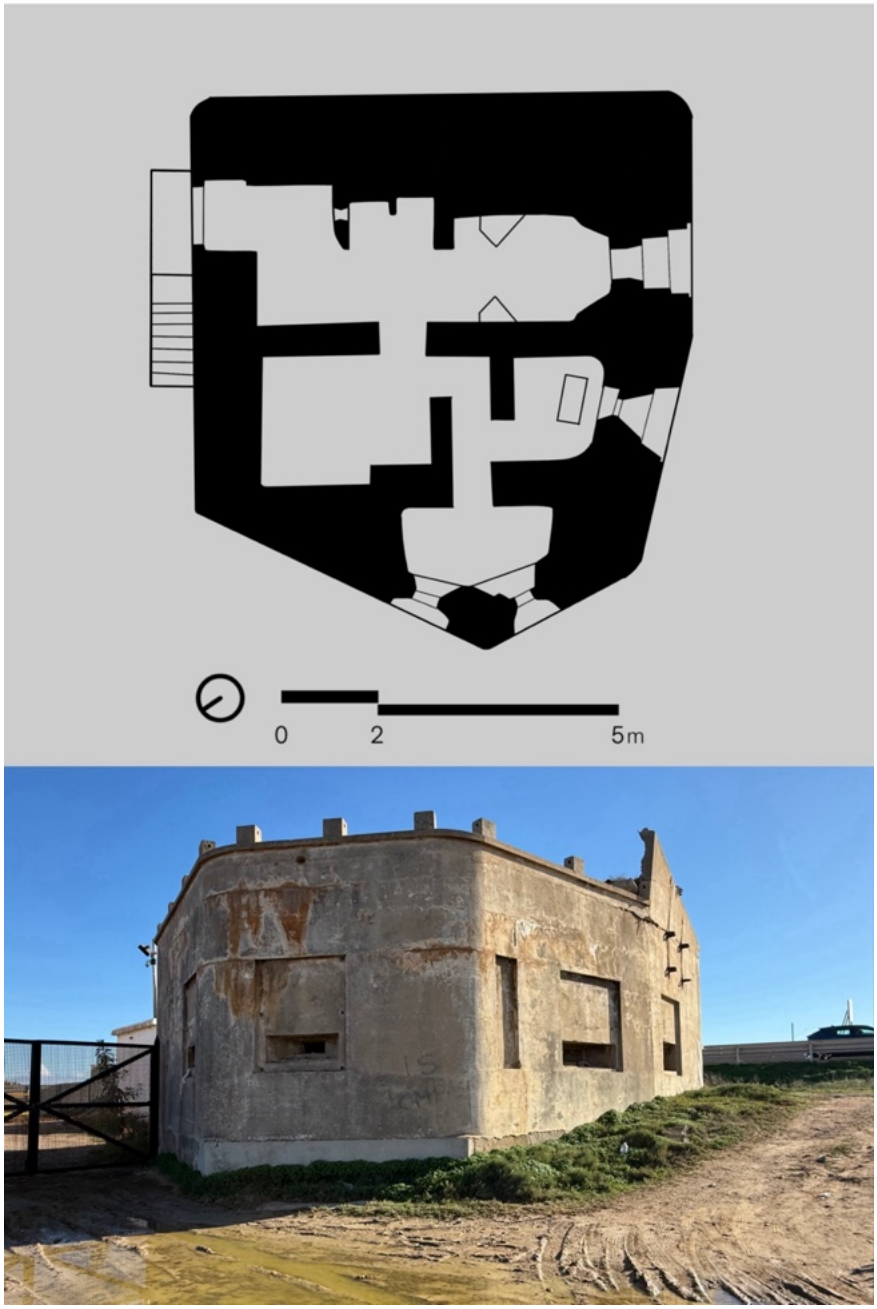


Fig. 137 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.



Fig. 138 —Tavola P focalizzata sull'opera principale dello sbarramento Catania, Cagliari: sequenza di avvicinamento, raffigurazione dello spazio interno e differenti letture percettive. Tre acquerelli documentano l'avvicinamento al bunker da circa 100 m (A1), 40 m (A2) e 15 m (A3); alla vista ravvicinata è associata una palette cromatica (A4). Uno schizzo dell'interno registra lo spazio illuminato mediante una torcia elettrica portatile (B). A fianco, un disegno a pennello su carta grigia restituisce il bunker come appare dalla strada, in scala tonale di grigi (C). In basso, un disegno a inchiostro in bianco e nero mostra il manufatto da un'angolazione differente, accentuandone l'ambiguità percettiva e la possibile assimilazione a una piccola costruzione (D). A1–A3, C e D: Y1.3; A4: Y2.3; B: Y2.2.

CAG_SB01_BKC_2 (39°10'26.70"N 9°02'19.89"E)

Località: Saline Conti Vecchi
Tipologia: BKC poliarma · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: discreta
Quota: 0,73 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: emergente
Camouflage: casetta
Feritoie: 2 **Accesso:** gradini
Settore operativo: N-NO
Classe di Resistenza: medi calibri
Area occupata: 30,9 m²
Pieno/vuoto: 72% / 28%

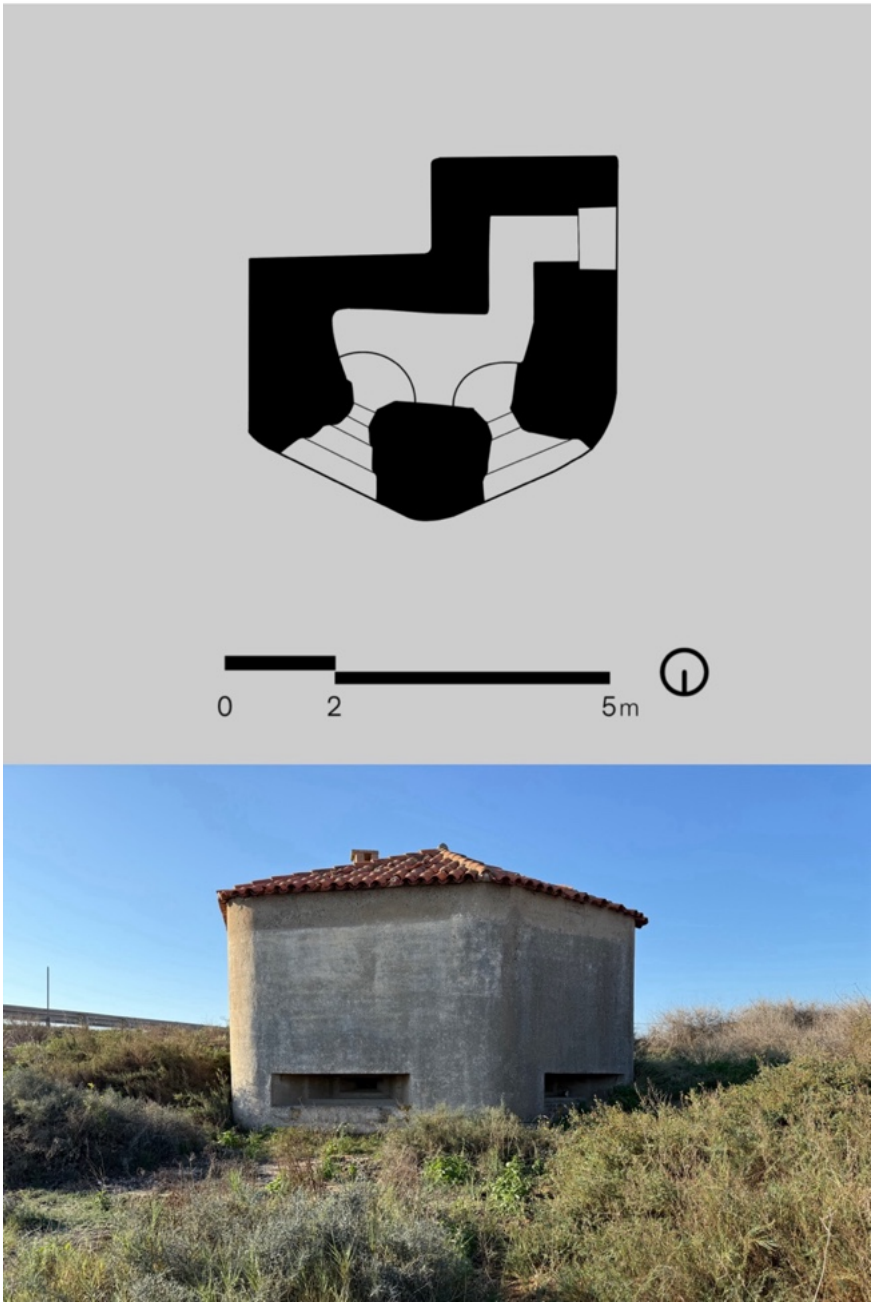


Fig. 139 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

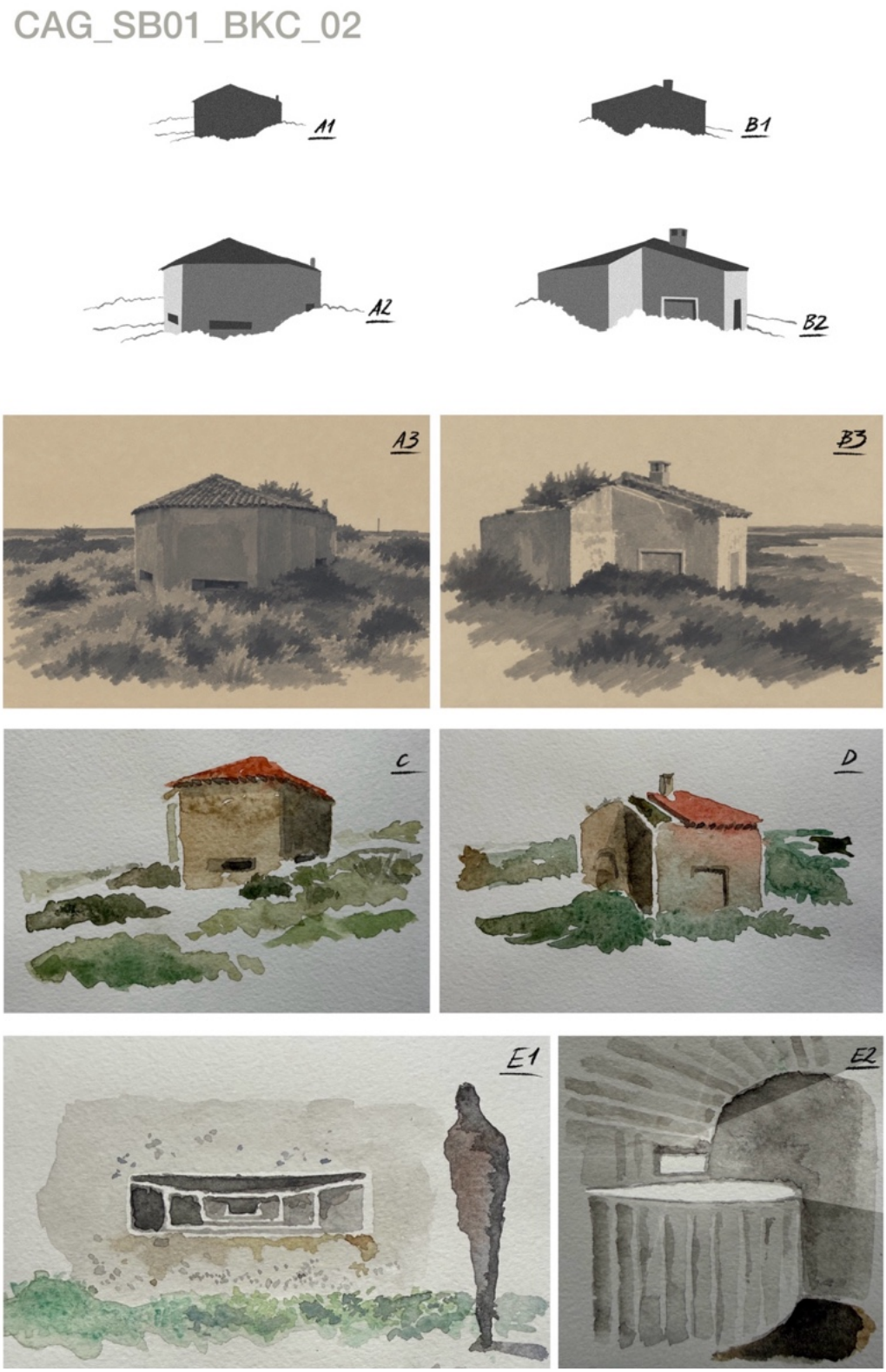


Fig. 140 — Tavola P: riconoscibilità del camouflage edilizio e lettura della feritoia. Due viste esterne del bunker mimetizzato da abitazione sono sviluppate attraverso gradi successivi di definizione. Le silhouette iniziali (A1, B1) riducono il manufatto alla sagoma di una piccola costruzione con tetto a falde; le sintesi tonali digitali (A2, B2) introducono aperture, profili della vegetazione e principali rapporti tra luce e ombra. Gli studi a pennarello su carta beige (A3, B3) approfondiscono la relazione tra volume, vegetazione e contesto, mentre gli acquerelli (A4, B4) registrano cromie, superfici e caratteri del camouflage edilizio. Completano la tavola una vista ravvicinata della feritoia dall'esterno, con figura umana come riferimento di scala (C1), e una restituzione del corrispondente spazio interno protetto (C2). A1–B4: Y1.3; C1–C2: Y3.2.

5.4 — Settore CAP. Atlante delle opere di Capoterra

Il settore di Capoterra viene percorso dalla fascia costiera di Maddalena Spiaggia verso i rilievi dell'entroterra, lungo un arco che raggiunge Baccalamanza. I primi due capisaldi occupavano la pianura prossima al litorale e alle principali direttrici di collegamento con Cagliari: nel CS01 alcune opere sopravvivono, sebbene inglobate entro proprietà private e costruzioni contemporanee, mentre il CS02 risulta completamente perduto. Procedendo verso l'interno, i CS03 e CS04 conservano invece tutti i manufatti documentati nel censimento del 1948 e rendono particolarmente evidente la varietà delle soluzioni di camouflage edilizio-rurale, fra le quali emerge la cosiddetta "finta macina" del CS04 "Gela".
Dal CS05 la sequenza risale progressivamente verso Monte Pauliara e i rilievi di Mason'e Ollastu e Baccalamanza. Il piccolo caposaldo CS05 "Messina" è oggi quasi completamente sottratto alla vista dalla lottizzazione privata; sul rilievo di Monte Pauliara si conserva una articolata batteria dotata di piazzole, riservette, depositi, trincee e strutture di osservazione, comprese componenti ipogee. Più a sud, i CS06 e CS07 chiudono l'arco con gruppi di opere poliarma ancora riconoscibili, nei quali il rapporto con il terreno si accompagna a differenti strategie di mascheramento, comprese soluzioni litiche e simulazioni di strutture rurali.

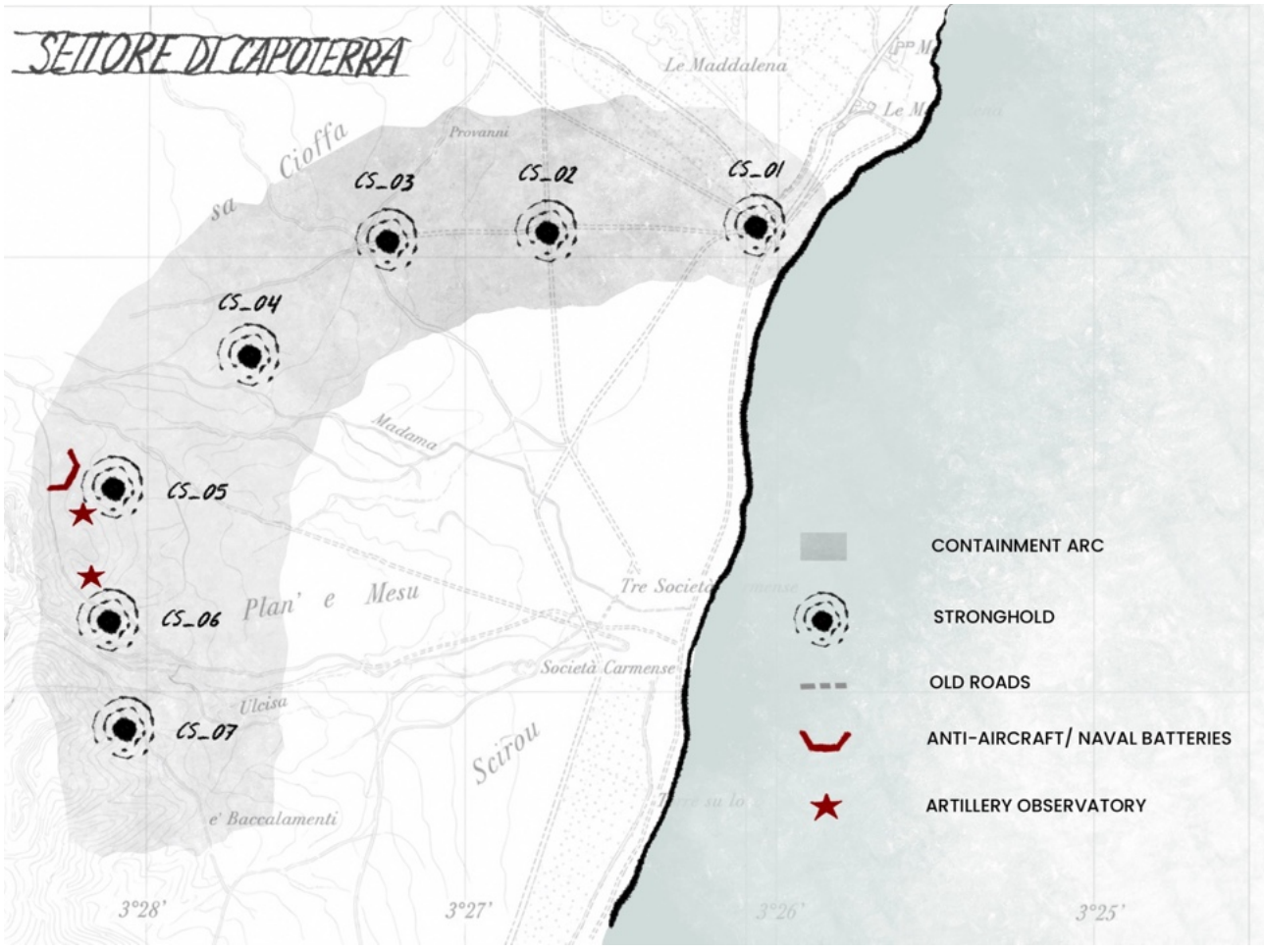


Fig. 141—Tavola di inquadramento territoriale del settore di Capoterra. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.4.1 — CAP_CS01–CAP_CS02

Il caposaldo 01 comprendeva cinque postazioni nell'area di Maddalena Spiaggia e del bivio Cagliari–Capoterra. Tre risultano ancora riconoscibili: una è inglobata nell'area di un ristorante, della quale rimane visibile dalla strada la copertura, mentre due opere più a nord-ovest ricadono entro proprietà private densamente vegetate e non sono accessibili. Delle due postazioni meridionali, una risulta distrutta; la seconda non è stata individuata e potrebbe essere stata inglobata dalle successive costruzioni della fascia costiera. Le cinque opere erano della tipologia poliarma e presentavano differenti soluzioni di camouflage edilizio-rurale.

Il caposaldo 02 presso Podere Vanini comprendeva tre postazioni, riconoscibili nella documentazione cartografica e aerofotografica storica ma oggi completamente scomparse. I sopralluoghi non hanno restituito alcuna permanenza materiale attribuibile con sicurezza al caposaldo; l'area conserva pertanto soltanto la localizzazione delle tre opere storiche, tutte appartenenti al sistema poliarma.

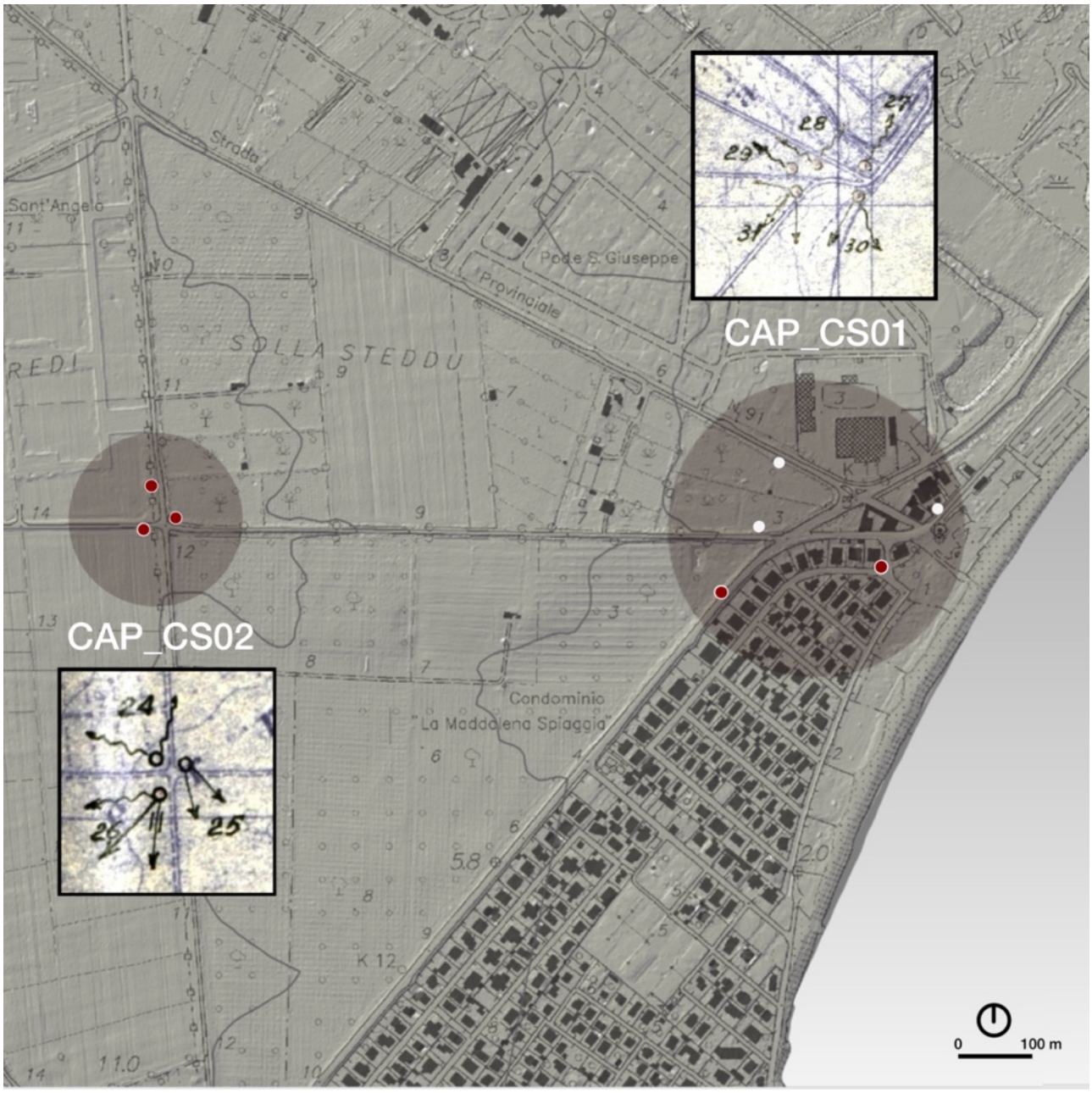


Fig. 142 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.4.2 — CAP_CS03–CAP_CS04

Il **caposaldo 03** conta tre postazioni poliarma lungo la strada Maddalena–Poggio dei Pini; tutte le postazioni documentate nel 1948 sono presenti. La postazione più orientale è accessibile ed è stata direttamente rilevata; le altre due ricadono entro proprietà private e risultano fortemente interferite da costruzioni e riusi edilizi, che rendono meno immediata la lettura dei bunker il cui camouflage è stato compromesso. Le tre opere sono poliarma e la documentazione storica ne attesta il mascheramento attraverso forme riconducibili a piccoli edifici rurali

Il **caposaldo 04 "Gela"** riscontra nel censimento storico quattro postazioni poliarma del caposaldo che sono ancora presenti e appaiono complessivamente in buone condizioni. Tutte sono state documentate durante i sopralluoghi; l'approfondimento metrico ha riguardato in particolare BKC_14, la cosiddetta **"finta macina"**. Il manufatto conserva un elaborato camouflage rurale, costruito attraverso copertura praticabile, scala esterna ed una finta noria realizzata in calcestruzzo posta sulla copertura. Il bunker è stato traslato rispetto alla posizione originaria per evitarne la demolizione durante le trasformazioni della viabilità. Le altre opere documentano soluzioni differenti, comprese dissimulazioni da edificio mentre alcune sono prive di camouflage materico.

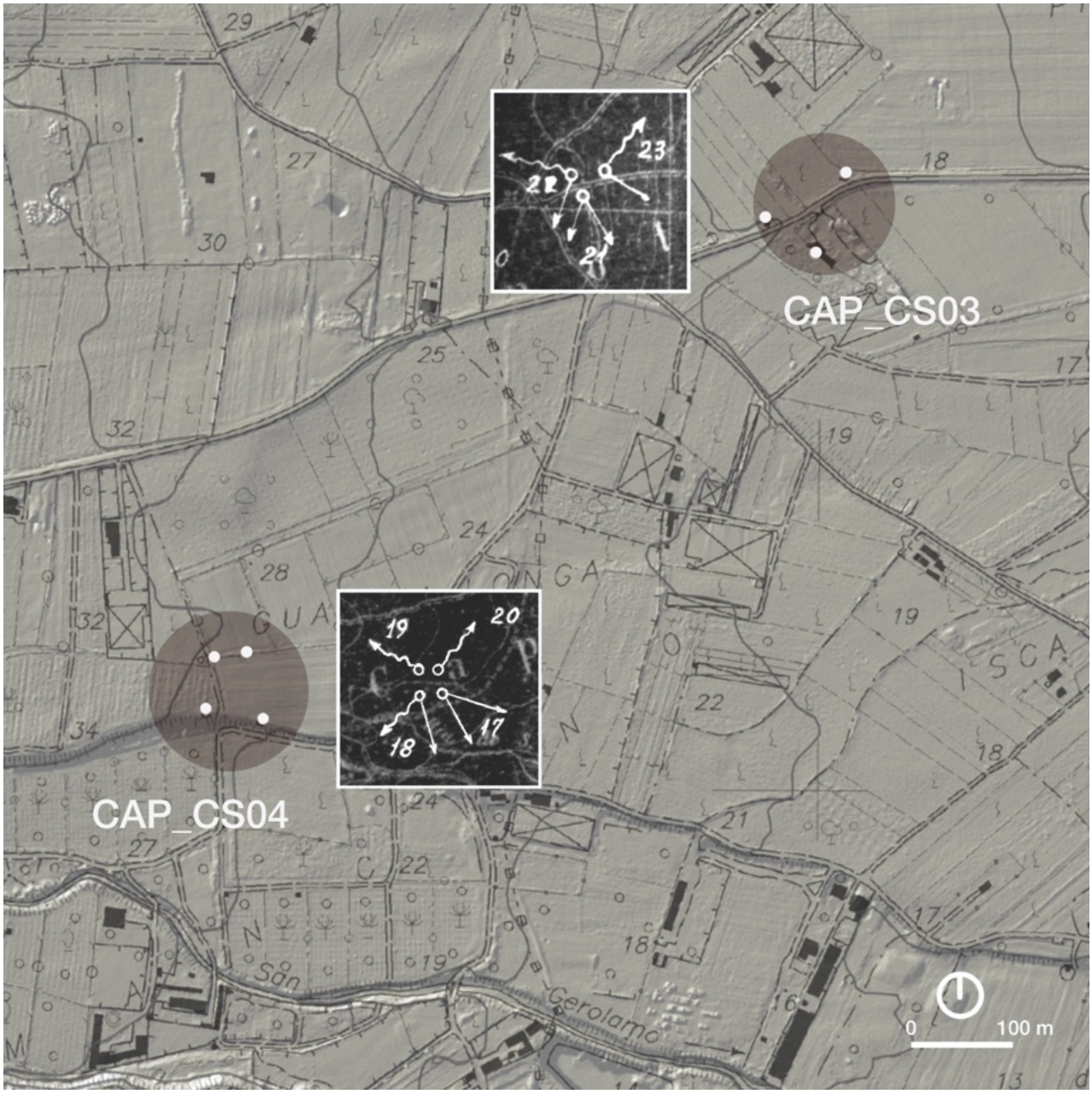


Fig. 143 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.

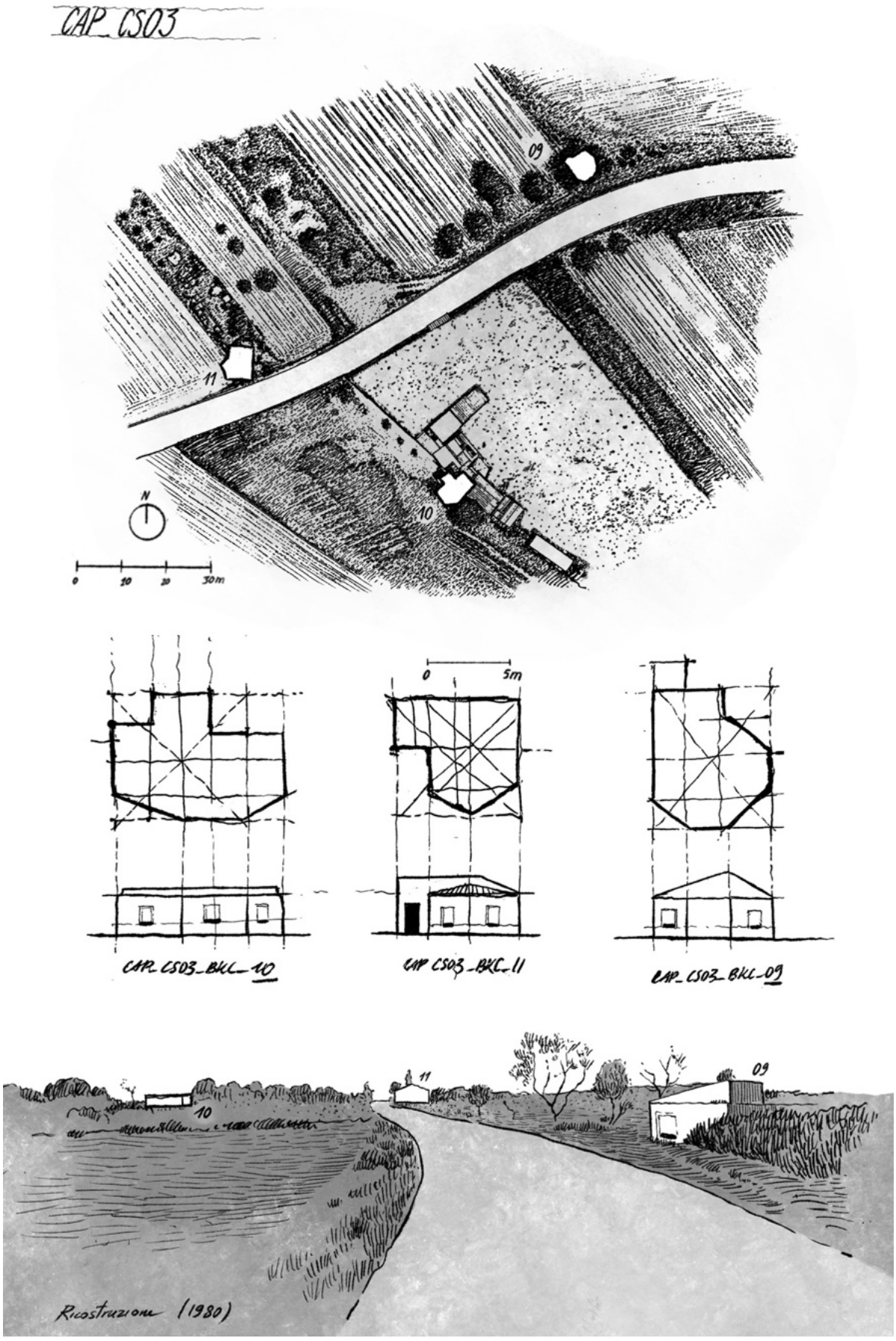


Fig. 144 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno ricostruttivo del caposaldo nel suo assetto del 1980. Elaborazione dell'autore.

CAP_CS03_BKC_09 (39°09'05.87"N 8°59'59.75"E)

Località:
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: discreta
Quota: 18,75 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: casetta colonica
Feritoie: 4 **Accesso:** gradini
Settore operativo: N-S
Area occupata: 36,9 m²
Pieno/vuoto: 57% / 43%

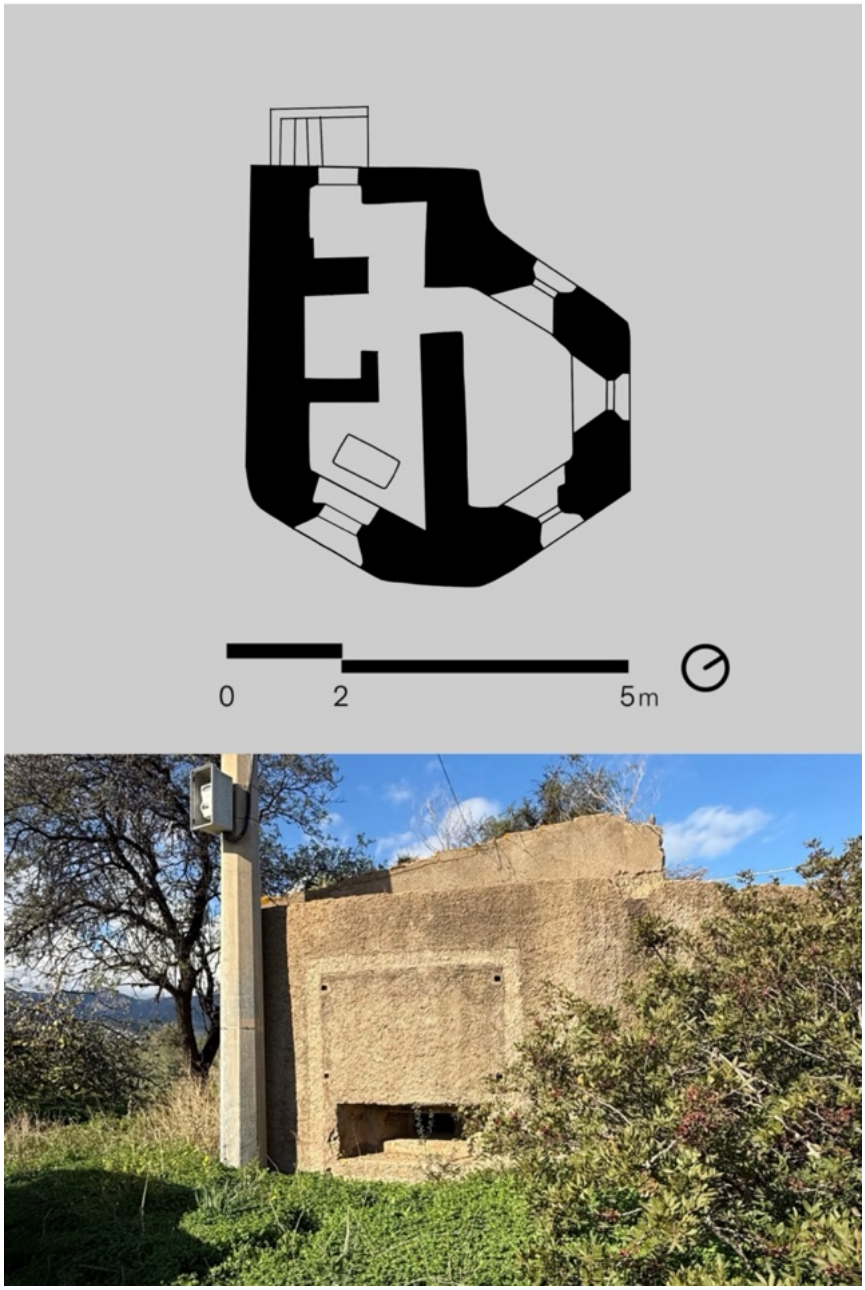


Fig. 145 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.

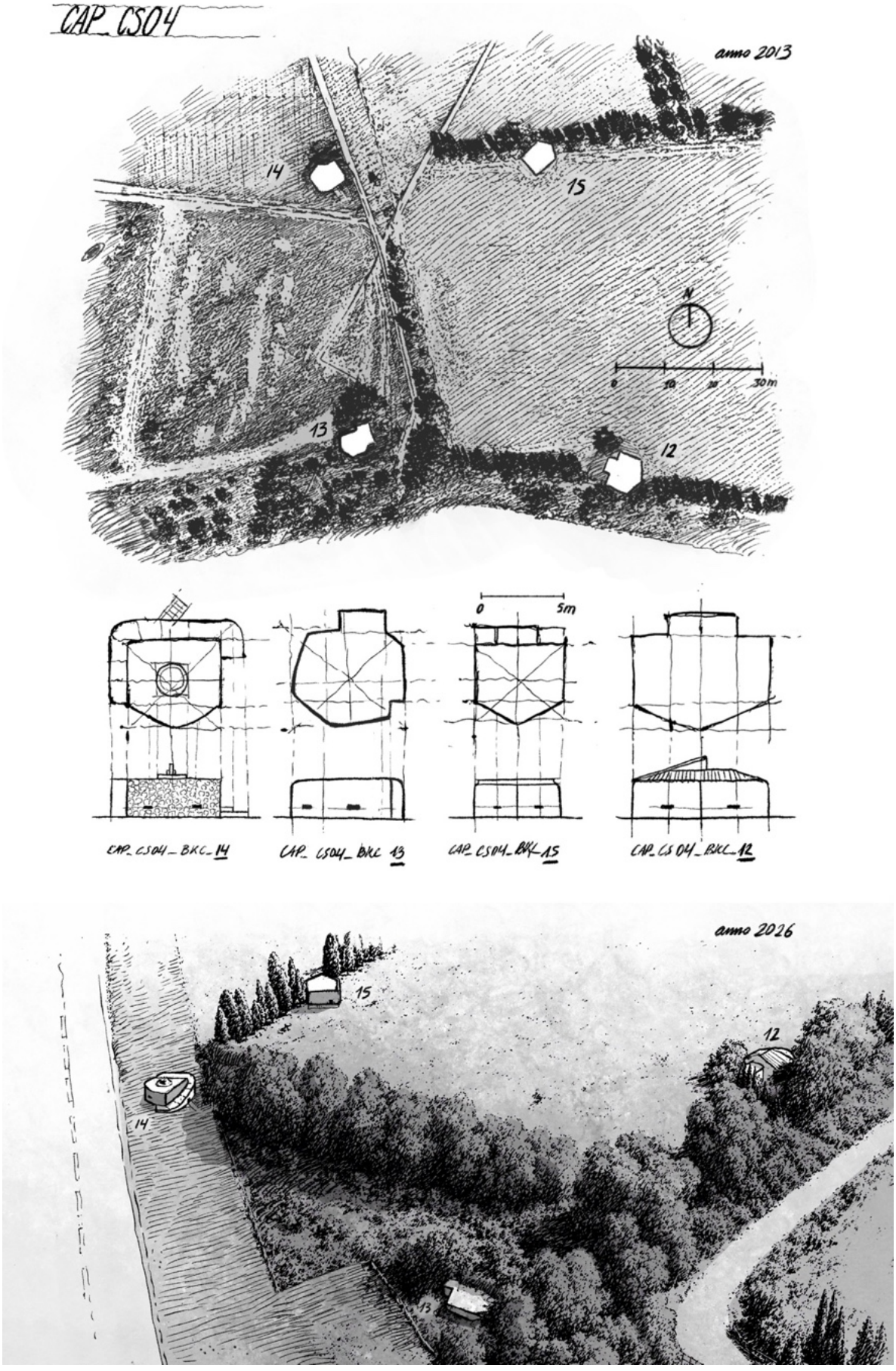


Fig. 146 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello dello stato attuale. Elaborazione dell'autore.

CAP_CS04_BKC_14 (39°08'50.31"N 8°59'33.35"E)

Località: Riu San Girolamo - SS195bis
Tipologia: BKC poliarma · LMG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: buona
Accessibilità: difficile
Quota: 29,92 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: affiorante
Camouflage: noria sarda
Feritoie: 2 **Accesso:** scala
Settore operativo: N-NO
Area occupata: 27,7 m²
Pieno/vuoto: 74% / 26%

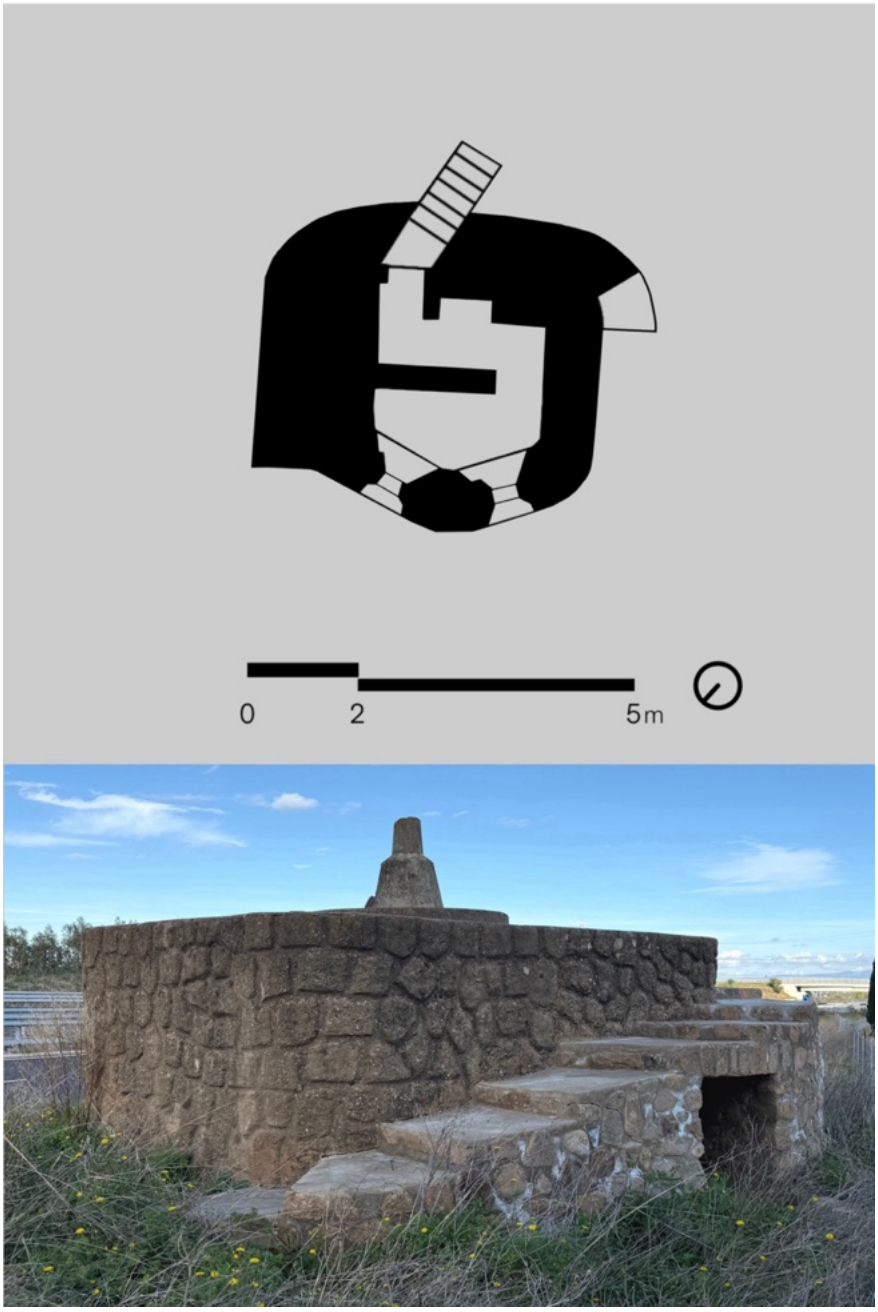


Fig. 147 — Scheda minima BKC. Rilievo, fotografia ed elaborazione dell'autore.



Fig. 148 — CAP_CS04_BKC_14, CAP_CS04 “Gela”, Capoterra. Tavola P di analisi del camouflage e della riconoscibilità del manufatto. La tavola coordina tre modalità di osservazione complementari: la ricognizione zenitale multiscalare verifica la leggibilità del bunker dall’alto nel rapporto con il contesto; la sequenza fotografica alla quota del terreno documenta la progressiva riconoscibilità dell’opera durante l’avvicinamento; la restituzione grafica finale chiarisce il funzionamento del dispositivo mimetico, mettendo in evidenza Elaborazione dell’autore.

CAP_CS04_BKC_14



Fig. 149 — Tavola P: sequenza percettiva del bunker mimetizzato a finta macina. La tavola riunisce una sequenza di avvicinamento lungo il margine della SS 195 bis, con spostamento verso sud-ovest, composta da tre acquerelli eseguiti in situ il 30 novembre 2025, a partire dalle ore 12:30, in condizioni di cielo parzialmente nuvoloso: A1, vista a circa 150 m; A2, vista intermedia a circa 50 m; A3, osservazione ravvicinata a circa 15 m. La sessione in situ si è sviluppata nell'arco di circa un'ora e comprende anche il dettaglio dell'elemento mimetico a finta macina in copertura (B) e una vista dal retro, osservata da circa 10 m, con scala e figura umana come riferimenti dimensionali (D). Lo studio dell'ingresso e dello spazio interno, basato su una fotografia acquisita la sera stessa intorno alle ore 18:00, è realizzato ad acquerello con integrazione di ombre digitali (C). A1–A3 e D: Y1.3; B–C: Y3.2.

Scheda X- Fig. 149

Sequenza percettiva e dispositivo mimetico a finta macina

Localizzazione	Capoterra, margine della SS 195 bis
Soggetto	Bunker mimetizzato a finta macina
Data del sopralluogo	30 novembre 2025
Sessione in situ	Dalle ore 12:30, durata complessiva circa un’ora
Condizioni atmosferiche	Cielo parzialmente nuvoloso
Direzione dell’avvicinamento	Lungo il margine stradale verso sud-ovest
Tecniche	Acquerello su carta; integrazione digitale delle ombre nello studio interno
Studio interno	Da fotografia acquisita la sera stessa, intorno alle ore 18:00

Elaborato	Distanza / condizione	Codice	Tecnica / funzione
A1	circa 150 m	Y1.3	Prima individuazione del manufatto lungo la strada
A2	circa 50 m	Y1.3	Avvicinamento intermedio
A3	circa 15 m	Y1.3	Lettura ravvicinata del volume e del camouflage
B	dettaglio in situ	Y3.2	Elemento mimetico a finta macina in copertura
C	interno; fotografia ore 18:00	Y3.2	Ingresso e spazio interno; acquerello con ombre digitali
D	circa 10 m, vista dal retro	Y1.3	Scala di accesso e figura umana come riferimenti dimensionali

Funzione comparativa. La tavola mette in relazione la progressiva riconoscibilità del manufatto dalla strada, il dettaglio del dispositivo mimetico, la configurazione dell’ingresso e una seconda vista ravvicinata dal retro. La variazione della distanza e del punto di osservazione rende leggibile il passaggio dalla presenza paesaggistica alla struttura architettonica.



Fig. 150 — CAP_CS04_BKC_14, Capoterra: finta macina e ingresso al bunker. Foto dell’autore.

5.4.1 — CAP_CS05–CAP_CS07 e la batteria di monte Pauliara

Il **caposaldo 05 "Messina"** comprendeva due postazioni nell'area Pauliara–Poggio dei Pini, entrambe oggi comprese entro proprietà private distinte. L'opera più settentrionale rimane riconoscibile attraverso la ricognizione satellitare; la seconda non è direttamente leggibile dall'esterno. La trasformazione residenziale ha quindi sostanzialmente sottratto alla percezione il piccolo raggruppamento, pur mantenendone documentabili posizione.

La **batteria di monte Pauliara** conserva un articolato complesso di strutture tra cui piazzole per artiglieria e mitragliatrici, dei depositi, delle riservette per le munizioni, delle trincee e delle strutture di osservazione. Particolarmente significativo è l'osservatorio d'artiglieria ipogeo, organizzato su due livelli con accessi e corridoi scavati nella roccia, un punto di osservazione inferiore e un secondo livello raggiunto attraverso una scala alla marinara. Il complesso mantiene una buona riconoscibilità e il rapporto fra opere, percorsi e rilievo è ancora direttamente percepibile; la presenza del Parco dei Fortini ne ha inoltre introdotto una prima forma di fruizione territoriale (Sanna, Martínez-Medina e Pirinu 2025).

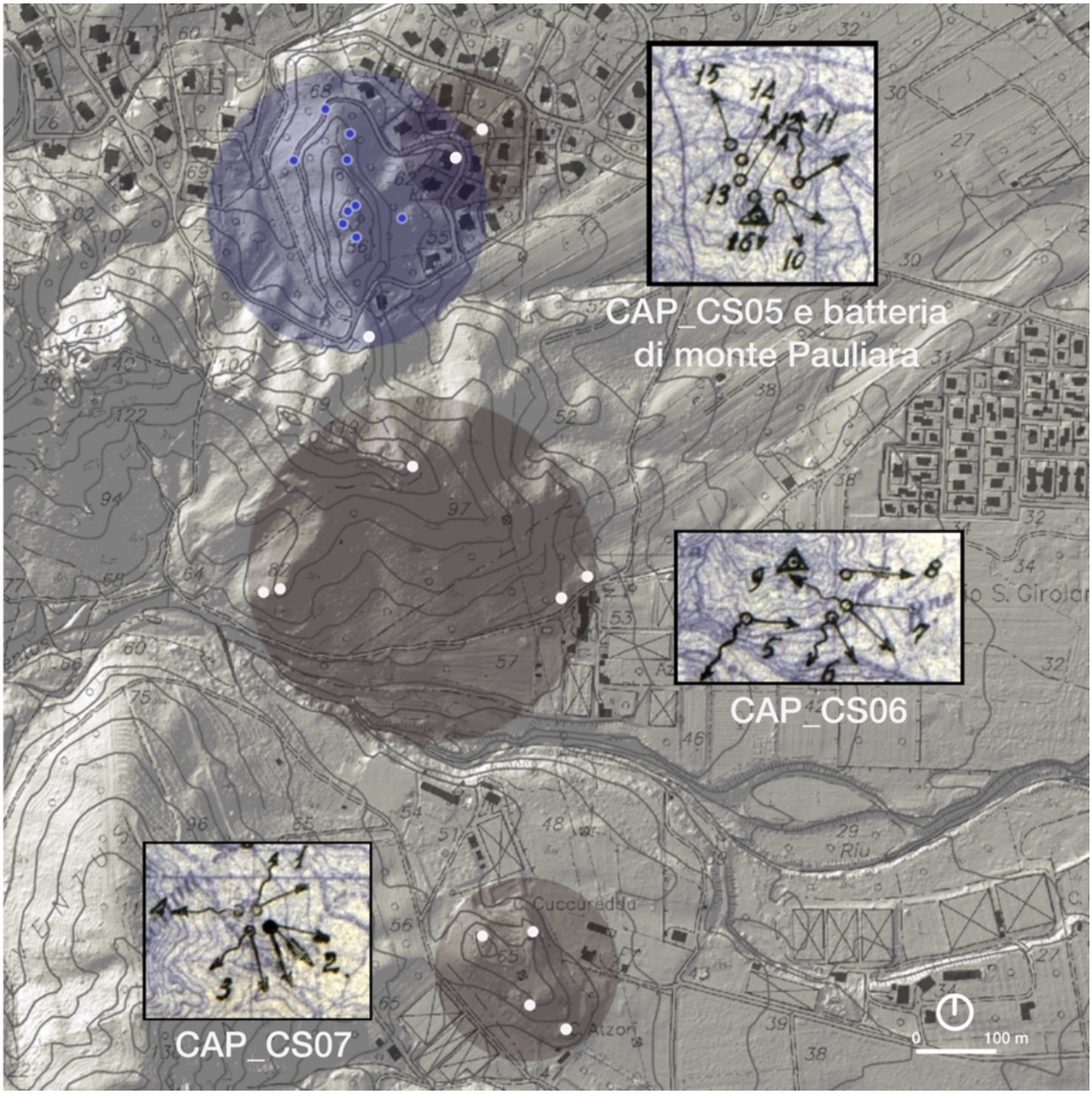


Fig. 151 —Tavola T di inquadramento territoriale delle opere dei caposaldi. Elaborazione dell'autore su base GIS.



Fig. 152 — Fotografie di due componenti della batteria di monte Pauliara: postazione in barbetta e scavo di trincea.

Il **caposaldo 06** si trova nell'area di Plan'e Mesu–Mason'e Ollastu. Sono documentate quattro postazioni principali e una postazione complementare. Il caposaldo non è stato oggetto di rilievo diretto, ma un sopralluogo e la ricognizione zenitale consente di riconoscerne l'impianto e le principali postazioni. La composizione è particolarmente diversificata: comprende una postazione controcarro rivolta verso Plan'e Mesu, opere poliarma con armamenti differenti e due casi caratterizzati da camouflage litico, uno realizzato a imitazione di un banco roccioso e l'altro mascherato mediante pietrame; nelle immediate vicinanze è inoltre attestata una piccola postazione in barbetta.
Il **caposaldo 07 "Ragusa"** chiude l'arco presso Baccalamanza, su un modesto rilievo ai piedi del ciglione di Sa Perd'e Sa Scova. Le quattro postazioni poliarma documentate sono ancora presenti e sono state verificate attraverso ricognizione zenitale e documentazione fotografica dalla distanza, mentre l'accesso diretto è impedito dalla presenza di fondi privati recintati. Le opere presentavano armamenti differenziati, e strategie di camouflage riconducibili al mascheramento con rocce e alla simulazione di edifici civili. Il loro stato attuale richiede tuttavia una verifica ravvicinata prima di precisare la permanenza dei singoli dispositivi mimetici.

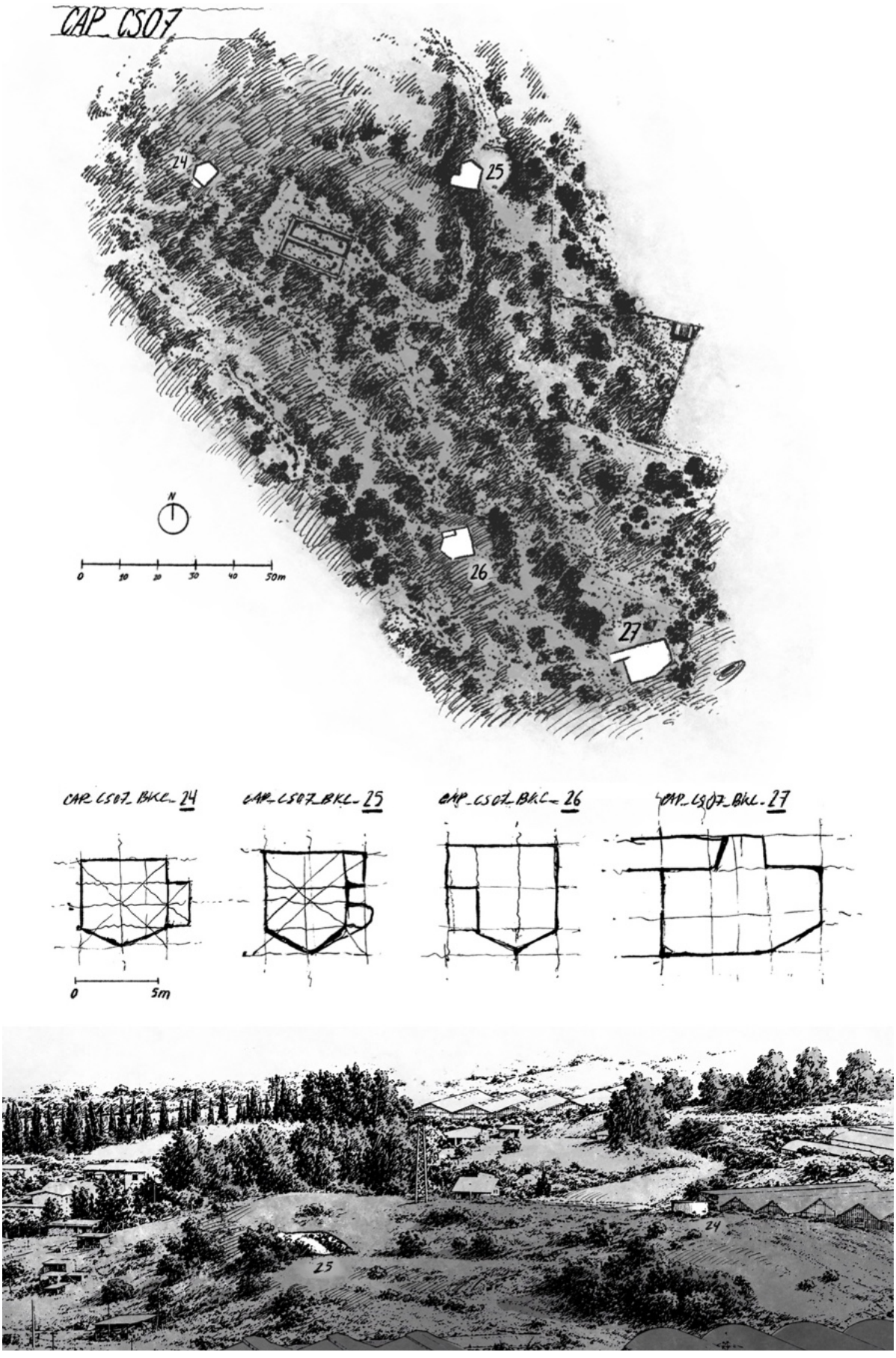


Fig. 153 — Tavola R di lettura del caposaldo mediante vista zenitale, eidotipi in pianta e prospetto e disegno a volo d'uccello. Elaborazione dell'autore.

5.5 — Settore PUL. Margine specialistico del Golfo di Cagliari

Pula conclude la lettura del Golfo di Cagliari secondo una struttura diversa da quella dei tre settori precedenti. Il quadrante sud-occidentale non presenta un arco di contenimento continuo come i sistemi di Quartu Sant'Elena, Cagliari e Capoterra, ma una successione di nuclei specialistici distribuiti fra Capo Pula, Punta Agumu, Perde Sali–Punta Furcadizzu e la direttrice verso Sarroch. Il quadro territoriale comprende batterie, installazioni costiere, strutture della Regia Marina, il sistema di radiolocalizzazione tedesco di Punta Agumu e dispositivi tardivi di sbarramento: elementi distinti per funzione e consistenza, la cui relazione definisce il carattere specialistico del margine di Pula.

All'interno di questo sistema l'Atlante concentra l'approfondimento su due complessi. La batteria antinave **PUL_BA03 "Corrado Boggio"** occupa il margine occidentale del Golfo e si inserisce nella rete delle artiglierie costiere che controllavano lo specchio d'acqua; **PUL_BA04 "C.146"** introduce invece la componente contraerea e la protezione del medesimo quadrante.

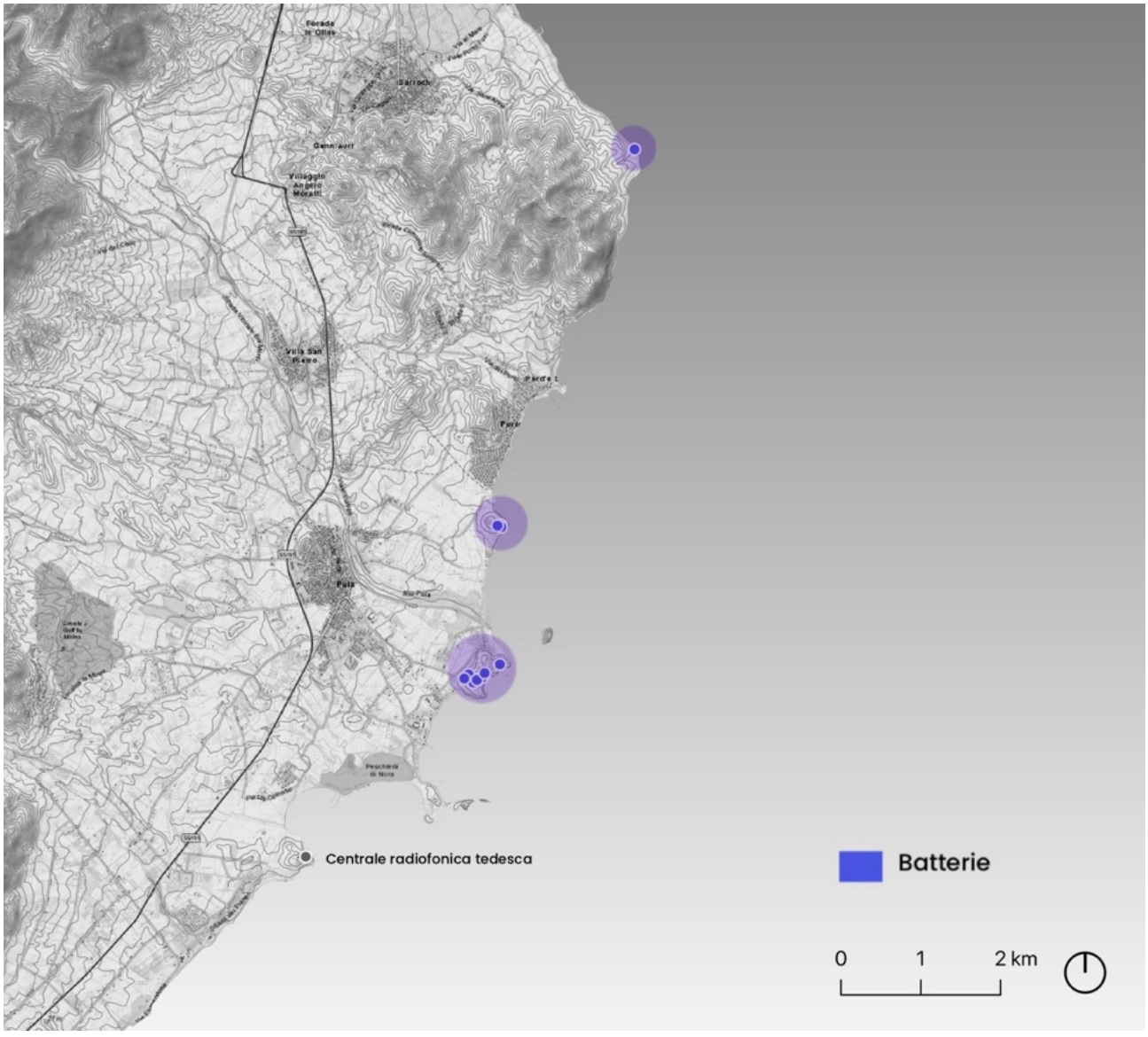


Fig. 154—Tavola di inquadramento territoriale del settore di Pula. Elaborazione dell'autore su base GIS.

5.5.2 — PUL_BA03 “Corrado Boggio”: batteria antinave e chiusura occidentale del Golfo (L2)

La batteria “Corrado Boggio”, sul promontorio di Santa Vittoria, costituisce il polo occidentale del sistema antinave del Golfo di Cagliari, in relazione con le batterie Roberto Prunas e Carlo Faldi. Il nucleo principale comprende quattro postazioni d’artiglieria destinate a pezzi da 152/50, distribuite sul rilievo in posizione dominante rispetto allo spazio acqueo antistante. Il complesso comprende inoltre strutture di osservazione e telemetria, riservette e depositi protetti, casermaggio, una stazione fotoelettrica e una rete di collegamenti interni, con comunicazioni coperte, gallerie e tratti di binario funzionali al movimento dei materiali. La ricognizione diretta e fotografica ha consentito di riconoscere le principali componenti, senza tuttavia produrre un rilievo metrico unitario dell’intera batteria.



Fig. 155 — PUL_BA03 “Corrado Boggio”, Pula. Tavola T di inquadramento (elaborazione GIS dell’autore) e fotografia di una piazzola di artiglieria (scatto di Daniele Grioni).

5.5.3 — PUL_BA04 “C.146”: batteria antiaerea e protezione del margine specialistico (L1–L2)

La batteria C.146 rappresenta la componente contraerea del settore di Pula e integra la protezione del nodo della Corrado Boggio. Le fonti disponibili la associano a pezzi da 76/40; a differenza delle batterie organizzate mediante piazzole separate, il complesso presenta una configurazione compatta, costituita da un corpo edilizio principale sul quale si innestano le postazioni armate in copertura.

L’edificio è costituito da un volume basso, con coperture debolmente inclinate e una costruzione eterogenea in laterizio, pietrame, malta e componenti in calcestruzzo.

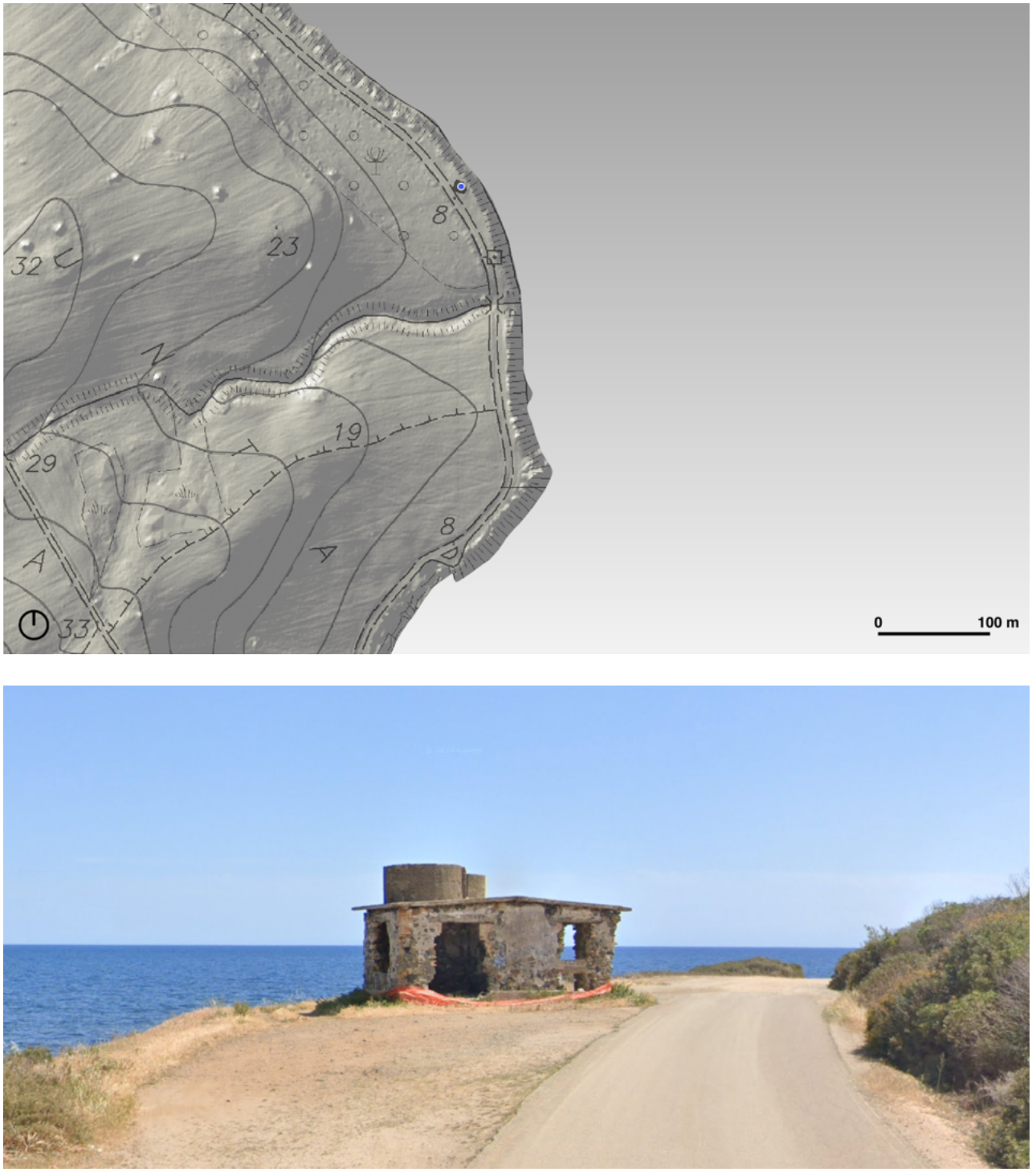


Fig. 156 — PUL_BA04 “C.146”, Pula. Tavola T di inquadramento e fotografia della struttura in stato di degrado (elaborazione GIS e fotografia dell’autore).

CAPITOLO 6
Genealogia dei bunker del sistema sardo: tipologie e confronti mediterranei

Parte I — Tipologie e genealogia del bunker in Sardegna

6.1 — Costruzione della tassonomia architettonica

6.1.1 — Dall'infrastruttura conoscitiva alla lettura architettonica

La tassonomia sviluppata in questo capitolo ricompone i livelli di conoscenza costruiti nel corso della ricerca. Le fonti archivistiche hanno restituito il quadro storico e tecnico della fortificazione; il censimento e il GIS ne hanno ordinato consistenza e distribuzione regionale; il Capitolo 4 ha interpretato le opere entro la struttura territoriale del sistema sardo; i rilievi e le restituzioni del Capitolo 5 ne hanno approfondito la configurazione architettonica nel Golfo di Cagliari. Su questa base, il Capitolo 6 passa dal riconoscimento inventariale dei manufatti alla definizione delle famiglie morfo-funzionali e delle relazioni genealogiche che le collegano. La tassonomia costituisce pertanto l'esito integrato di fonti, scale e forme di rappresentazione differenti.

L'identificazione di un manufatto come bunker da combattimento in calcestruzzo armato rappresenta già un primo atto classificatorio, ma non ne esaurisce l'interpretazione. Il censimento distingue la funzione generale delle opere — combattimento, osservazione, direzione del tiro, protezione passiva, supporto o postazione campale — e delimita il corpus; la lettura architettonica precisa invece come l'armamento sia accolto e reso operativo, quale rapporto intercorra tra camere, feritoie, accessi e spazi serventi e secondo quali regole tali componenti vengano aggregate. La classe inventariale ordina quindi la natura dell'opera, mentre la tassonomia morfo-funzionale ne interpreta l'organizzazione.

Il censimento esteso alla Sardegna permette di misurare la diffusione delle configurazioni e di collocare il corpus del Golfo entro un repertorio più ampio. La ricognizione territoriale, il confronto con le fonti, l'osservazione delle impronte zenitali e la documentazione fotografica restituiscono una conoscenza a risoluzione regionale, sufficiente a riconoscere forme ricorrenti, distribuzioni e diversi gradi di stabilità. Nel Golfo di Cagliari, la densità dei capisaldi, la varietà delle opere, la disponibilità documentaria e l'estensione delle campagne di rilievo consentono un approfondimento architettonico più sistematico. I riscontri condotti in altri settori, tra cui quello oristanese, verificano la persistenza delle matrici e segnalano ulteriori configurazioni da approfondire.

La campagna nel Golfo non ha selezionato pochi esemplari assunti a priori come rappresentativi, ma ha perseguito, nei limiti imposti da accessibilità, conservazione e leggibilità, la copertura più estesa possibile dei bunker rilevabili. La reiterazione del rilievo assume particolare valore nelle famiglie maggiormente stabilizzate: manufatti riconducibili alla stessa matrice possono differire per numero e disposizione delle feritoie, configurazione dell'accesso, posizione delle riservette o degli spazi serventi, distribuzione degli spessori e rapporto con la quota del terreno. Tali scarti non producono automaticamente nuove famiglie, ma permettono di distinguere i caratteri invarianti dalle varianti distributive, balistiche e costruttive e, quindi, il tipo dal singolo esemplare.

La classificazione fine richiede una pianta verificabile. Il rilievo rende confrontabili geometria, spessori, articolazione distributiva e relazioni funzionali di organismi che, sul posto, risultano spesso leggibili soltanto per frammenti a causa dell'interramento, delle occlusioni, del degrado o delle trasformazioni successive. Le restituzioni vengono ricondotte a condizioni omogenee di scala, orientamento e convenzione grafica, conservando le irregolarità che appartengono al manufatto. La forma planimetrica acquista valore tipologico quando viene correlata con l'organizzazione interna, l'armamento, le feritoie, gli accessi, i vani serventi e il rapporto con il suolo.

Su queste basi, la genealogia può considerarsi consolidata nelle famiglie principali riconosciute nel Golfo e verificate nel repertorio regionale. Rimane aperta alla precisazione di ulteriori varianti, soprattutto nei settori di Oristano, Santa Caterina e Portoscuso, dove la presenza di configurazioni poliarma non documentate mediante rilievo interno impedisce attribuzioni altrettanto approfondite. Il database recepisce progressivamente gli esiti di questa lettura, rendendo interrogabili famiglie, varianti e gradi di attendibilità: non determina la genealogia, ma ne situa i risultati entro la consistenza regionale del patrimonio e ne garantisce verificabilità e aggiornamento.

6.1.2 — Fonti documentarie, rilievo e verifica tipologica

Il rapporto tra fonte documentaria e rilievo emerge con particolare evidenza dal confronto tra la ricognizione militare del 1948 e il censimento sviluppato nella presente ricerca. Le due operazioni rispondono a finalità differenti: la prima era orientata a riconoscere la consistenza residua dell'apparato e a valutarne l'eventuale reimpiego; la seconda assume obiettivi storico-architettonici, tipologici e patrimoniali. Entrambe muovono tuttavia dalla localizzazione delle opere, ne verificano la configurazione materiale e ricompongono i singoli manufatti entro il sistema difensivo. La ricognizione postbellica costituisce così una fonte sul costruito e, insieme, un precedente atto di conoscenza fondato sull'integrazione tra documentazione, osservazione diretta e rappresentazione.

Il corpus del 1948 opera a due scale complementari. Le cartografie dei sistemi di Cagliari e Oristano — comprendenti, nel primo ambito, anche il settore di Quartu Sant'Elena — registrano archi di contenimento, difese costiere, capisaldi di sbarramento, batterie e principali strutture connesse. Posizioni, raggruppamenti, direzioni di tiro e armamenti attribuiti permettono di ricostruire la consistenza del dispositivo allora riconosciuto. Le indicazioni riguardanti gli armamenti documentano l'attribuzione formulata dai compilatori, ma non distinguono sempre tra presenza effettiva dell'arma, identificazione attraverso tracce materiali e informazione derivata dalla documentazione militare.

Alla scala del manufatto interviene il fascicolo *Tipi di opere di fortificazione esistenti in Sardegna* (figg. 1-2*)*, conservato presso l'Archivio del XIV Reparto Infrastrutture di Cagliari. Le tavole comprendono piante, sezioni, quote, materiali, classi di resistenza e armamenti relativi a una selezione di opere. Il titolo del fascicolo, la cronologia, il carattere metrico degli elaborati e le corrispondenze riscontrate sul campo consentono di interpretarli come rilievi postbellici di manufatti esistenti. La denominazione «tipo» documenta l'ordinamento tecnico adottato dal Genio nel 1948 e può conservare nomenclature precedenti, ma non identifica di per sé il progetto o il prototipo impiegato durante la costruzione.

Il fascicolo seleziona configurazioni differenti — opere controcarro in casamatta e in barbetta con ricovero, postazioni leggere assimilabili ai Tobruk, nuclei resistenti, organismi pluriferitoia, ricoveri tubolari, casermette e strutture articolate su più livelli — costruendo un campione tecnico funzionale alla ricognizione. Le corrispondenze verificate riconducono la parte prevalente dei bunker rappresentati al Golfo di Cagliari: tra i casi più stabili figurano i Tobruk CAG_CS06_BKC_37 e CAG_CS08_BKC_45, la postazione controcarro in barbetta con ricovero del CAG_CS01 "Pachino", il nucleo fisso QSE_DC_BKC_16, la casamatta controcarro QSE_CS19_BKC_72 "Carcangiolas" e l'opera principale dello sbarramento CAG_SB02 "Catania". Almeno una casamatta controcarro resta invece priva di un'attribuzione territoriale definitiva.

Il confronto con il costruito chiarisce insieme portata e limite della fonte. Le tavole documentano opere specifiche in una fase ancora prossima alla loro realizzazione e forniscono dati essenziali su configurazione, resistenza e funzione; il loro carattere selettivo non restituisce l'intera variabilità degli accessi, degli spessori, delle feritoie, dei vani annessi e degli adattamenti al terreno. Il rilievo contemporaneo integra il campione del 1948, controlla le identificazioni e distingue le configurazioni ricorrenti dalle varianti locali e dai casi singolari.

La serialità del costruito e i parametri registrati nella documentazione tecnica attestano l'esistenza di matrici progettuali e standard costruttivi anteriori alla ricognizione postbellica, il cui repertorio originario non è stato finora recuperato in modo sistematico. La ricerca procede pertanto su due direzioni complementari: il rilievo estensivo ricostruisce la varietà effettivamente messa in opera; l'indagine presso AUSSME, Ufficio Storico della Marina Militare, Istituto Storico e di Cultura dell'Arma del Genio e altri archivi ricerca progetti, istruzioni costruttive e documenti di cantiere capaci di chiarirne la genesi. La tassonomia deriva dalla correlazione critica tra modello progettuale, manufatto costruito, classificazione postbellica e interpretazione contemporanea.



Fig. 1 — *In alto: Frontespizio del fascicolo* Tipi di opere di fortificazione esistenti in Sardegna contenente i rilievi postbellici del 1948. In basso: pianta di una postazione controcarro in casamatta, un esempio di documentazione tecnica del censimento delle opere. Archivio del XIV Reparto Infrastrutture di Cagliari in Viale Poetto.

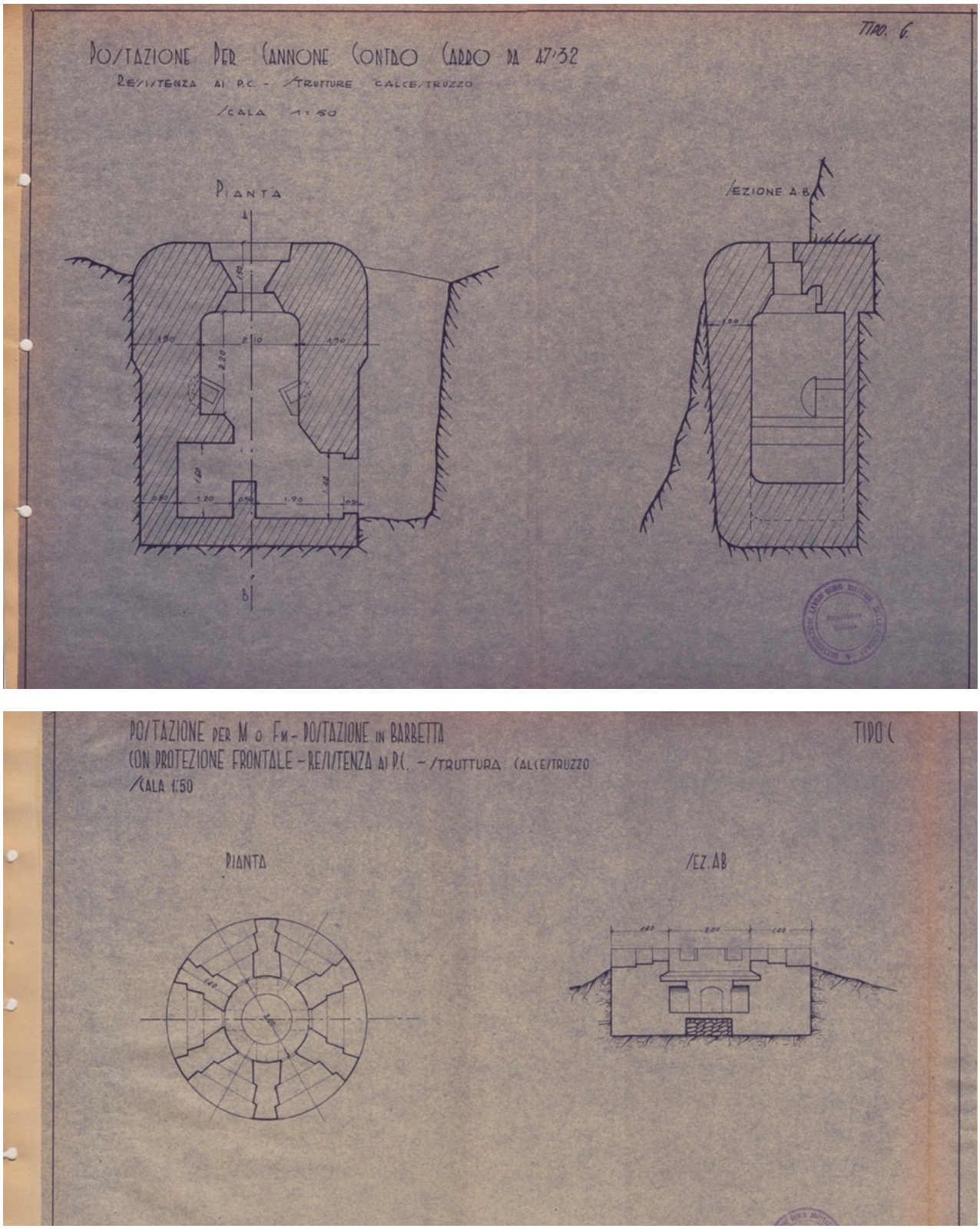


Fig. 2 — In alto «Postazione per cannone (controcarro) da 47/32», tipo G. Le configurazioni trovano riscontro nella postazione in barbetta con ricovero del CAG_CS01 "Pachino" e nella casamatta QSE_CS19_BKC_72 "Carcangiolas". Sottodirezione Autonoma Lavori del Genio Militare della Sardegna, 1948. Archivio del XIV Reparto Infrastrutture, Cagliari. In basso: Tavola denominata «Postazione per M. o F.M. – postazione in barbetta con protezione frontale», tipo C. La configurazione trova confronto con alcune postazioni rilevate nel settore di San Michele a Cagliari, tra cui CAG_CS06_BKC_37 e CAG_CS08_BKC_45. Sottodirezione Autonoma Lavori del Genio Militare della Sardegna, 1948. Archivio del XIV Reparto Infrastrutture, Cagliari.

6.1.3 — La sequenza grafico-analitica per il riconoscimento tipologico

Il passaggio dalle fonti e dal rilievo alla tassonomia si costruisce attraverso una sequenza di operazioni (fig. 3) grafiche correlate. Il Capitolo 3 ne definisce procedure, convenzioni, condizioni di applicazione e limiti; in questa sede la sequenza viene considerata per la sua funzione classificatoria. Il disegno alterna formulazione dell'ipotesi, controllo metrico, riduzione analitica e ricomposizione funzionale, trasformando il manufatto rilevato in una struttura comparabile. Il suo valore non risiede nella trascrizione dell'oggetto, ma nella capacità di selezionare e mettere in relazione i caratteri discriminanti dell'organismo difensivo (Evans, 1995; Docci & Chiavoni, 2017).

L'eidotipo planimetrico costituisce il primo livello di questa trasformazione. Redatto durante il sopralluogo, fissa proporzioni, assialità, direzioni prevalenti e relazioni iniziali tra accessi, feritoie, vani e terreno, orientando le operazioni di misura. Quando l'opera non è accessibile, la stessa funzione può essere assunta da uno schema interpretativo derivato da ortofoto, viste zenitali o documentazione fotografica a scala controllata. In questi casi l'elaborato formula un'ipotesi da verificare e mantiene esplicita la propria derivazione indiretta. Il riconoscimento delle monoarma poligonali pluriferitoia di Porto Pino, per esempio, è maturato attraverso la correlazione tra impronta planimetrica e documentazione fotografica, distinguendo la configurazione ricostruita dalle piante ottenute mediante rilievo diretto.

La restituzione metrica stabilizza l'ipotesi iniziale. Dimensioni, spessori, configurazione dei vani, orientamento delle feritoie e sviluppo di accessi, scale, rampe e corridoi consentono di confermare o correggere le relazioni anticipate. La messa in serie normalizza scala, orientamento e convenzioni grafiche senza regolarizzare i manufatti: asimmetrie, deformazioni costruttive e adattamenti locali vengono conservati quando incidono sull'organizzazione dell'opera. Il confronto registra inoltre il diverso statuto delle evidenze, distinguendo piante derivate da rilievo diretto, restituzioni parziali e schemi fondati su fonti indirette.

Dalla base metrica derivano riduzioni analitiche complementari. Lo schema geometrico-proporzionale verifica figure elementari, assi, simmetrie, sfaccettature e modalità di aggregazione; la silhouette isola l'impronta esterna e rende confrontabili compattezza, allungamento e sviluppo radiale o direzionale; lo schema dello spazio praticabile evidenzia continuità, diramazioni e strozzature dei vani; il diagramma massa–vuoto ricompone cavità e corpo resistente, mostrando la distribuzione degli spessori rispetto allo spazio disponibile. Nessuno di questi elaborati determina autonomamente il tipo: la loro correlazione permette di distinguere analogie di sagoma, matrici compositive e organizzazioni interne differenti.

Lo schema distributivo-funzionale riassocia alle parti riconosciute il rispettivo ruolo. Accesso e lato protetto, dispositivi di collegamento, camere operative, ricoveri, riservette, vani serventi, feritoie e direzioni di tiro vengono letti come componenti coordinate. La relazione tra geometria delle camere, conformazione delle aperture, tracce interne e dati documentari permette di definire gli armamenti e, soprattutto, di verificare se la pluralità delle feritoie corrisponda a più cellule operative oppure a una sola camera utilizzata verso settori differenti.

Sezioni, prospetti e restituzioni tridimensionali intervengono come strumenti di controllo e ricomposizione. Le sezioni verificano interramento, dislivelli, coperture e successione verticale degli ambienti; i prospetti chiariscono la massa emergente e il rapporto tra forma resistente, forma apparente e terreno; gli spaccati assonometrici rendono leggibili gli organismi interrati, composti o distribuiti su quote differenti. La pianta mantiene il ruolo di base primaria della comparazione morfologica e funzionale, mentre gli alzati e tridimensionali ne verificano e completano l'interpretazione spaziale.

La sequenza procede pertanto dall'ipotesi alla misura, dalla misura alla scomposizione e dalla scomposizione alla correlazione funzionale. Applicata al singolo manufatto, produce una sintesi controllata delle evidenze; estesa alla serie, permette di riconoscere famiglie e varianti e di compiere il passaggio dalla classificazione documentaria alla tassonomia critica.

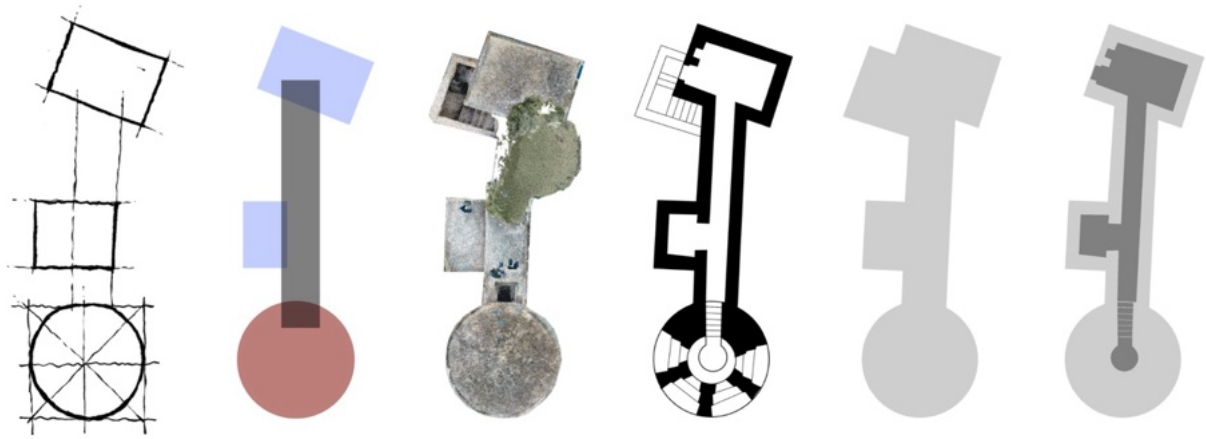


Fig. 3 — Sequenza grafica di studio applicata al riconoscimento tipologico. Da sinistra verso destra: schema geometrico-proporzionale, schema distributivo-funzionale, pianta delle coperture, pianta restituita, silhouette dell'impronta del manufatto, e diagramma massa–vuoto. Rilievi, disegni ed elaborazione grafica dell'autore.

6.1.4 — Rapporto pieno/vuoto e indice di compattezza planimetrica

Il diagramma massa–vuoto introdotto nella sezione precedente isola la ripartizione dell'impronta planimetrica tra massa costruita e spazio praticabile. Nei bunker tale relazione assume un significato specificamente architettonico: mostra quanta parte della superficie venga destinata all'involucro, ai setti e agli spessori necessari per proteggere e organizzare camere di tiro, ricoveri, riservette e percorsi. Il diagramma rende visibile questa distribuzione; l'indice di compattezza planimetrica ne fornisce una misura confrontabile.

Il parametro riprende l'«indice de compacidad» definito da Andrés Martínez-Medina come quoziente tra la superficie occupata dai muri in pianta e la superficie complessiva della difesa (Martínez-Medina, 2025, p. XLVII). Il repertorio alicantino del 2016 ne costituisce il precedente tipologico, mentre la successiva documentazione del Clot de Galvany ne amplia l'applicazione a manufatti differenti per forma, dimensione e organizzazione interna (Martínez-Medina, 2016; Martínez-Medina et al., 2026). Nel presente studio l'indice viene normalizzato in relazione ai caratteri costruttivi e distributivi dei bunker sardi.

Sono considerate tre grandezze:

- **SC** = superficie complessiva del corpo difensivo compresa nel perimetro analitico;
- **SM** = superficie equivalente occupata dalla massa muraria costruita;
- **SU** = superficie utile praticabile, coperta o scoperta, compresa nel medesimo perimetro.

Tra le tre grandezze vale la relazione:

La superficie costruita complessiva SC è data dalla somma della superficie muraria SM e della superficie utile SU:

$$SC = SM + SU$$

L'indice di compattezza planimetrica è definito come:

$$ICP = \frac{SM}{SC}$$

Espresso in forma percentuale:

$$ICP(\%) = \frac{SM}{SC} \times 100$$

La quota percentuale complementare dello spazio utile è quindi:

$$\frac{SU}{SC} \times 100 = 100 - ICP(\%)$$

Il diagramma massa–vuoto, l'ICP e la ripartizione percentuale pieno/vuoto descrivono la stessa configurazione attraverso registri differenti. Il primo costituisce l'elaborato grafico; il secondo misura l'incidenza della massa sulla superficie complessiva; la coppia percentuale comunica la distribuzione complementare fra massa e spazio utile. Una superficie complessiva di 34,5 m², composta da 19,3 m² di massa muraria e 15,2 m² di spazio utile, restituisce un ICP del 55,9% e una quota praticabile del 44,1%, sintetizzabili nella forma 56/44. SC, SM e SU devono essere conservate insieme al valore percentuale, poiché permettono di verificare il calcolo e distinguere manufatti dimensionalmente diversi che presentano una ripartizione analoga. La coppia pieno/vuoto non coincide con il quoziente diretto SM/SU. Nell'esempio precedente quest'ultimo sarebbe pari a circa 1,27 e indicherebbe che a ogni metro quadrato praticabile corrispondono 1,27 m² di massa muraria. Per evitare sovrapposizioni terminologiche, nel presente studio «ripartizione percentuale pieno/vuoto» identifica la coppia complementare riferita a SC, mentre «indice di compattezza planimetrica» indica esclusivamente l'incidenza percentuale di SM.

Il significato dell'indice è morfologico e distributivo. Valori elevati indicano che una quota maggiore dell'impronta viene assorbita dalla massa costruita, contraendo proporzionalmente lo spazio praticabile; valori inferiori corrispondono a una maggiore incidenza di camere, ricoveri, corridoi e vani serventi. La dimensione assoluta del manufatto non determina quindi il risultato: una cellula minima avvolta da uno spesso involucro può presentare un ICP elevato, mentre un organismo più esteso e articolato può destinare una parte proporzionalmente maggiore della propria superficie allo spazio interno.

La comparabilità dipende dalla delimitazione costante del corpo sottoposto al calcolo. Il perimetro analitico comprende il nucleo operativo e gli elementi costruiti che delimitano direttamente i suoi spazi; esclude appendici esterne, protezioni naturali e sovrastrutture che non partecipano alla configurazione dello spazio praticabile.

Elemento	Trattamento	Criterio
Camere operative, ricoveri, riservette e vani serventi	Inclusi in SU	Costituiscono spazio praticabile
Corridoi, tunnel, rampe e scale interne protette	Inclusi in SU	Appartengono alla struttura distributiva del bunker
Involucro, setti e murature interne	Inclusi in SM	Costituiscono la massa costruita e compartimentano gli spazi
Porte e passaggi a tutta o quasi tutta altezza	Inclusi in SU	Interrompono sostanzialmente la continuità verticale della parete
Feritoie e aperture di tiro di altezza limitata	Normalizzate in SM	Conservano massa costruita sopra e sotto l'apertura
Pozzi di tiro, barbette e camere operative scoperte delimitate	Inclusi in SC come SU	Appartengono alla cellula armata pur essendo privi di copertura
Rampe e scale esterne di accesso	Escluse da SC	Precedono il nucleo protetto
Alette controterra che non delimitano spazi praticabili	Escluse da SC e SM	Rafforzano o raccordano l'opera senza definire spazio interno
Terreno, roccia e riporti	Esclusi	Partecipano alla protezione ma non costituiscono massa costruita
Rivestimenti e sovrastrutture esclusivamente mimetiche	Esclusi quando distinguibili	Appartengono alla forma apparente e non al nucleo resistente

Tab. 1 — Convenzioni adottate per la costruzione del diagramma massa–vuoto e il calcolo dell'ICP.

Il trattamento delle feritoie costituisce la principale convenzione di normalizzazione. L'apertura produce una sottrazione locale di materiale, ma la sua altezza limitata conserva generalmente calcestruzzo sopra e sotto il vano di tiro; nella pianta analitica viene pertanto assorbita nella massa equivalente. La convenzione non nega la discontinuità materiale e la vulnerabilità localizzata dell'apertura, che restano leggibili attraverso spessore, geometria, orientamento e relazione con l'arma. Le aperture eccezionalmente ampie devono essere valutate in rapporto alla loro configurazione verticale e registrate come scarto rispetto alla regola generale.

La presenza di una copertura non determina da sola l'inclusione nel corpo analizzato. Rampe e scale esterne vengono escluse perché precedono il nucleo protetto; pozzi di tiro, barbette e camere aperte dei Tobruk appartengono invece alla cellula armata e, quando il loro limite planimetrico è verificabile, vengono comprese in SC come spazio utile. In assenza di un perimetro determinabile, oppure quando crolli e interramenti impediscono di ricostruirlo con sufficiente attendibilità, l'indice non viene calcolato.
Il valore deve riferirsi alla configurazione documentata dal diagramma. Parti crollate, sepolte o non accessibili possono essere integrate soltanto quando la geometria sia ricostruibile mediante evidenze metriche, documentarie o comparative sufficienti; l'integrazione deve rimanere graficamente distinta dal dato rilevato. Quando la lacuna modifica in misura sostanziale SC, SM o SU e non può essere colmata con attendibilità, il valore viene registrato come non determinabile. La quantificazione non deve trasformare un'ipotesi planimetrica debole in un dato apparentemente esatto.
Nei manufatti articolati su più livelli, il calcolo viene condotto separatamente per ciascun piano. Un valore complessivo può essere ricavato mediante il rapporto: L'indice di compattezza complessivo del campione è definito come:

$$ICP_{\text{complessivo}} = \frac{\sum_i SM_i}{\sum_i SC_i}$$

Il risultato aggregato deve essere accompagnato dai valori distinti per livello, poiché percentuali complessive analoghe possono derivare da organizzazioni verticali differenti.

Nei casi analizzati, l'indice varia soprattutto in relazione alla famiglia e alla complessità distributiva. I nuclei fissi presentano generalmente una ripartizione più equilibrata tra massa e spazio utile, con valori di ICP prossimi al 45–55%; nelle monoarma circolari del ciclo 1942–43 l'aumento degli spessori concentra una quota maggiore della superficie nella massa resistente. Le configurazioni a «toppa di chiave» raggiungono valori prossimi al 70%, mentre le cellule circolari più compatte possono avvicinarsi all'80%. Le poliarma mostrano una dispersione più ampia, determinata dal numero delle camere, dai raccordi distributivi, dai ricoveri e dall'aggregazione di corpi differenti. Queste ricorrenze descrivono il campione disponibile e non costituiscono soglie classificatorie universali: intervalli e valori estremi acquistano significato soltanto se riferiti a famiglie omogenee e accompagnati dalla numerosità dei casi.

Il confronto quantitativo non sostituisce la lettura tipologica. Valori simili possono appartenere a famiglie diverse, mentre manufatti riconducibili alla stessa matrice possono discostarsi per spessori, vani accessori, configurazione dell'ingresso e adattamento al terreno. L'ICP verifica se differenze già riconosciute nella forma e nell'organizzazione spaziale corrispondano anche a una diversa incidenza della massa costruita; la sua capacità discriminante deriva dalla correlazione con geometria, distribuzione, funzione e classe di resistenza.

L'indice non misura la resistenza assoluta del bunker. Tutte le porzioni di SM concorrono al medesimo valore indipendentemente dalla posizione, dallo spessore locale e dall'orientamento rispetto alla minaccia. Una massa uniformemente distribuita lungo il perimetro e una massa concentrata sul fronte esposto possono restituire percentuali analoghe pur rispondendo a logiche protettive differenti. L'ICP non considera inoltre coperture e platee, qualità e armatura del calcestruzzo, caratteristiche del terreno, grado di interramento, stato di conservazione, geometria delle superfici esposte o natura dell'offesa. Un valore elevato indica una

maggiore incidenza planimetrica della massa potenzialmente protettiva, non la capacità dell'opera di resistere a uno specifico attacco.

Il confronto con i monoblocchi del Vallo Alpino dell'Alto Adige chiarisce questo limite. Prünster riferisce rapporti tra parti murarie e cavità fino a 5:1 e quantità di calcestruzzo sensibilmente superiori rispetto alle opere in caverna, nelle quali la roccia assumeva direttamente una funzione protettiva (Prünster, 2017, p. 71). Tali dati descrivono una differente economia materiale, ma non sono sovrapponibili all'ICP, poiché non derivano da un protocollo esclusivamente planimetrico e confrontano sistemi nei quali massa artificiale, cavità e supporto geologico assumono ruoli diversi.

Un'estensione tridimensionale del metodo potrebbe distinguere il volume della massa costruita, quello dello spazio praticabile e la protezione fornita dal terreno. Un'ulteriore analisi direzionale dovrebbe differenziare fronti esposti, lati protetti o controterra, spessori locali e orientamento rispetto alle principali direttrici di minaccia. Tali sviluppi non modificano la funzione assegnata all'indice in questa ricerca: tradurre in un dato confrontabile la relazione resa visibile dal diagramma massa–vuoto. L'ICP descrive quanta parte dell'impronta venga impegnata dalla massa costruita per ottenere lo spazio operativo del bunker e contribuisce alla lettura delle differenze tipologiche senza assumere valore balistico o strutturale.

6.1.5 — Il repertorio delle classi inventariali: opere, postazioni e infrastrutture

Il bunker da combattimento in calcestruzzo armato costituisce il principale campo di approfondimento del capitolo, ma opera entro un sistema composto anche da strutture di osservazione e misura, ricoveri, piazzole, postazioni campali, supporti logistici, collegamenti e dispositivi di interdizione. Questi oggetti rispondono a funzioni e tecniche differenti e cooperano nel funzionamento di capisaldi, sbarramenti, batterie e reti costiere. La loro presenza chiarisce che il sistema difensivo non coincide con la somma delle casematte, ma comprende le condizioni materiali necessarie a osservare, combattere, proteggere, rifornire, collegare e interdire.

Le classi definite nel database costituiscono la struttura di riferimento del repertorio. Il grado di approfondimento dipende dalla consistenza del campione e dallo statuto delle evidenze: alcuni manufatti sono documentati mediante rilievi metrici, altri attraverso osservazioni esterne, fonti archivistiche, cartografie o testimonianze. La sezione distingue pertanto la classe inventariale dal caso impiegato per illustrarla e limita l'individuazione di sottotipi alle configurazioni sostenute da ricorrenze verificabili. Soltanto i BKC dispongono di un corpus planimetrico abbastanza esteso da consentire la costruzione genealogica sviluppata nella sezione successiva.

Il BKT (fig. 5) introduce una specializzazione ulteriore: ospita il telemetro e gli strumenti necessari alla misura delle distanze, alla direzione del fuoco e alla correzione del puntamento. La forma interna dipende dalla posizione degli apparati, dall'ampiezza del campo visuale e dal collegamento con le piazzole della batteria. Il manufatto rilevato nella batteria antinave Carlo Faldi di Is Mortorius rende leggibile questa condizione attraverso la relazione fra volume protetto, apertura verso il mare, ambienti tecnici e posizione dominante. Alla scoperta del bersaglio concorrevano anche stazioni fotoelettriche e dispositivi acustici. Nei casi conservati, la perdita degli apparati limita il rilievo a basamenti e piazzole, ma la loro posizione consente di ricostruire le relazioni tra individuazione, osservazione e postazioni armate. L'aerofono viene registrato come componente specialistica della batteria e non come classe autonoma.

Le opere di protezione passiva comprendono i ricoveri antiaerei militari (BKS; fig. 5) e i rifugi civili (CIV). La classe BKS riunisce manufatti permanenti privi di funzione diretta di tiro, comprendendo ricoveri tubolari, ricoveri da caposaldo e configurazioni adattate alle condizioni locali. Nel Golfo di Cagliari il campione metrico più consistente è costituito dai ricoveri tubolari, generalmente longitudinali, interrati o seminterrati e connessi a infrastrutture e impianti esposti ai bombardamenti. Quando il ricovero costituisce parte integrante di un bunker armato, la classificazione principale resta quella del manufatto combattente. Il CIV si

distingue invece per l'utenza e per la collocazione nel tessuto insediativo e può comprendere costruzioni dedicate, cantine, cavità e gallerie riadattate (Rassu, 2013).

Le postazioni armate prive di un organismo protetto permanente appartengono alle classi GEP e PCA. La piazzola d'artiglieria può essere ricavata sul terreno, impostata su una soletta oppure delimitata da parapetti e opere di contenimento; orientamento, ampiezza di brandeggio e rapporto con gli apparati di osservazione variano tra postazioni antinave e contraeree senza richiedere classi autonome. Quando la cellula aperta è organicamente integrata con un corpo permanente in calcestruzzo armato comprendente ricoveri, accessi o vani serventi, l'insieme viene classificato come BKC, come nelle postazioni controcarro in barbetta con ricovero. La PCA identifica invece apprestamenti temporanei o semipermanenti in terra, pietrame, legname, sacchi e altri materiali locali. La loro minore permanenza materiale esprime una diversa tecnica e durata di approntamento, non una funzione necessariamente marginale.

Campo funzionale	Codice	Classe	Criterio discriminante
Combattimento	**BKC**	Bunker da combattimento in calcestruzzo armato	Corpo permanente destinato a proteggere e rendere operativa una o più armi
Osservazione	**POC**	Posto di osservazione costiera	Punto o struttura di sorveglianza non necessariamente bunkerizzata
Osservazione	**BKO**	Bunker osservatorio costiero	Funzione di avvistamento ospitata in una cellula permanente protetta
Misura e direzione del tiro	**BKT**	Bunker per postazione telemetrica	Camera specialistica per telemetro e strumenti di direzione del tiro
Scoperta e illuminazione	**SFE**	Stazione fotoelettrica	Impianto per proiettore orientabile destinato alla ricerca notturna dei bersagli
Protezione passiva	**BKS**	Ricovero antiaereo	Manufatto permanente destinato al ricovero del personale, privo di funzione diretta di tiro
Protezione civile	**CIV**	Rifugio civile	Struttura destinata alla popolazione, distinta per utenza e contesto
Postazione armata aperta	**GEP**	Piazzola d'artiglieria	Allestimento per un'arma privo di un nucleo bunkeristico permanente integrato
Combattimento campale	**PCA**	Postazione campale	Apprestamento temporaneo o semipermanente realizzato con materiali e mezzi locali
Presidio	**GAR**	Garitta difensiva	Piccolo posto di guardia, osservazione o difesa ravvicinata
Supporto	**CAS**	Casermetta	Struttura destinata alla permanenza e al supporto operativo del personale
Supporto logistico	**DEP**	Deposito di carburante	Spazio specializzato per lo stoccaggio di combustibili
Supporto logistico	**POL**	Polveriera	Vano o struttura destinata a polveri ed esplosivi
Connessione	**TRI**	Trincea, passaggio trincerato o camminamento coperto	Opera lineare per movimento protetto e difesa ravvicinata
Connessione e ricovero	**TUN**	Galleria o tunnel	Percorso ipogeo con funzione distributiva, protettiva o logistica
Infrastruttura	**SMI**	Strada militare	Tracciato funzionale al collegamento dei nodi difensivi
Interdizione	**OAC**	Ostacolo anticarro	Dispositivo materiale lineare destinato a impedire o canalizzare i mezzi
Interdizione	**CMI**	Campo minato o interruzione minata	Area predisposta mediante mine, documentata prevalentemente dalle fonti
Traccia residuale	**REB**	Relitto bellico	Evidenza frammentaria non attribuibile con sufficiente attendibilità a una classe più precisa

Tab. 2 — Classi inventariali degli oggetti architettonici e territoriali del sistema difensivo. Elaborazione dell'autore.

Garitte, casermette (fig. 4), depositi e polveriere sostengono presidio e logistica. GAR e CAS assicurano controllo degli accessi, permanenza e supporto quotidiano del personale; DEP e POL rispondono allo stoccaggio specializzato di carburanti, polveri ed esplosivi. La variabilità delle soluzioni e la documentazione disomogenea non consentono di attribuire al singolo caso un valore tipologico generale. La loro posizione rispetto alle opere operative risulta più significativa della ricorrenza di una specifica forma architettonica.

Trincee, passaggi trincerati e camminamenti coperti (TRI; fig. 6) proteggono gli spostamenti ravvicinati e collegano postazioni appartenenti allo stesso raggruppamento; gallerie e tunnel (TUN) sviluppano connessioni ipogee, ricoveri e spazi di supporto; le strade militari (SMI) estendono la rete alla scala infrastrutturale, connettendo batterie, capisaldi, osservatori e depositi. Queste classi rendono materialmente leggibile la continuità del dispositivo, ma il loro significato operativo emerge pienamente soltanto nella relazione con i nodi serviti, sviluppata nella successiva analisi del caposaldo.

Gli ostacoli anticarro (OAC; fig. 7) e i campi minati (CMI) agiscono invece sullo spazio attraversabile. I primi sono dispositivi materiali lineari o seriali — blocchi in calcestruzzo, elementi piramidali, rotaie infisse, muri o altre strutture — destinati a impedire, rallentare o canalizzare i mezzi lungo strade, varchi e direttrici di penetrazione. I secondi producono un'interdizione analoga mediante esplosivi interrati e sono ricostruibili prevalentemente attraverso fonti cartografiche e archivistiche. La rappresentazione deve mantenere distinta la permanenza materiale dell'ostacolo dalla localizzazione documentaria dell'area minata, senza attribuire a quest'ultima una consistenza non sostenuta dalle fonti. In entrambi i casi, l'interdizione acquista efficacia attraverso la relazione con i settori battuti dal fuoco.

Il repertorio restituisce così le componenti necessarie al funzionamento del sistema difensivo: osservazione, scoperta, misura, combattimento, protezione, permanenza, rifornimento, collegamento e interdizione. La classificazione inventariale mantiene riconoscibili oggetti e funzioni differenti senza attribuire a tutte le classi il medesimo grado di approfondimento. Nei bunker da combattimento, la disponibilità di piante verificabili, la ricorrenza delle matrici e la relazione tra camera, arma, feritoia, accesso e massa resistente consentono invece di oltrepassare l'inventario e costruire il corpus genealogico analizzato nella sezione seguente.



Fig. 4 — Sistema di casermaggio presso il caposaldo di sbarramento lungo la strada Bosa-Montresta. Fotografia dell'autore.

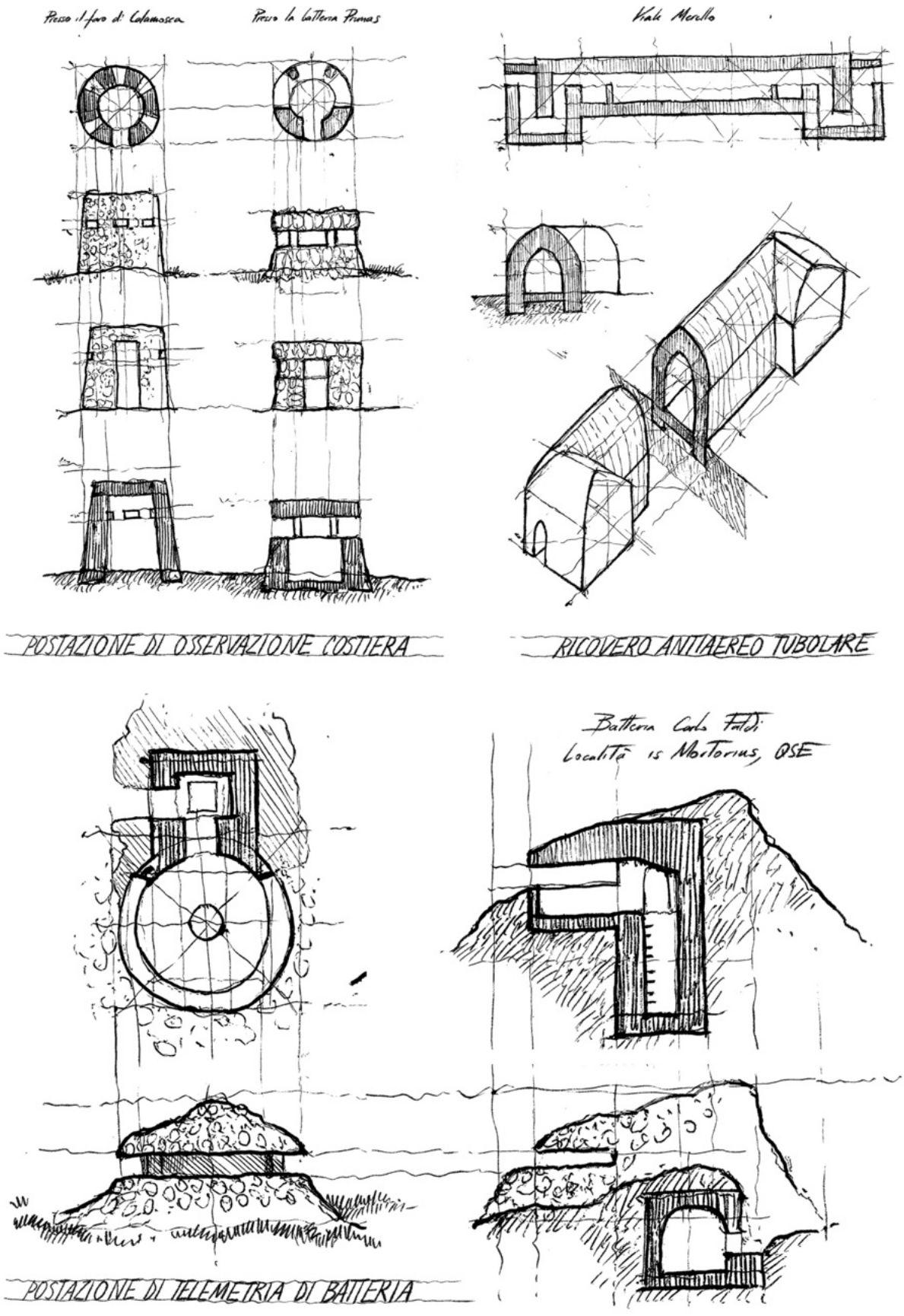


Fig. 5 — Identificazione delle tipologie architettoniche. In alto a sinistra e in basso: bunker di osservazione **(BKO)** e direzione del tiro **(BKT)**: a destra: ricovero tubolare **(BKS)**. Disegni ed elaborazione grafica dell'autore.

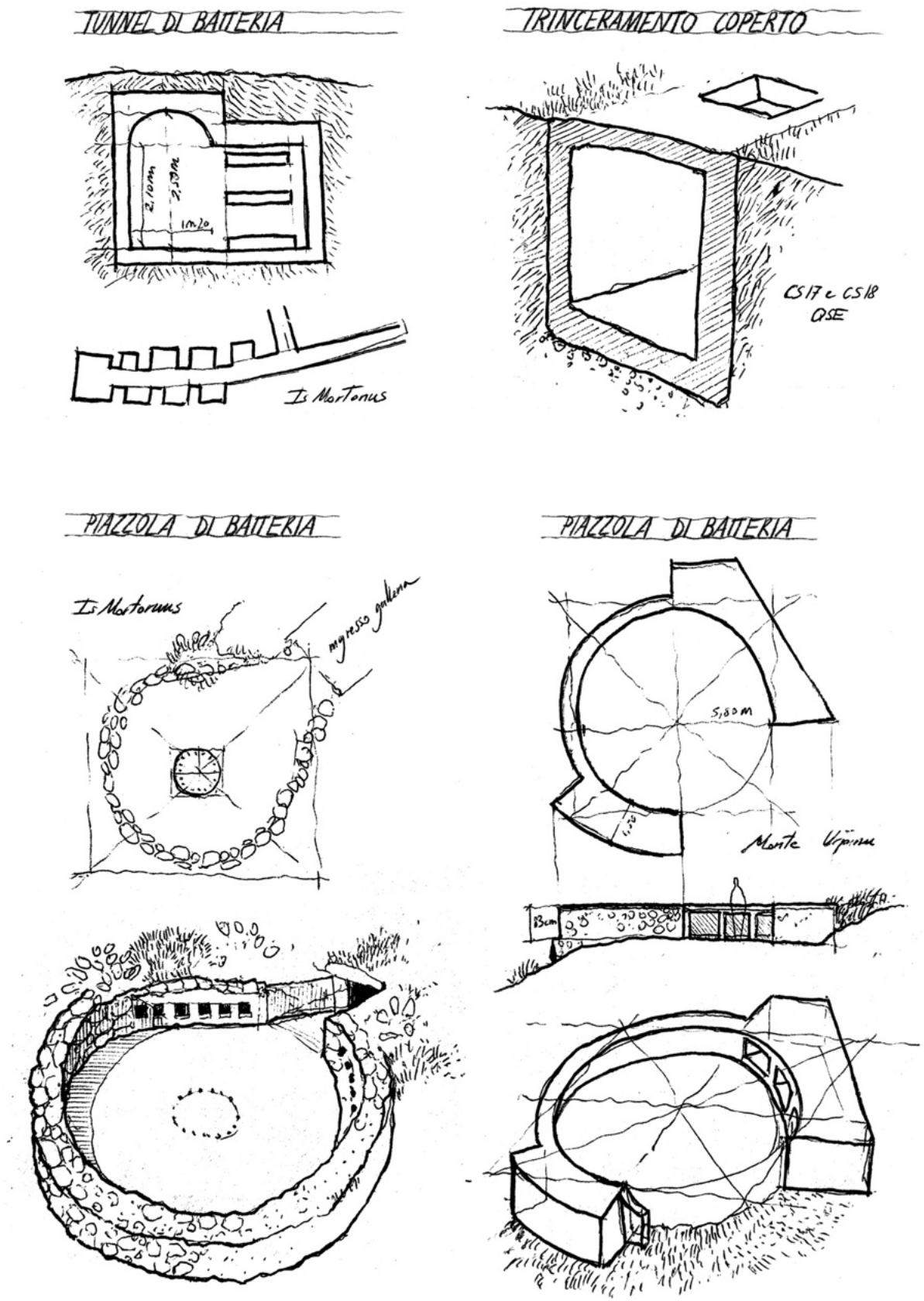


Fig. 6 — In alto: connessioni protette del sistema difensivo: confronto fra camminamenti coperti di caposaldo e gallerie di batteria. In basso: piazzole d'artiglieria **(GEP)**: confronto fra una postazione antinave e una postazione contraerea. Elaborazione grafica e disegni dell'autore.

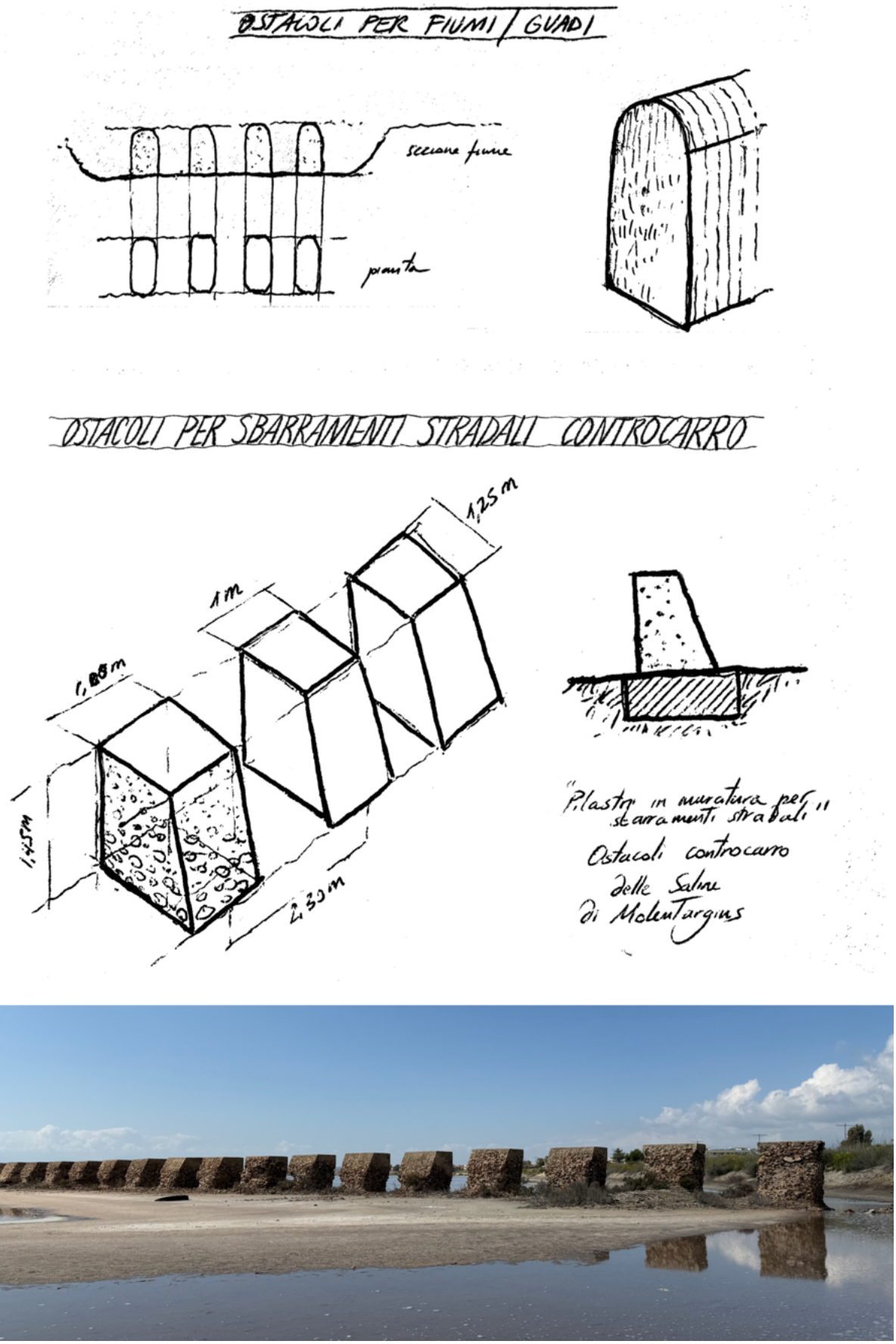


Fig. 7 — Dispositivi di interdizione*:* Ostacoli anticarro per sbarramento stradale **(OAC):** configurazione e disposizione degli elementi destinati a impedire, rallentare o canalizzare il movimento dei veicoli lungo una direttrice obbligata. Elaborazione grafica, disegni e fotografia dell'autore.

6.2 — Famiglie dei bunker da combattimento

6.2.1 — Dalla classe BKC al corpus genealogico

All'interno del repertorio inventariale, la classe dei bunker da combattimento in calcestruzzo armato (BKC) comprende le opere permanenti destinate ad alloggiare, proteggere e rendere operativa una o più armi da fuoco. Essa non identifica una tipologia unitaria, ma costituisce una categoria madre entro la quale possono essere riconosciute famiglie differenti per configurazione della cellula armata, organizzazione degli spazi operativi e rapporto tra arma, feritoia e campo di tiro. Il passaggio dalla classe BKC al corpus genealogico richiede pertanto di distinguere tre livelli: la classificazione inventariale, che aggrega manufatti accomunati dalla funzione generale; la denominazione storico-tecnica, derivata dalle fonti e dalla letteratura; l'attribuzione morfologica e funzionale, fondata sulla configurazione architettonica effettivamente rilevata. Questi livelli possono convergere, ma non coincidono necessariamente.
L'appartenenza alle famiglie è determinata da un insieme gerarchizzato di caratteri. Costituiscono discriminanti primari il grado di copertura della cellula armata, la matrice geometrica, il numero e l'organizzazione delle postazioni operative, la relazione tra arma e feritoia e l'articolazione fra camera di tiro, accessi e spazi serventi. Dimensioni, spessori, numero e orientamento delle aperture, sviluppo dei corpi annessi e adattamento al terreno definiscono invece varianti interne alla medesima famiglia. Classe di resistenza, tecnica costruttiva e camouflage attraversano più configurazioni senza determinarne autonomamente l'identità tipologica.

Una prima distinzione separa le cellule coperte da quelle aperte superiormente. Nelle prime l'arma opera entro una camera protetta da pareti e copertura resistente, attraverso una o più feritoie: appartengono a questo campo i nuclei fissi, i bunker poliarma, le monoarma poligonali e circolari e i bunker controcarro in casamatta. Nelle seconde l'arma è collocata entro una cellula o piazzola scoperta, protetta lateralmente e spesso parzialmente interrata, come nei Tobruk e nelle postazioni controcarro in barbetta con ricovero. Queste ultime rientrano nella classe BKC quando la piazzola è organicamente integrata con un corpo permanente in calcestruzzo armato comprendente ricoveri, riservette o accessi protetti; in assenza di tale organismo, l'opera viene ricondotta alla classe delle piazzole d'artiglieria (GEP).

Alla condizione coperta o scoperta si associa la matrice geometrica. Nelle configurazioni poligonali o sfaccettate il rapporto con lo spazio esterno è organizzato mediante facce piane diversamente orientate; nelle configurazioni circolari o subcircolari la cellula assume invece un andamento radiale, lungo il quale possono essere distribuite le aperture o sviluppati i settori di brandeggio. La geometria non è tuttavia sufficiente a determinare la famiglia: deve essere letta congiuntamente alla struttura degli spazi armati e alla loro specializzazione operativa.

In questa prospettiva, il numero delle feritoie non coincide necessariamente con quello delle armi. Una camera singola può disporre di più aperture orientate verso settori differenti, utilizzabili alternativamente dalla stessa arma principale: l'organismo rimane pertanto monoarma, anche quando è pluriferitoia. La poliarma, in senso morfo-funzionale, presuppone invece la compresenza di più postazioni o camere operative, ciascuna associata a un'arma e a un settore di tiro, coordinate entro un unico corpo protetto. La distinzione dipende quindi dall'organizzazione delle cellule e delle funzioni armate, non dalla sola complessità della sagoma o dalla moltiplicazione delle aperture.

Le classi di resistenza intervengono come attributo costruttivo trasversale. Le opere documentate nel sistema sardo risultano prevalentemente protette contro i piccoli calibri; una componente più limitata, comprendente soprattutto nuclei fissi e strutture leggere, presenta caratteri riconducibili alla protezione antischegge. Non emerge, invece, una diffusione significativa di bunker resistenti ai medi calibri. Nel Golfo di Cagliari, il caso accertato attraverso il rilievo è costituito dalla casamatta principale dello sbarramento "Catania", presso le Saline Conti Vecchi, riconoscibile per gli spessori eccezionalmente elevati. La resistenza viene pertanto richiamata nelle singole famiglie soltanto quando incide direttamente sulla configurazione dell'opera o consente di distinguere un caso eccezionale. Analogamente, il camouflage modifica la forma

apparente e il rapporto percettivo con il contesto senza alterare l'organizzazione morfo-funzionale della cellula armata.

La distinzione fra postazione poliarma o pluriarma e postazione circolare monoarma (fig. 8) è stata introdotta negli studi sulle fortificazioni sarde da Giuseppe Carro e Daniele Grioni e ripresa nei successivi repertori regionali. Nel contributo dedicato alle fortificazioni antisbarco, le poliarma sono ricondotte alla prima serie costruttiva e descritte come organismi ottenuti mediante la composizione variabile di moduli destinati a cannone controcarro, mitragliatrice pesante e fucile mitragliatore. La postazione circolare monoarma è invece associata alla Circolare 3700/S del 6 maggio 1942 e alla stabilizzazione di una cellula destinata a una sola arma, dotata di più feritoie in funzione del campo di tiro richiesto (Carro & Grioni, 2016, pp. 188–194). Tale distinzione ha fornito un riferimento essenziale per riconoscere il passaggio dall'organismo composto alla cellula unica pluriferitoia. Il rilievo architettonico mostra tuttavia che la denominazione storico-tecnica non coincide sempre con la configurazione dei manufatti. Alcune opere ricondotte alla serie poliarma sono costituite da una sola casamatta, con un unico spazio operativo e una feritoia principale. Appartengono a questa condizione la postazione controcarro del caposaldo XIX di Quartu Sant'Elena e due postazioni per mitragliatrice pesante dei capisaldi XVII e II. L'unicità della camera esclude che possano essere considerate poliarma in senso strettamente morfologico e funzionale; al tempo stesso, la matrice planimetrica, la specializzazione dell'armamento e la marcata direzionalità del tiro impediscono di assimilarle alle monoarma circolari pluriferitoia del ciclo 1942–1943.

Questi manufatti possono essere interpretati come esiti della disaggregazione dell'organismo poliarma: la singola casamatta conserva la specializzazione balistica e la forma direzionale di una delle cellule che, nelle configurazioni composite, operano congiuntamente entro lo stesso corpo protetto, ma viene resa architettonicamente autonoma. Ne deriva un'opera capace di controllare efficacemente un settore circoscritto, ma priva della copertura pluriorientata prodotta dalla composizione di più camere. La sua autosufficienza è quindi limitata: la protezione dei fianchi e delle direzioni non battute deve essere assicurata da altre postazioni del caposaldo, attraverso fiancheggiamento e copertura reciproca. Alla scala del manufatto si verifica una separazione delle funzioni armate; alla scala del raggruppamento difensivo, tali funzioni vengono ricomposte in un dispositivo coordinato.



Fig. 8 — Casi esemplificativi delle tipologie di bunker da combattimento in casamatta: postazione circolare del tipo nucleo fisso (in alto a sinistra), postazione monoarma (in basso a sinistra) e due esempi di bunker poliarma (a destra). Rilievi, fotografie ed elaborazione grafica dell'autore.

La formula casematte singole direzionali della serie poliarma è adottata in questa sede come designazione descrittiva, preferibile alla più generica espressione “poliarma atipiche”. Essa riconosce la specificità delle opere senza trasformare un campione ancora circoscritto in una famiglia autonoma né modificare prematuramente la struttura dell’inventario. La verifica di ulteriori esemplari e delle relative fonti documentarie potrà stabilire se si tratti di varianti interne alla prima serie costruttiva oppure dell’espressione ricorrente di un distinto principio tipologico. Già allo stato attuale, tuttavia, questi casi dimostrano che la genealogia non può essere ricavata meccanicamente dalle denominazioni acquisite, ma deve confrontarle con la struttura architettonica e con il ruolo tattico dell’opera.

Il corpus genealogico comprende i BKC per i quali il rilievo diretto, la restituzione strumentale o una ricostruzione controllata hanno prodotto una pianta architettonicamente attendibile. I manufatti privi di una configurazione planimetrica verificabile rimangono documentati nel censimento regionale, ma non sostengono autonomamente l’individuazione delle famiglie. Possono essere inclusi nel confronto gli eidotipi ricavati da evidenze indirette quando l’impronta planimetrica, la documentazione fotografica e il confronto con opere affini consentono di riconoscere con sufficiente attendibilità la struttura della cellula armata, mantenendo esplicito il carattere ricostruttivo dell’elaborato. A quest’ultima condizione appartengono le monoarma poligonali pluriferitoia documentate nell’area di Porto Pino, per le quali non è stato acquisito un esemplare completo mediante rilievo diretto. Le evidenze disponibili permettono tuttavia di riconoscere la camera unica, la matrice poligonale e la distribuzione delle feritoie. Il relativo eidotipo è stato quindi ammesso nel confronto affinché una configurazione significativa del repertorio sardo non fosse esclusa dalla genealogia, distinguendolo dalle piante integralmente derivate dal rilievo.

Su queste basi vengono riconosciute le famiglie dei nuclei fissi, dei bunker poliarma, delle monoarma poligonali, delle monoarma circolari del ciclo 1942–1943, dei bunker controcarro in casamatta e in barbetta con ricovero e dei Tobruk. A esse si affiancano le casematte singole direzionali della serie poliarma, mantenute come configurazione critica in attesa che l’ampliamento del campione ne chiarisca lo statuto genealogico. L’ordinamento delle famiglie non descrive una successione evolutiva lineare: configura il campo morfologico entro cui riconoscere permanenze, trasformazioni, specializzazioni e disaggregazioni della cellula armata. Le sezioni seguenti ne esaminano le rispettive strutture; la successiva lettura dei processi di standardizzazione e composizione ne ricondurrà le differenze all’organizzazione complessiva del sistema difensivo.

6.2.2 — Postazione circolare del tipo “Nuclei fisso”

Con l’espressione nucleo fisso, qui assunta in senso tipologico, non si indica il nucleo di personale destinato al presidio, ma un’opera difensiva permanente in calcestruzzo armato (fig. 9), frequentemente associata alle fasi precoci della rete costiera e caratterizzata da impianto semplice, protezione prevalentemente antischegge, spessori relativamente contenuti e minore standardizzazione rispetto alle casematte del ciclo 1942–43. Di forma circolare e pluriferitoia, essa costituisce una delle forme precoci della fortificazione costiera sarda.

I nuclei fissi sono generalmente collocati in prossimità del litorale, degli approdi, delle foci o delle direttrici attraverso le quali la costa può essere raggiunta dall’interno. In alcuni casi occupano la prima linea fronte mare; in altri risultano leggermente arretrati, ma restano compresi entro la fascia costiera e orientati al controllo delle sue soglie. La loro funzione consiste nel garantire una presenza armata permanente, capace di sorvegliare il settore assegnato e contrastare incursioni di limitata entità. Non formano ancora le sequenze dense e seriali proprie della successiva fortificazione del 1942–43, ma costruiscono una prima rete selettiva di presidio, in seguito integrata e rafforzata mediante nuove postazioni.

Questa stratificazione è particolarmente leggibile a Bosa e Quartu Sant’Elena. Nel sistema di Bosa, i nuclei fissi costituiscono l’ossatura prevalente della rete costiera, distribuita in rapporto alla foce del Temo, agli approdi e ai tratti di litorale effettivamente accessibili; le successive monoarma ne rafforzano alcuni settori

senza sostituirne integralmente la struttura. A Quartu Sant'Elena, i nuclei fissi della spiaggia definiscono invece una prima linea di presidio distinta dall'arco di contenimento arretrato e successivamente integrata da opere monoarma. La loro posizione, talvolta più interna rispetto all'allineamento delle postazioni del ciclo 1942–43, non ne riduce il carattere costiero, ma chiarisce la differenza tra controllo puntuale delle direttrici e successiva occupazione più continua del margine.

Il nucleo morfo-funzionale è costituito da una cellula armata unica e coperta, generalmente destinata a un fucile mitragliatore o a una mitragliatrice. La camera presenta frequentemente un impianto circolare o subcircolare e dispone di più feritoie orientate verso settori differenti. Tali aperture non corrispondono a più armi simultaneamente operative: ampliano il campo di tiro della medesima arma, che poteva essere spostata da una feritoia all'altra. Alla cellula possono associarsi accessi diretti o mediati da un breve corridoio, piccoli ricoveri e vani accessori; numero, forma e disposizione delle feritoie, così come la configurazione dell'ingresso, variano sensibilmente fra gli esemplari senza modificare l'organizzazione primaria del manufatto.

La geometria radiale e la disposizione pluriferitoia avvicinano i nuclei fissi alle successive monoarma circolari, ma il confronto planimetrico rende evidente una diversa consistenza dell'involucro. Nei nuclei fissi la massa muraria occupa una quota più contenuta dell'impronta complessiva e lo spazio praticabile assume, in proporzione, un'incidenza maggiore. Il rapporto pieno/vuoto restituisce quindi un indice di compattezza inferiore rispetto alle monoarma del 1942–43. Questo dato è direttamente correlato alla classe di resistenza: gli spessori ridotti e la minore concentrazione della massa protettiva risultano coerenti con una protezione prevalentemente antischegge, mentre nelle monoarma resistenti ai piccoli calibri l'aumento degli spessori determina un organismo più compatto, continuo e avvolgente. Nei casi privi di attestazione documentaria, il rapporto pieno/vuoto consente di riconoscere tale differenza comparativa, ma non sostituisce l'attribuzione archivistica della classe di resistenza.

Anche le tecniche esecutive evidenziano una minore omogeneità costruttiva. In diversi esemplari il corpo di copertura appare realizzato mediante un getto distinto da quello delle pareti. La ripresa di getto è leggibile lungo il perimetro della cellula e può essere accompagnata da differenze di cromia, granulometria o tessitura superficiale del conglomerato. Tali variazioni documentano una discontinuità nella sequenza esecutiva, senza consentire, in assenza di analisi diagnostiche, di stabilire con certezza una diversa composizione della miscela. La copertura non deve quindi essere descritta come un elemento semplicemente sovrapposto, ma come una parte strutturale realizzata in una fase autonoma del getto. La differenziazione delle tecniche interessa soprattutto gli spazi non direttamente esposti al tiro. In alcuni nuclei fissi, piccoli ricoveri, corridoi e vani accessori presentano coperture voltate in laterizio, mentre il calcestruzzo è concentrato nella cellula armata e nelle parti maggiormente esposte. La compresenza di getti, murature e volte in mattoni restituisce un organismo costruttivamente eterogeneo, nel quale i materiali vengono distribuiti in rapporto alla funzione e alla protezione richiesta. Il nucleo fisso di Portixeddu, descritto nelle fonti come fortino costruito "in economia" con largo impiego di mattoni, conferma la diffusione di soluzioni meno massive e meno uniformi rispetto alle opere successive.

Nel corpus osservato, questa minore consistenza si accompagna frequentemente a uno stato di conservazione più critico rispetto alle monoarma. Riduzione degli spessori, discontinuità fra getti e qualità non omogenea del conglomerato possono aver favorito distacchi, erosione superficiale, perdita di materiale e dissesto delle coperture; a tali fattori si sommano tuttavia l'esposizione marina, la presenza di sali, l'interramento, la vegetazione e le trasformazioni postbelliche. Il degrado non costituisce pertanto un carattere tipologico, ma rende oggi più difficile riconoscere la continuità originaria dell'involucro e la configurazione degli accessi.

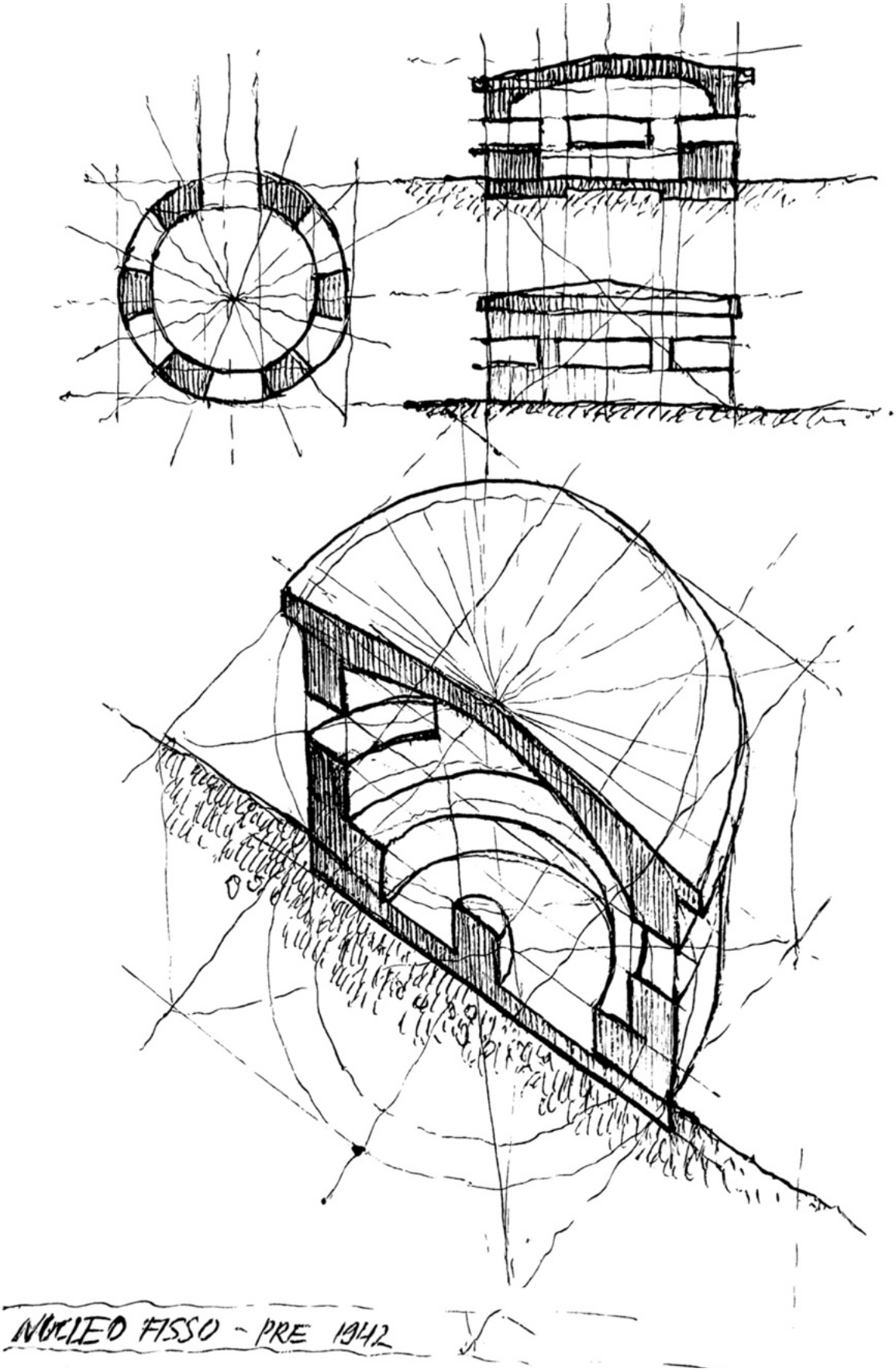


Fig. 9 — Postazione circolare precoce denominata nella ricerca nucleo fisso **(NF)**: spaccato assonometrico ed eidotipo per la lettura dell'organismo difensivo e del rapporto tra cellula armata, accessi e contesto. Disegni dell'autore.

Nei nuclei fissi compresi nel corpus genealogico non sono stati rilevati camouflage architettonici complessi assimilabili alle finte rocce, agli edifici simulati o agli altri dispositivi di dissimulazione documentati nelle poliarma e nelle monoarma. La riduzione della riconoscibilità sembra dipendere soprattutto dalla scala contenuta, dalla posizione, dall'eventuale arretramento e dal rapporto diretto con il terreno, più che dalla costruzione di una forma apparente autonoma. Questa ricorrenza deve tuttavia essere circoscritta ai casi direttamente verificati e non assunta come carattere assoluto dell'intero repertorio regionale.

I nuclei fissi si distinguono quindi attraverso la combinazione di cellula armata unica, impianto prevalentemente circolare o subcircolare, disposizione pluriferitoia, spessori contenuti, basso indice di compattezza e resistenza prevalentemente antischegge. Numero e forma delle feritoie, configurazione dell'ingresso, presenza di ricoveri, impiego del laterizio e modalità di esecuzione della copertura definiscono le varianti interne. La famiglia non rappresenta una versione semplicemente ridotta della monoarma circolare, ma una configurazione autonoma e generalmente più precoce del presidio armato costiero, successivamente affiancata dalle opere più robuste e ripetibili del ciclo 1942–43.

6.2.3 — Bunker poliarma: principio additivo e semi-prototipazione

I bunker poliarma (figg. 10-23) costituiscono la famiglia morfologicamente più articolata del sistema difensivo sardo. La loro specificità non dipende dalle dimensioni complessive del manufatto, dal numero delle feritoie o dalla sola complessità della sagoma, ma dall'impiego coordinato di più postazioni armate, orientate verso settori di tiro distinti. Nella maggior parte dei casi queste postazioni occupano camere specializzate; in alcune configurazioni, tuttavia, più punti di fuoco sono riuniti entro una casamatta comune. Il carattere poliarma deve pertanto essere verificato attraverso l'organizzazione effettiva degli spazi e delle postazioni: una camera pluriferitoia servita alternativamente dalla stessa arma resta monoarma, mentre una camera condivisa predisposta per più armi simultaneamente operative appartiene alla logica poliarma.

Un termine di confronto è offerto dalle opere ricondotte alla Circolare 7000 del 3 ottobre 1938. Alcune loro planimetrie mostrano una disposizione comparabile di più postazioni entro un organismo unitario, con armi orientate verso settori specifici e fuochi destinati a integrarsi reciprocamente. Il parallelismo riguarda questa grammatica compositiva e alcune comuni idee strategiche, non dimostra una derivazione diretta delle opere sarde. Le differenze di spessore, contesto territoriale e modalità costruttive — comprese le soluzioni alpine integrate o collegate in caverna — impediscono infatti di assimilare i due repertori (Ministero della Guerra, 1938).

Nelle poliarma sarde, la pianta non deriva dall'applicazione di una figura geometrica prestabilita, ma dalla composizione di cellule operative specializzate. L'unità elementare è costituita dalla relazione fra arma, camera, feritoia e settore di tiro. Ricorrono una cellula per armi automatiche leggere, generalmente articolata mediante due o tre aperture; una camera per mitragliatrice pesante, più direzionale e riconoscibile anche per la configurazione degli appoggi interni; una camera controcarro, dimensionata in rapporto all'ingombro, al brandeggio e alla stabilizzazione del pezzo. A queste componenti si aggiungono accessi, scale, rampe, corridoi, ricoveri, riservette e nicchie per le munizioni.

Il principio compositivo è quindi additivo. Le cellule vengono accostate, angolate, specchiate, sopraelevate o raccordate in funzione delle direzioni da controllare. La loro aggregazione produce organismi differenti senza cancellare la riconoscibilità delle singole componenti. Non ricorre un prototipo planimetrico integrale ripetuto senza variazioni, ma un repertorio relativamente stabile di camere e regole di combinazione. La poliarma appartiene perciò al campo della **semi-prototipazione compositiva**: sono ricorrenti gli elementi di base e alcuni schemi di aggregazione, mentre la configurazione complessiva viene adattata all'armamento, al terreno e al ruolo assegnato all'opera nel caposaldo.

Le matrici pentagonali mostrano con particolare chiarezza questo processo. Una prima configurazione è costituita da una casamatta comune disposta sulla punta del pentagono, con due facce operative predisposte per armi automatiche leggere. La pluralità funzionale è concentrata entro un unico spazio e non produce

ancora una successione di camere autonome. La configurazione appartiene alla logica poliarma quando le due aperture corrispondono a postazioni armate distinte e simultaneamente servibili; qualora fossero invece utilizzate alternativamente dalla medesima arma, il manufatto dovrebbe essere ricondotto alle monoarma poligonali pluriferitoia.

Una seconda configurazione deriva dall'addizione, a questa cellula leggera biferitoia, di una camera per mitragliatrice pesante collocata lungo uno dei lati non sfaccettati. La punta conserva le due direzioni di tiro delle armi leggere, mentre la nuova camera introduce una postazione più specializzata e direzionale. La silhouette pentagonale registra quindi l'integrazione fra una cellula comune a due fronti e una seconda casamatta destinata all'arma pesante.

Una terza configurazione pentagonale presenta invece due camere per mitragliatrice pesante disposte sui lati sfaccettati e un accesso collocato sul fronte opposto. L'aumento dell'ingombro delle camere determina una pianta più larga e schiacciata rispetto alle precedenti: la figura rimane riconducibile al pentagono, ma si allontana dalle sue proporzioni regolari. La variazione della silhouette non costituisce un fatto puramente geometrico, poiché traduce il diverso peso assunto dalle cellule armate nella composizione.

Le matrici semiesagonali sono organizzate attraverso tre facce operative contigue. Nella configurazione più semplice, tali facce appartengono a una casamatta comune predisposta per armi automatiche leggere. Anche in questo caso, l'appartenenza alla famiglia poliarma non dipende dalla camera unica, ma dalla corrispondenza fra le diverse feritoie e più postazioni armate. La forma semiesagonale amplia il settore controllato e distribuisce il fuoco lungo un fronte maggiormente avvolgente, senza configurare necessariamente un esagono regolare.

Questa matrice può essere modificata attraverso l'addizione o lo spostamento verticale di una delle cellule. In un esemplare del CS XIII "Taormina", una delle postazioni leggere è collocata in un vano avanzato e sopraelevato, raggiungibile mediante una scala interna. La modifica interrompe la continuità della casamatta comune, ma consente di correggere la quota di tiro e superare un ostacolo visuale determinato dalla morfologia. Non si tratta di una nuova tipologia: il principio semiesagonale resta riconoscibile, mentre una delle sue componenti viene separata e sollevata per ottenere il settore di copertura necessario.

In un'altra variante, la matrice tende a proseguire oltre il semiesagono mediante l'aggiunta angolata di una camera per mitragliatrice pesante. La cellula leggera triferitoia mantiene il controllo del settore principale, mentre la nuova casamatta estende lateralmente la copertura e introduce un armamento specializzato. L'organismo deriva così dall'aggregazione di due unità chiaramente distinguibili, la cui diversa geometria produce una pianta asimmetrica ma ancora leggibile attraverso la matrice originaria.

Le configurazioni quadrangolari comprendono sia organismi composti sia casi limite. Due postazioni costituite da una sola casamatta per mitragliatrice pesante conservano l'attribuzione alla serie poliarma, ma non presentano la pluralità di postazioni richiesta dalla definizione morfo-funzionale della famiglia. Devono quindi essere registrate come opere a casamatta singola ricondotte alla serie poliarma, secondo la distinzione introdotta nel § 6.2.1. In altri impianti a matrice quadrata, invece, la combinazione di una camera controcarro e di una camera per mitragliatrice pesante genera un organismo effettivamente composto, orientato verso due settori complementari.

Nelle poliarma rettangolari, la camera controcarro assume generalmente il ruolo di elemento direzionale principale. La sua feritoia definisce l'asse prevalente dell'opera e orienta la composizione delle altre cellule. Lo schema più ricorrente dispone il pezzo controcarro al centro e due mitragliatrici pesanti ai lati, producendo un fronte armato tripartito. La pianta rettangolare non costituisce quindi un involucro neutro entro cui distribuire le armi, ma l'esito dell'accostamento di tre camere direzionali lungo un fronte comune.

Lo schema può essere ampliato mediante l'aggiunta di ulteriori cellule laterali. Nel CS XIV "Licata", la sequenza mitragliatrice pesante–controcarro–mitragliatrice pesante è integrata, su uno dei lati, da un vano

con due feritoie per armi automatiche leggere. Questa addizione estende la copertura verso un quadrante che il fronte principale non sarebbe in grado di controllare e determina un'asimmetria funzionale della pianta. Un'altra configurazione, rilevata nel CS XVI "Pisa" di Oristano, mantiene la camera controcarro centrale, ma associa a essa una mitragliatrice pesante su un lato e una cellula semiesagonale per armi leggere sul lato opposto. I due casi mostrano come uno stesso asse controcarro possa generare organismi differenti attraverso la sostituzione o l'aggiunta delle cellule laterali.

Ricoveri e vani serventi introducono ulteriori modificazioni. La loro presenza può allungare il corpo, interrompere la regolarità della matrice o produrre raccordi non spiegabili attraverso le sole camere armate. La "Falsa Chiesa" di Quartu Sant'Elena mostra questa condizione: la combinazione delle postazioni operative con il ricovero e con il corpo destinato al mascheramento genera una pianta non assimilabile alle configurazioni pentagonali dotate di un armamento affine. L'organizzazione funzionale resta leggibile, ma la silhouette complessiva viene trasformata sia dall'addizione degli spazi serventi sia dalla costruzione dell'immagine apparente.

Scale, dislivelli e corpi avanzati agiscono secondo lo stesso principio. Quando una feritoia non raggiunge il settore richiesto, la relativa postazione può essere spostata, angolata o sopraelevata; quando l'accesso deve essere protetto, il percorso può assumere forma di rampa, scala, corridoio ribassato o breve tratto ipogeo. Queste variazioni non sono aggiunte casuali, ma correzioni locali della composizione, attraverso le quali le cellule standard ricorrenti vengono adattate alla quota del terreno, alla visuale disponibile e alla direzione meno esposta dalla quale raggiungere l'opera.

La relazione con il suolo determina anche due principali modalità di mascheramento. Nelle poliarma parzialmente interrate, gli accessi ribassati, le alette controterra e la riduzione dei lati emergenti consentono di incorporare una parte rilevante dell'organismo nella morfologia. Il corpo resistente viene raccordato al pendio o coperto mediante riporti di terra, fino ad assumere l'aspetto di una piccola altura o di una continuità del rilievo. Il camouflage opera in questo caso per incorporazione topografica: non costruisce necessariamente un oggetto riconoscibile, ma riduce il profilo, l'ombra portata e la superficie esposta.

Quando invece l'accesso e il corpo principale si trovano prossimi alla quota del piano di campagna, una parte maggiore del bunker rimane emergente. La massa non può essere assorbita integralmente nel terreno e il mascheramento assume più frequentemente carattere architettonico. Pareti, coperture, finte aperture, porticati, rivestimenti e volumi aggiunti trasformano l'opera in casa rurale, edificio di servizio, cappella o altro manufatto ordinario. Le due condizioni non definiscono famiglie tipologiche autonome e possono anche sovrapporsi, ma esprimono risposte differenti al medesimo problema: occultare un organismo volumetricamente articolato e potenzialmente riconoscibile.

Nel corpus osservato, le poliarma mostrano quindi un ricorso sistematico a dispositivi di mascheramento di una certa consistenza. Le opere maggiormente incorporate nel suolo riducono la propria emersione attraverso il terreno; quelle più autonome ed emergenti costruiscono una forma edilizia apparente. Il camouflage non determina la struttura tipologica, ma interagisce direttamente con accessi, profilo, sviluppo dei corpi annessi e configurazione esterna, contribuendo alle variazioni della silhouette senza modificare la grammatica delle cellule armate.

Le invarianti della famiglia risiedono pertanto nella presenza di più postazioni armate coordinate, nella specializzazione del rapporto tra arma, feritoia e settore di tiro e nell'aggregazione di tali componenti entro un organismo unitario. Matrice planimetrica, numero e combinazione delle armi, condivisione o separazione delle camere, configurazione degli accessi, presenza di ricoveri, adattamento verticale e modalità di camouflage definiscono invece le varianti. La forma della poliarma non precede queste relazioni, ma ne costituisce l'esito architettonico: una configurazione composta nella quale elementi ricorrenti vengono uniti, orientati e deformati in rapporto alle condizioni operative e territoriali.

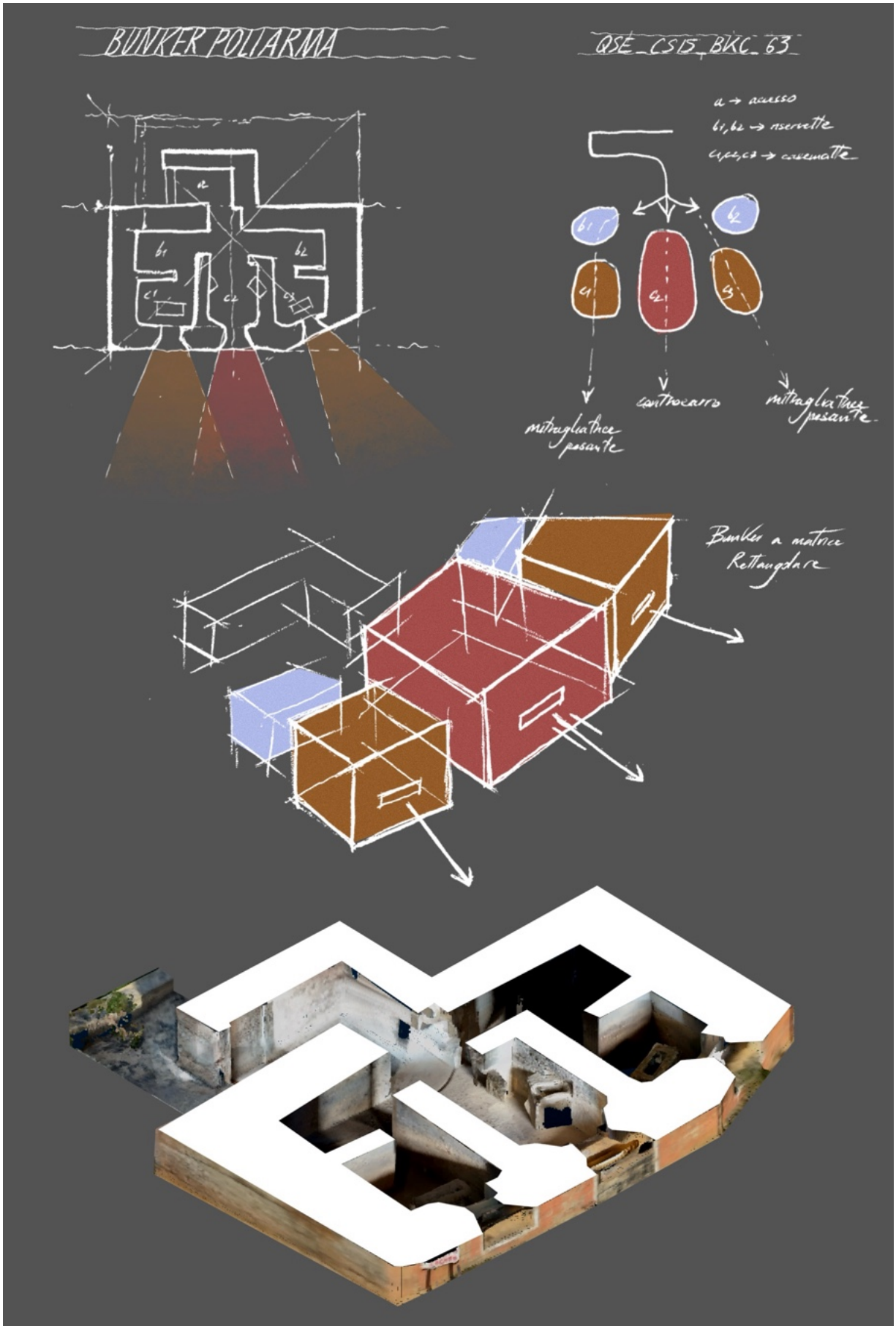


Fig. 10 — Studio su una postazione poliarma ad impianto rettangolare del caposaldo 15 di Quartu Sant'Elena: schema funzionale dell'organizzazione interna, delle camere di tiro, degli accessi e dei settori di controllo. In basso uno spaccato assonometrico ricavato dalla nuvola di punti. Disegni, rilievo ed elaborazione grafica dell'autore.

ORI_CS16_BKC_51 (39°49'31.46"N 8°34'29.56"E)

Località: Case Sassu
Tipologia: BKC poliarma · LMG-HMG-ATG
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: buona
Quota: 3,58 m s.l.m.
Rapporto suolo-opera: emergente
Camouflage: casa colonica
Feritoie: 5 **Accesso:** gradini
Settore operativo: NO-S
Area occupata: 36,9 m²
Pieno/vuoto: 57% / 43%

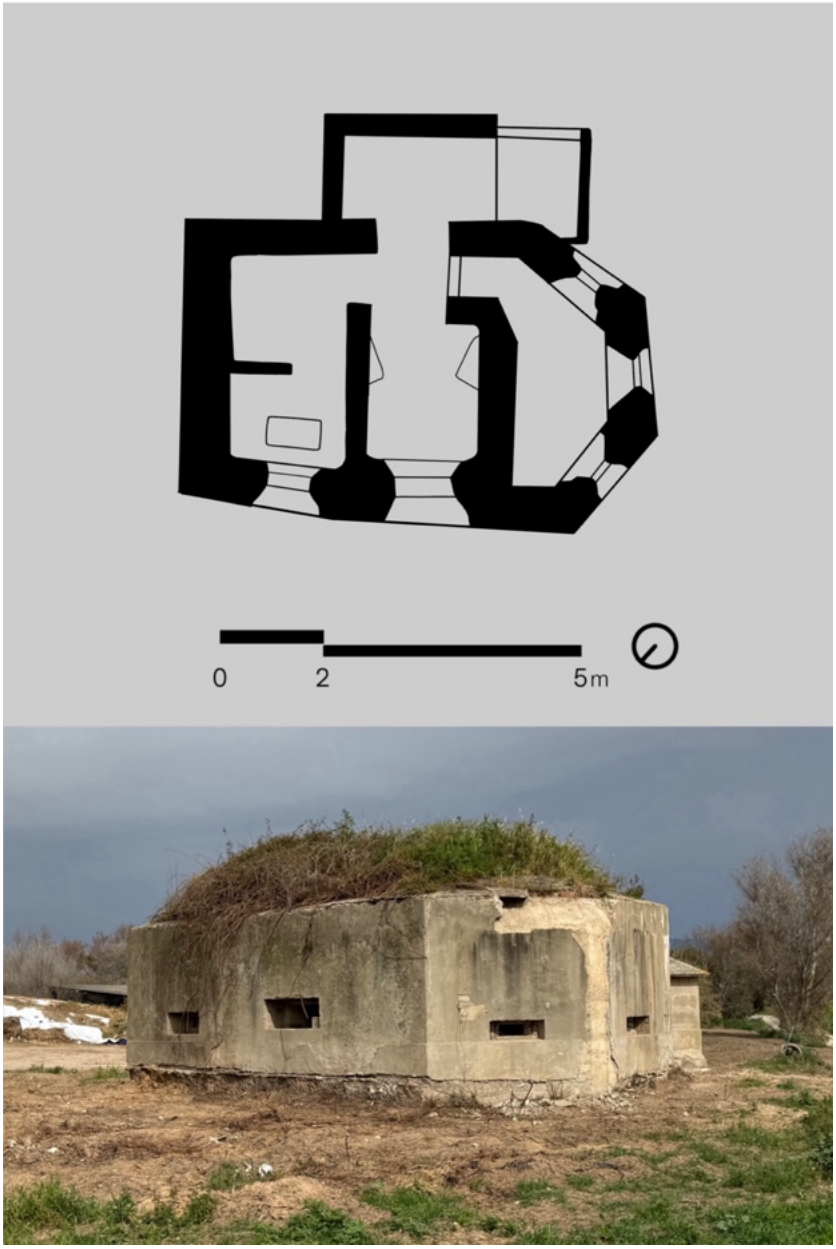


Fig. 11 — Scheda minima di un BKC poliarma nella zona di Oristano. Elaborazione grafica dell'autore.

.

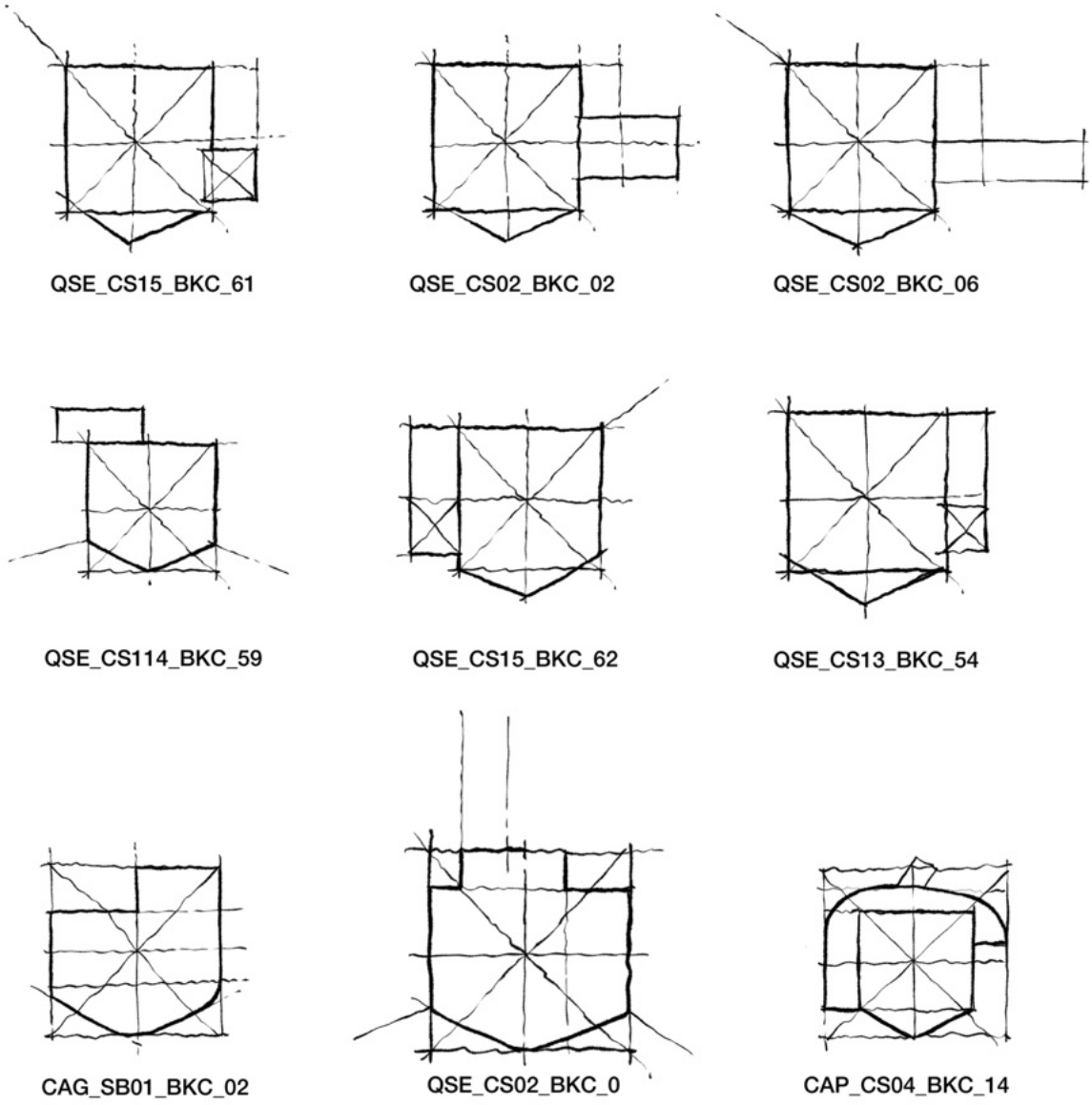


Fig. 12 — Schemi proporzionali delle casematte poliarma pentagonali: lettura dell'impianto attraverso matrice quadrata, moduli ripetuti e rapporti geometrici ricorrenti. Elaborazione grafica dell'autore.

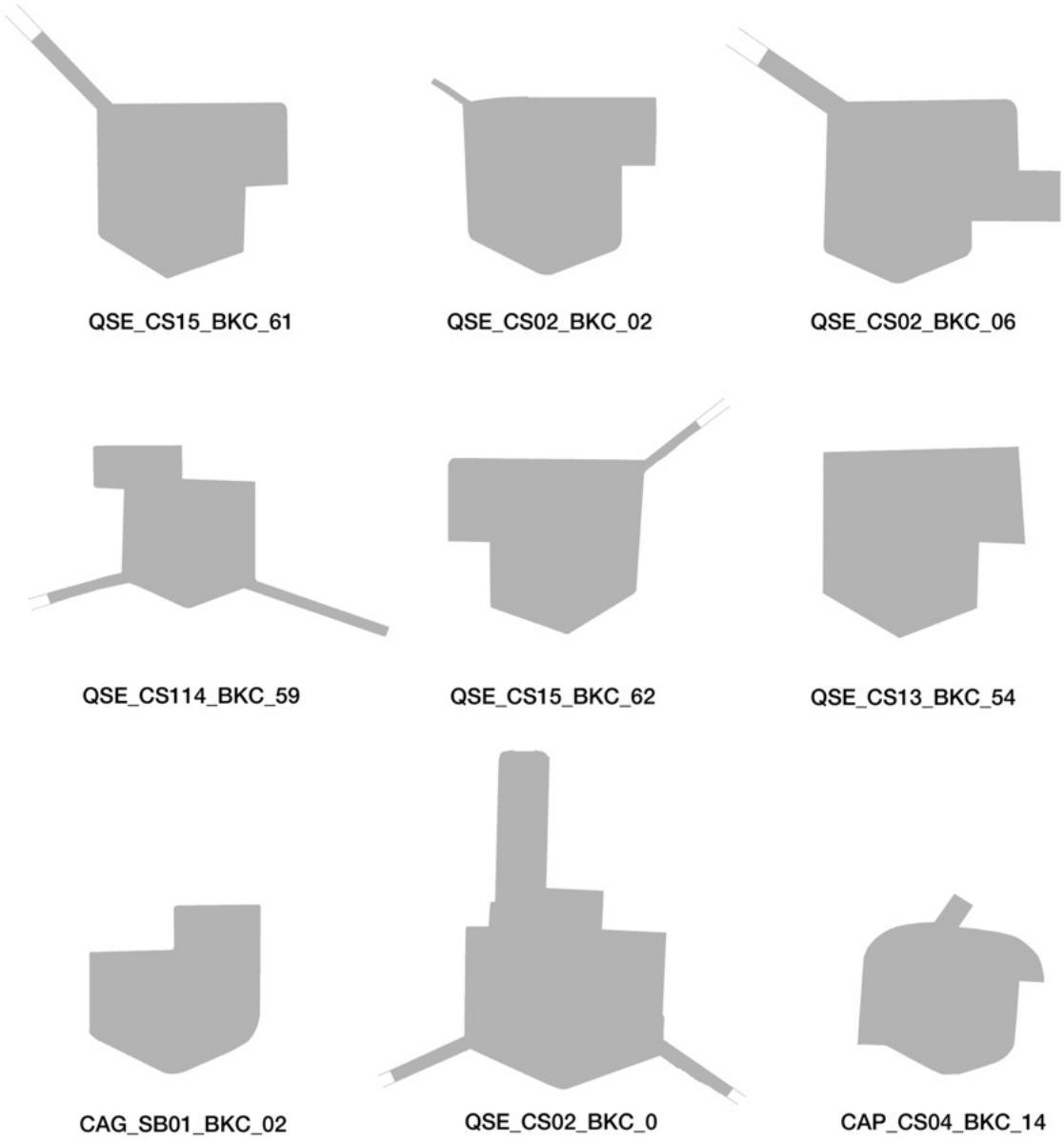


Fig. 13 — Silhouettes di impronta planimetrica dei bunker poliarma a matrice rettangolare. Elaborazione grafica dell'autore.

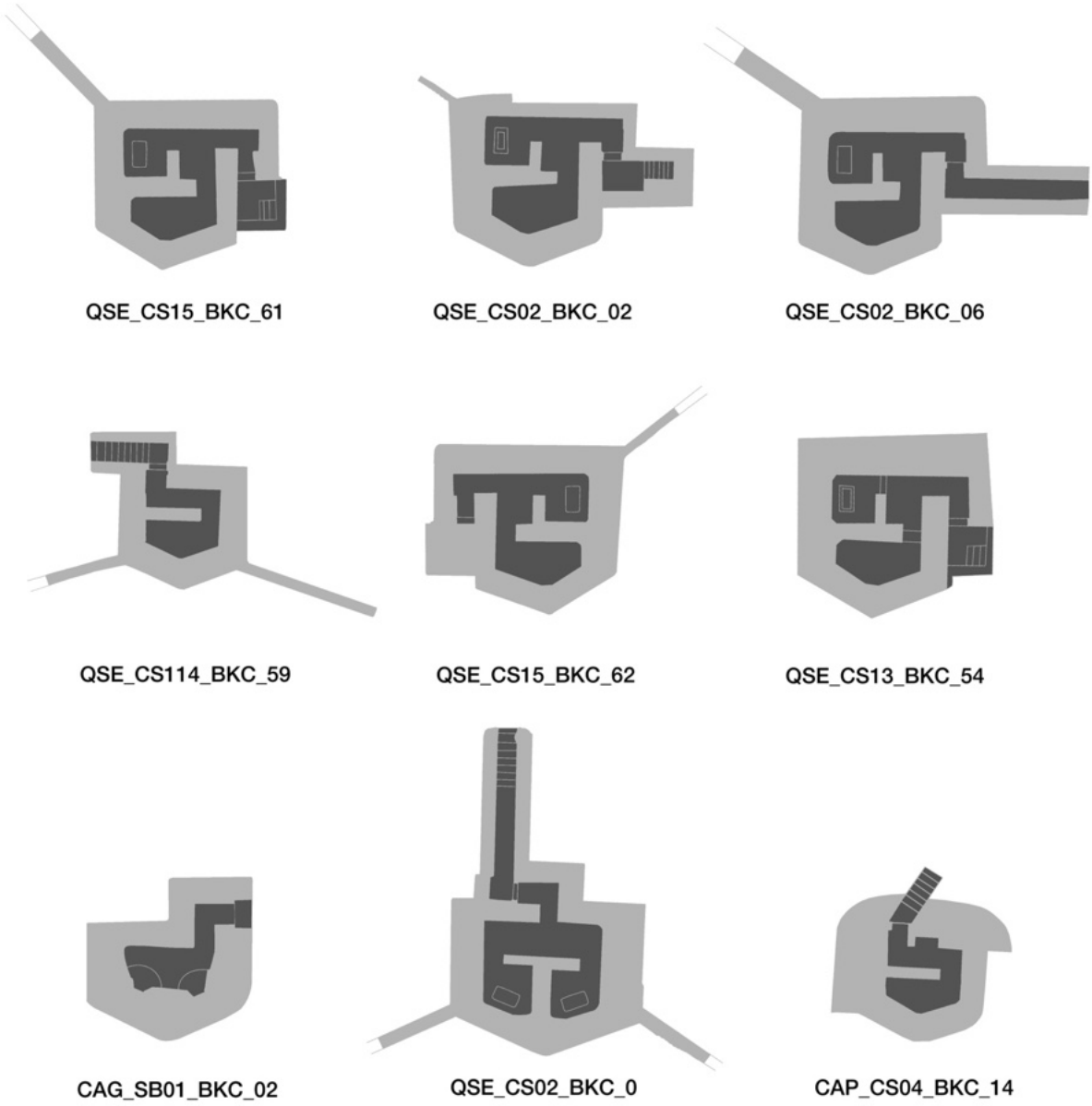


Fig. 14 — Analisi del rapporto tra volume interno e massa muraria in una casamatta poliarma poligonale: lettura del pieno, del vuoto e degli spessori protettivi. Elaborazione grafica dell'autore.

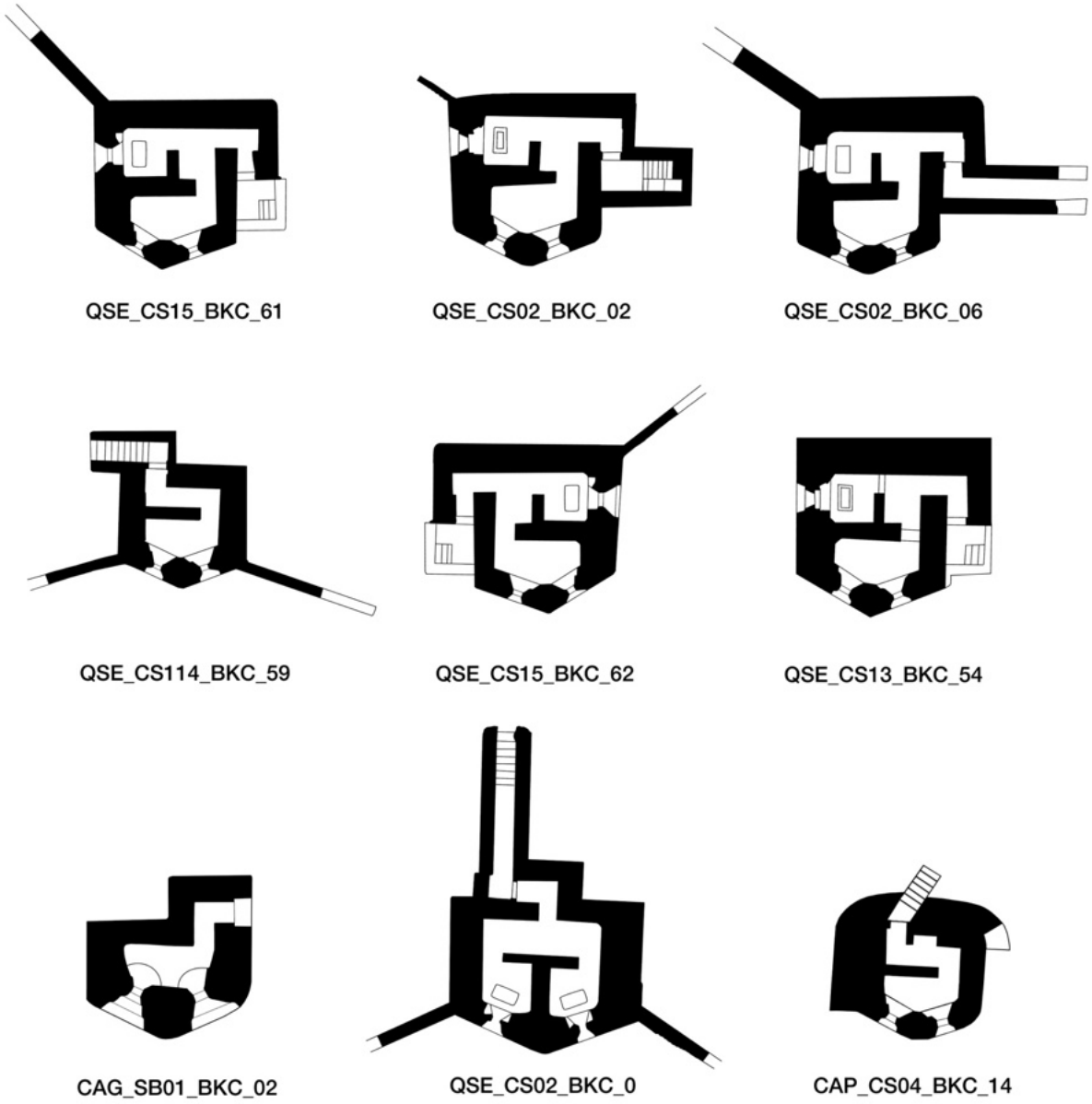
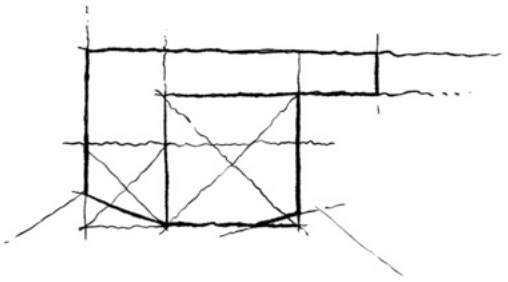
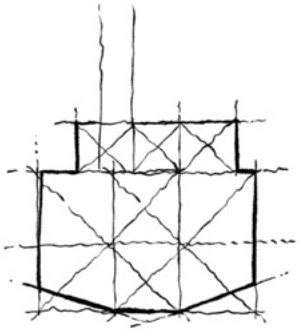


Fig. 15 — Piante delle casematte poliarma ad impianto pentagonale: confronto tra impianti, camere di tiro, accessi e articolazione interna dell'organismo difensivo. Elaborazione grafica dell'autore.

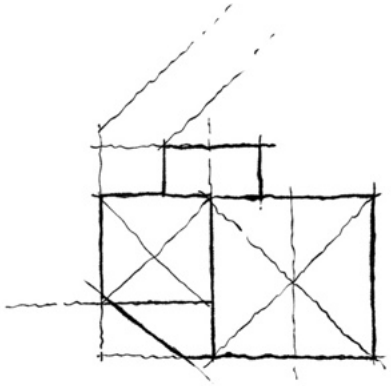
.



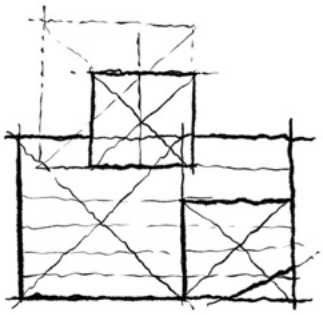
QSE_CS14_BKC_58



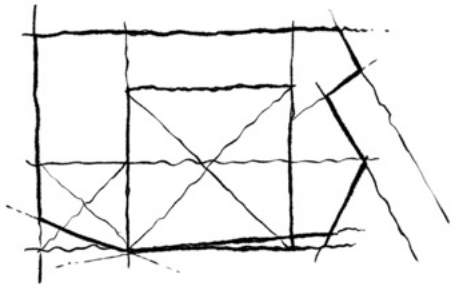
QSE_CS02_BKC_05



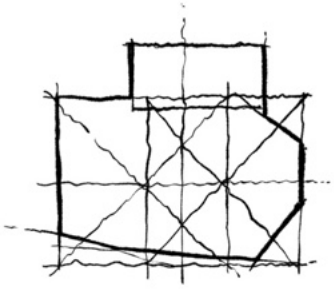
QSE_CS13_BKC_53



QSE_CS15_BKC_63



QSE_CS14_BKC_57



ORI_CS16_BKC_51

Fig. 16 — Schemi proporzionali delle casematte poliarma a matrice rettangolare: lettura dell'impianto attraverso matrice quadrata, moduli ripetuti e rapporti geometrici ricorrenti. Elaborazione grafica dell'autore.

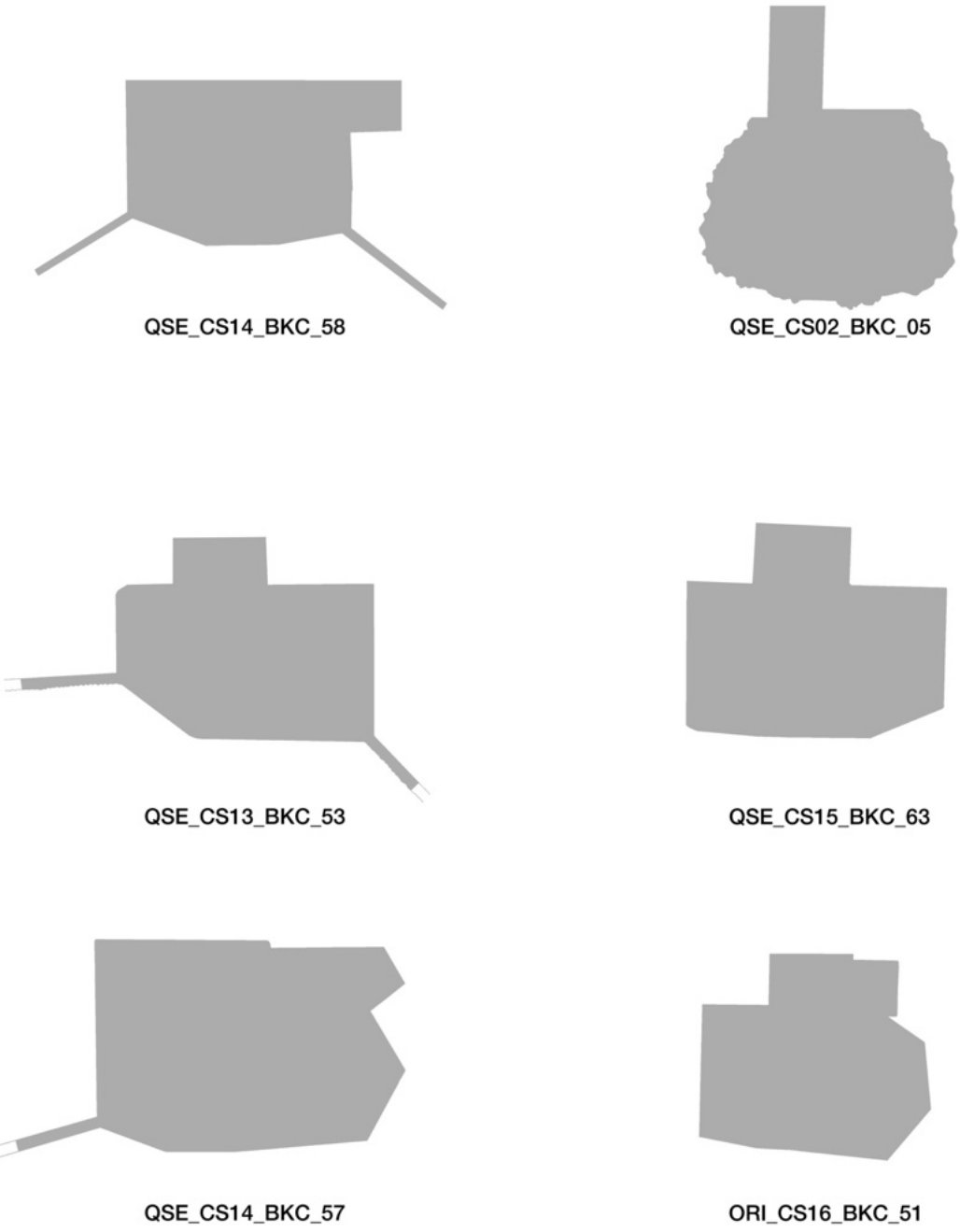


Fig. 17 — Silhouettes di impronta planimetrica dei bunker poliarma a matrice rettangolare. Elaborazione grafica dell'autore.

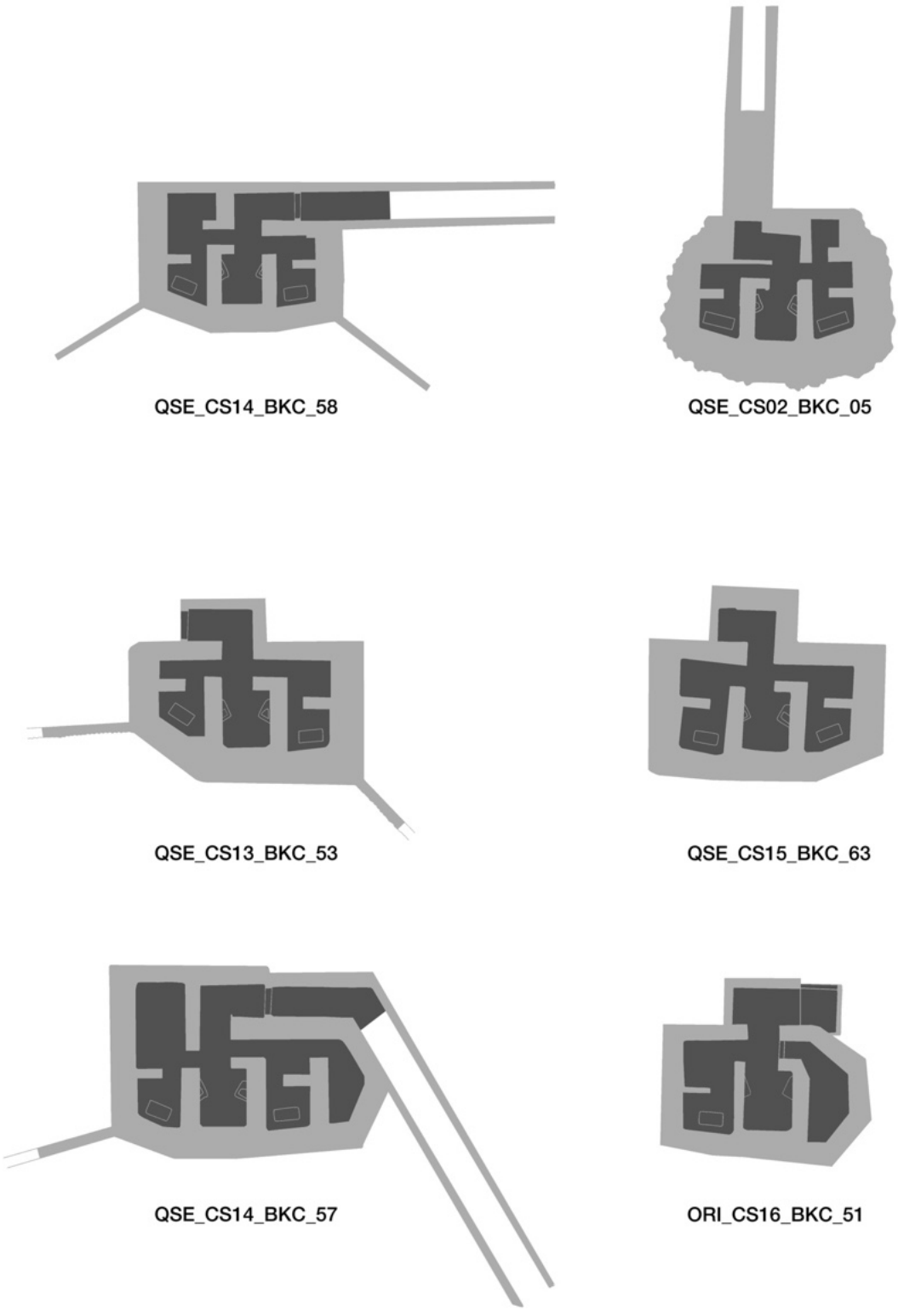


Fig. 18 — Bunker poliarma a matrice rettangolare: analisi del rapporto tra spazio praticabile interno e massa muraria, con evidenza degli spessori protettivi e dei vani operativi. Elaborazione grafica dell'autore.

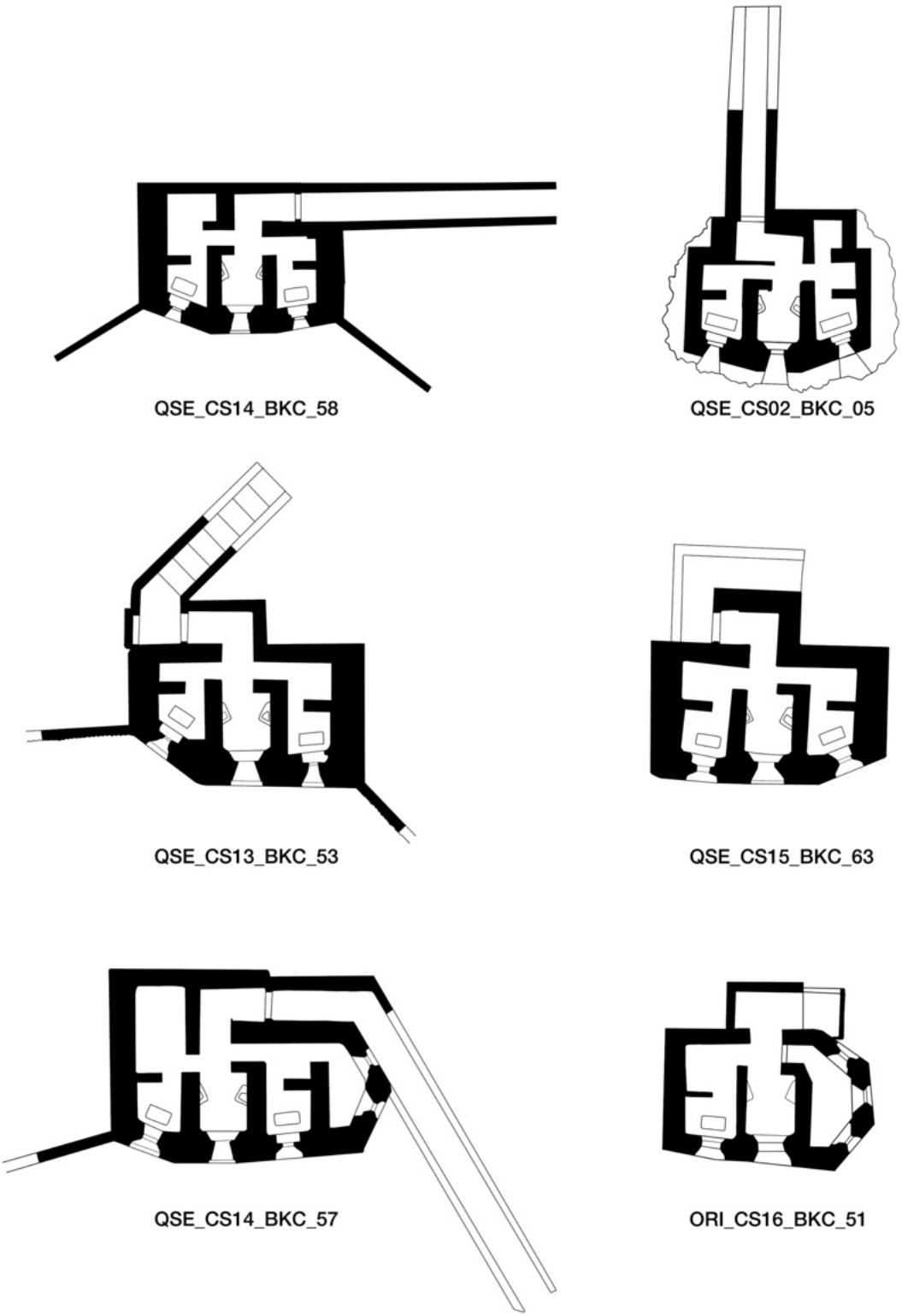


Fig. 19 — Bunker poliarma a matrice rettangolare: Piante delle casematte poliarma ad impianto rettangolare: confronto tra impianti, camere di tiro, accessi e articolazione interna dell'organismo difensivo. Elaborazione grafica dell'autore.

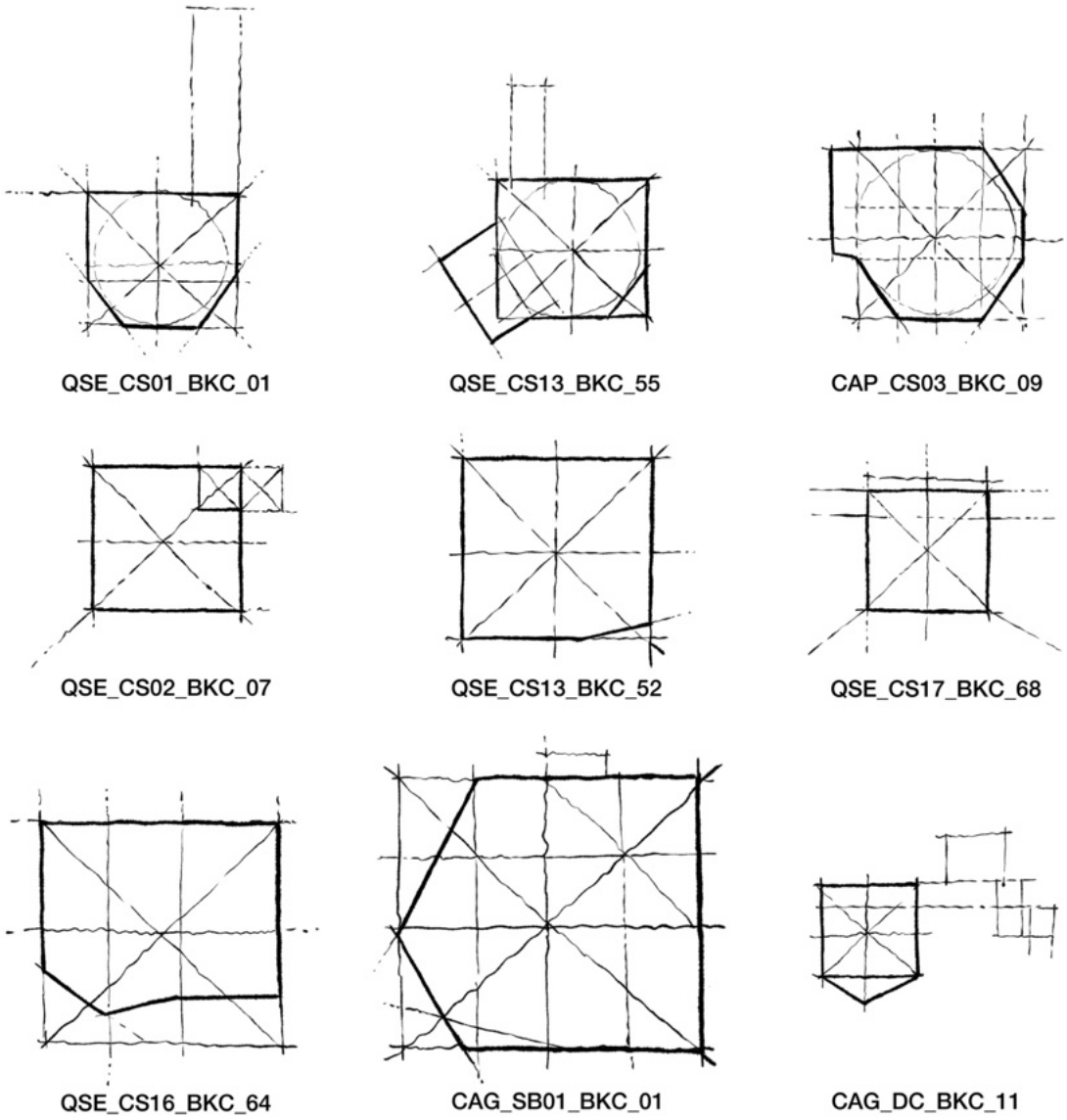


Fig. 20 — Schemi proporzionali delle casematte poliarma a impianto semi-esagonale e a matrice quadrata: lettura dell'impianto attraverso matrici, moduli ripetuti e rapporti geometrici ricorrenti. Elaborazione grafica dell'autore.

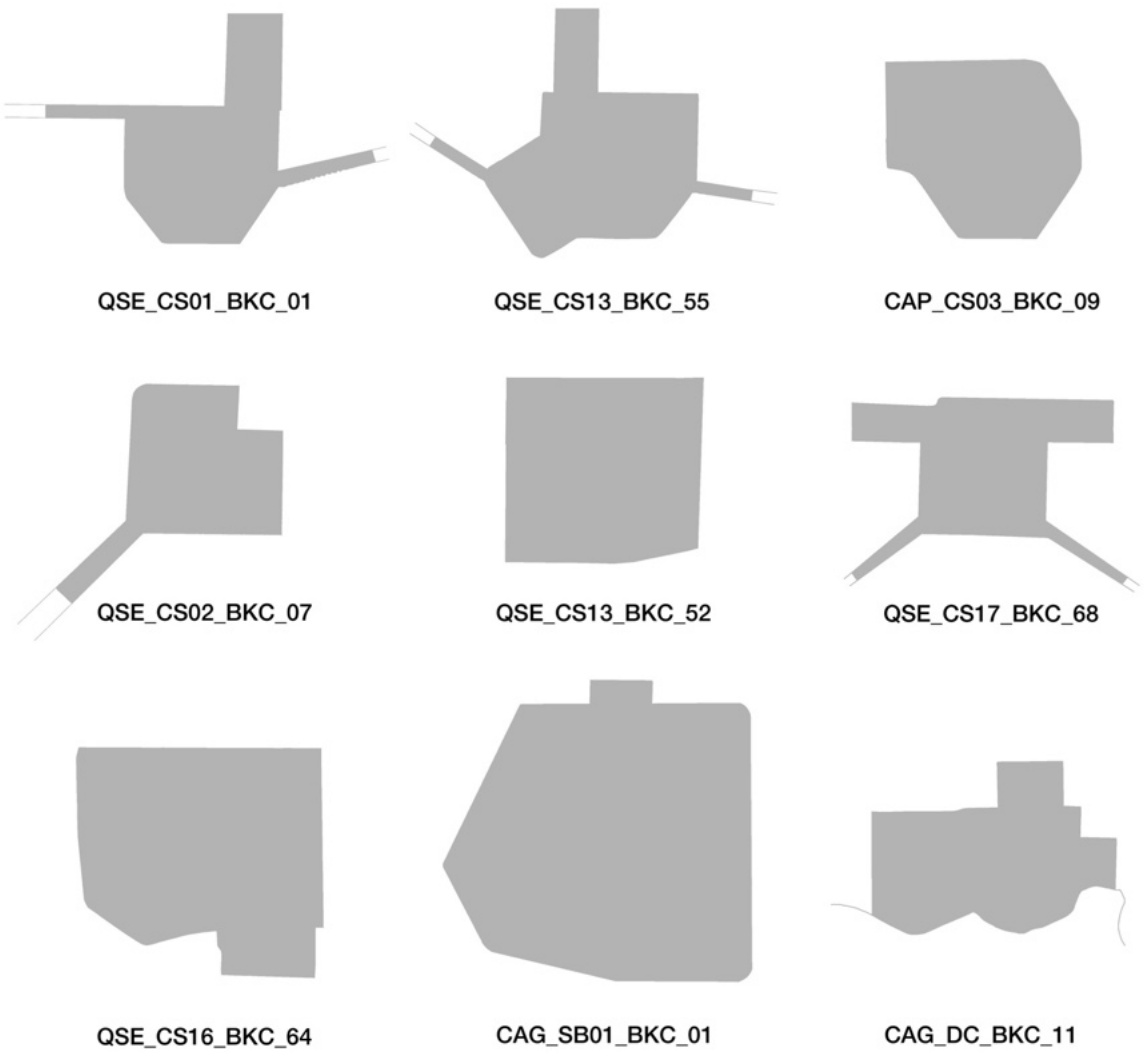


Fig. 21 — Silhouettes di impronta planimetrica dei bunker poliarma a impianto semi-esagonale e a matrice quadrata. Elaborazione grafica dell'autore.

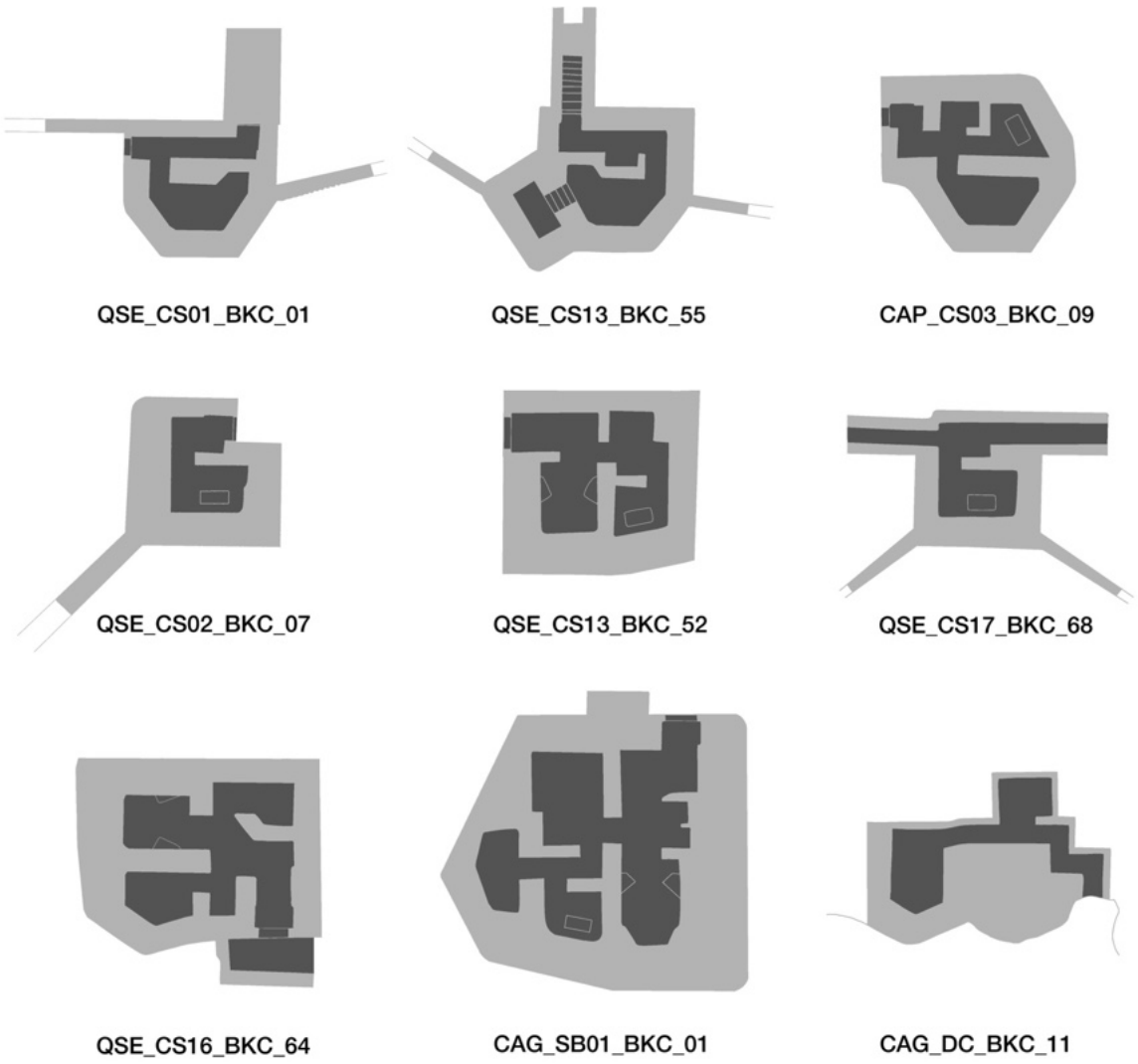


Fig. 22 — Bunker poliarma a impianto semi-esagonale e a matrice quadrata: analisi del rapporto tra spazio praticabile interno e massa muraria, con evidenza degli spessori protettivi e dei vani operativi. Elaborazione grafica dell'autore.

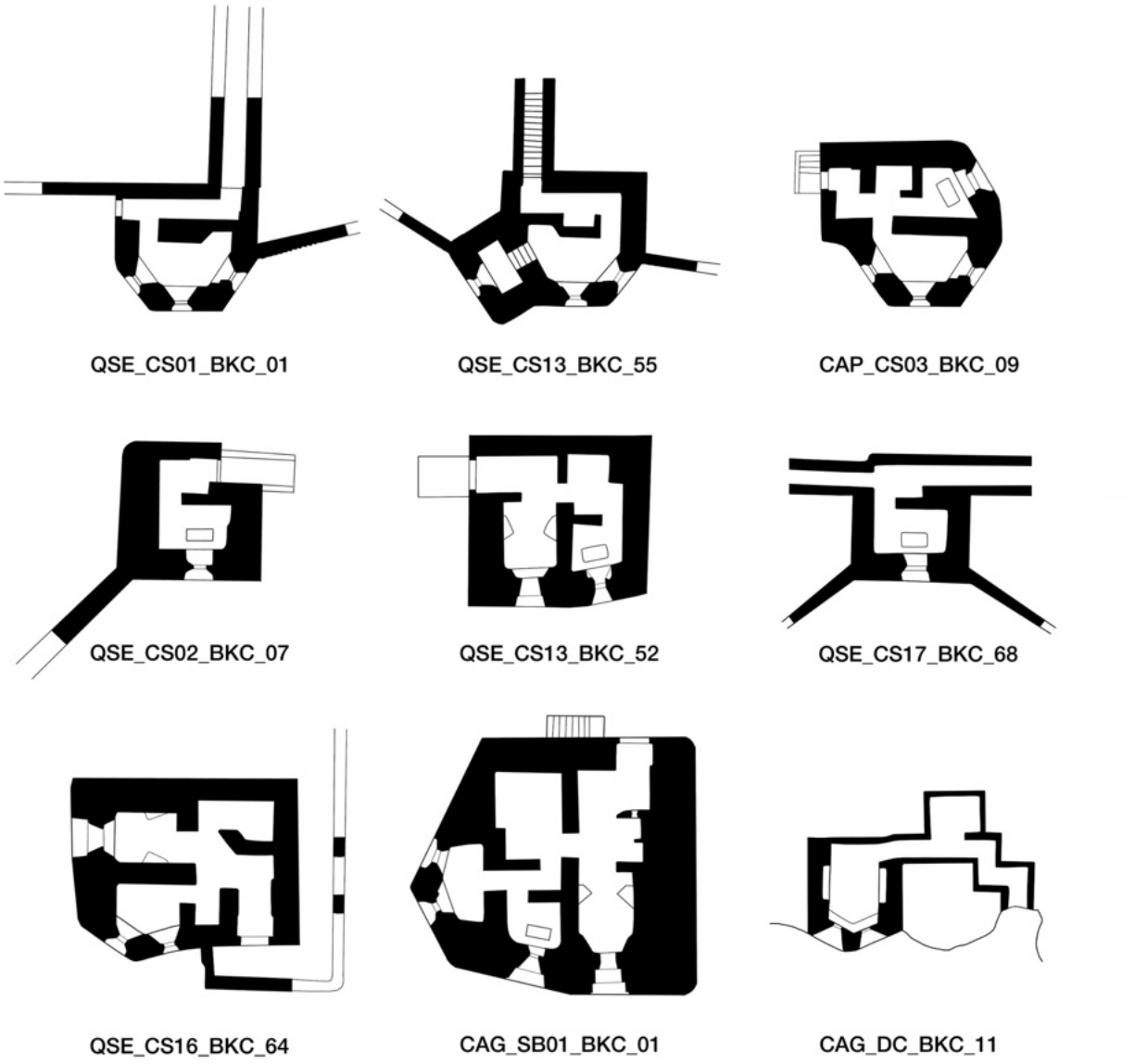


Fig. 23 — Piante restituite dei bunker poliarma a impianto semi-esagonale e a matrice quadrata: varianti atipiche rispetto alla famiglia pentagonale (disegni dell'autore).

6.2.4 — Monoarma poligonali: cellula unica e copertura plurifrontale

Le monoarma poligonali pluriferitoia (figg. 24-25) costituiscono una famiglia circoscritta ma morfo-funzionalmente riconoscibile del sistema difensivo sardo. La loro specificità risiede nella combinazione di una sola camera operativa, un'unica arma principale e una sequenza di feritoie distribuite lungo un fronte sfaccettato. La pluralità delle aperture non corrisponde quindi alla presenza simultanea di più postazioni: consente alla medesima arma di essere orientata verso settori differenti a partire da un unico spazio protetto.

Questa organizzazione distingue la famiglia dalle poliarma, nonostante la somiglianza della sagoma esterna. In entrambi i casi, le facce inclinate e la successione delle feritoie possono produrre un volume articolato e apparentemente plurifrontale. Nelle poliarma, tuttavia, tale articolazione deriva dall'aggregazione di più postazioni armate, frequentemente associate a camere specializzate; nelle monoarma poligonali, le diverse direzioni di tiro convergono invece su una sola camera e su un unico equipaggio d'arma. Il criterio discriminante non è pertanto il numero delle feritoie, ma il rapporto tra aperture, spazio operativo e armamento.

All'interno della camera, un banco di tiro continuo segue l'andamento del fronte sfaccettato e collega le diverse aperture. Su questo elemento poteva essere appoggiato e riposizionato l'affusto della mitragliatrice, trasferendo l'arma da una feritoia all'altra secondo la direzione da battere. Il funzionamento non corrisponde a un brandeggio continuo attraverso l'involucro murario, ma a una successione di posizioni predisposte. La geometria è quindi già radiale nel rapporto tra arma e spazio controllato, ma rimane discontinua perché organizzata mediante aperture distinte e separate dalla massa resistente.

L'analisi grafica indica per ciascuna feritoia un settore di tiro orientativamente compreso fra 45° e 60°, variabile in rapporto all'orientamento della faccia e all'ampiezza delle strombature. Questi valori non possono essere sommati meccanicamente, poiché i settori possono sovrapporsi e gli spigoli murari introducono discontinuità; la loro distribuzione permette tuttavia a una sola arma di controllare un arco complessivo pari o superiore a 180°. La copertura è potenzialmente ampia, ma non simultanea: durante l'impiego da una determinata feritoia, gli altri settori restano temporaneamente inattivi e richiedono il riposizionamento dell'arma.

Nel corpus analizzato ricorrono due configurazioni principali, distinte soprattutto dal numero delle feritoie e dall'articolazione geometrica della camera armata. La prima, dotata di cinque aperture, presenta una matrice più nettamente riconducibile al pentagono. Il fronte assume un andamento serrato e sfaccettato, nel quale le direzioni di tiro vengono distribuite fra le facce anteriori e laterali. Il banco interno riproduce tale andamento e mantiene le diverse posizioni di fuoco entro una cellula compatta.

La seconda configurazione dispone di sei feritoie e presenta un fronte più prossimo a un semiesagono. Il maggiore sviluppo delle facce operative amplia la successione delle direzioni disponibili e produce una copertura più avvolgente. Anche in questo caso, tuttavia, l'organizzazione non deriva dalla giustapposizione di più casematte: le aperture appartengono alla stessa camera e sono servite dalla medesima arma. Le configurazioni a cinque e sei feritoie devono pertanto essere considerate varianti interne della famiglia, non tipologie autonome, poiché condividono struttura funzionale, principio di tiro e rapporto fra banco e aperture.

La soluzione introduce una precisa forma di economia operativa. La copertura di più direzioni viene affidata a una sola arma e a un solo equipaggio, riducendo il numero delle postazioni necessarie rispetto a un organismo poliarma. Sul piano costruttivo, l'eliminazione delle camere specializzate e dei relativi collegamenti produce un impianto più compatto e distributivamente più semplice. Non è invece possibile quantificare l'effettivo risparmio di calcestruzzo in assenza di rilievi metrici comparabili: la presenza di numerose feritoie, strombature e spigoli richiede comunque un'articolazione dell'involucro più complessa rispetto alle monoarma circolari maggiormente standardizzate.

La semplificazione riguarda anche il coordinamento interno. L'equipaggio non deve integrare l'azione simultanea di più armi collocate in camere differenti, ma selezionare la feritoia più adatta in rapporto alla provenienza della minaccia. Ciò rende l'opera più autonoma nel presidio di un settore ampio, senza eliminare la necessità di coordinamento con le postazioni vicine: la singola arma non può infatti battere contemporaneamente tutte le direzioni rese disponibili dalla geometria pluriferitoia.

I casi finora riconosciuti mostrano una concentrazione nella Sardegna sud-occidentale, in particolare nell'area di Porto Pino e nel settore meridionale dell'arco di Santa Caterina. Tale distribuzione può indicare l'impiego localizzato di una soluzione condivisa o la circolazione di una medesima impostazione progettuale; non consente però, allo stato attuale, di attribuire la famiglia a una fase costruttiva autonoma. La prossimità territoriale costituisce un indizio, non una prova cronologica o documentaria.

Le casematte seminterrate poste sotto il faro di Calamosca e presso la Torre del Prezzemolo presentano un'affinità più prudente con questa famiglia. Il fronte sfaccettato e le due facce emergenti richiamano la matrice poligonale, ma l'interramento impedisce di verificare la continuità laterale delle aperture e l'organizzazione completa della camera. In assenza di un rilievo interno, esse devono quindi essere mantenute come casi formalmente affini, senza assimilarle automaticamente alle configurazioni pluriferitoia a cinque o sei aperture.

La classificazione proposta deriva infatti dall'analisi comparativa delle fotografie e degli eidotipi, non da rilievi metrici completi. Tale base permette di riconoscere con sufficiente attendibilità la camera unica, il numero delle feritoie, l'andamento del banco e le principali matrici geometriche; non consente invece di stabilire dimensioni esatte, angoli balistici puntuali, spessori o sequenze costruttive. I valori angolari e le relazioni proporzionali devono pertanto essere intesi come esiti dell'analisi grafica e verificati attraverso future acquisizioni metriche.

Sul piano genealogico, le monoarma poligonali pluriferitoia possono essere interpretate come una soglia di razionalizzazione fra l'organismo composto delle poliarma e la successiva stabilizzazione della monoarma circolare. Esse concentrano in una sola camera la copertura plurifrontale precedentemente ottenuta attraverso più postazioni e anticipano il principio radiale della monoarma matura. Questa posizione esprime una relazione morfologico-funzionale, non dimostra una successione cronologica diretta: in assenza di disegni tipo o dati di cantiere, non è possibile stabilire se le forme poligonali costituiscano una fase sperimentale precedente, una variante coeva o una soluzione locale parallela.

Le invarianti della famiglia sono quindi costituite dalla camera operativa unica, dall'impiego di una sola arma, dal banco di tiro continuo e dalla distribuzione pluriferitoia lungo un fronte sfaccettato. Numero delle aperture, matrice pentagonale o semiesagonale, estensione del settore controllato, configurazione dell'accesso e adattamento al terreno definiscono le varianti. La loro forma conserva esteriormente la complessità delle poliarma, ma la riconduce a un organismo più compatto, nel quale la pluralità delle direzioni viene ottenuta attraverso lo spostamento della stessa arma fra posizioni successive.



Fig. 24 — Bunker monoarma poligonale di Porto Pino. Fotografie di Daniele Grioni.

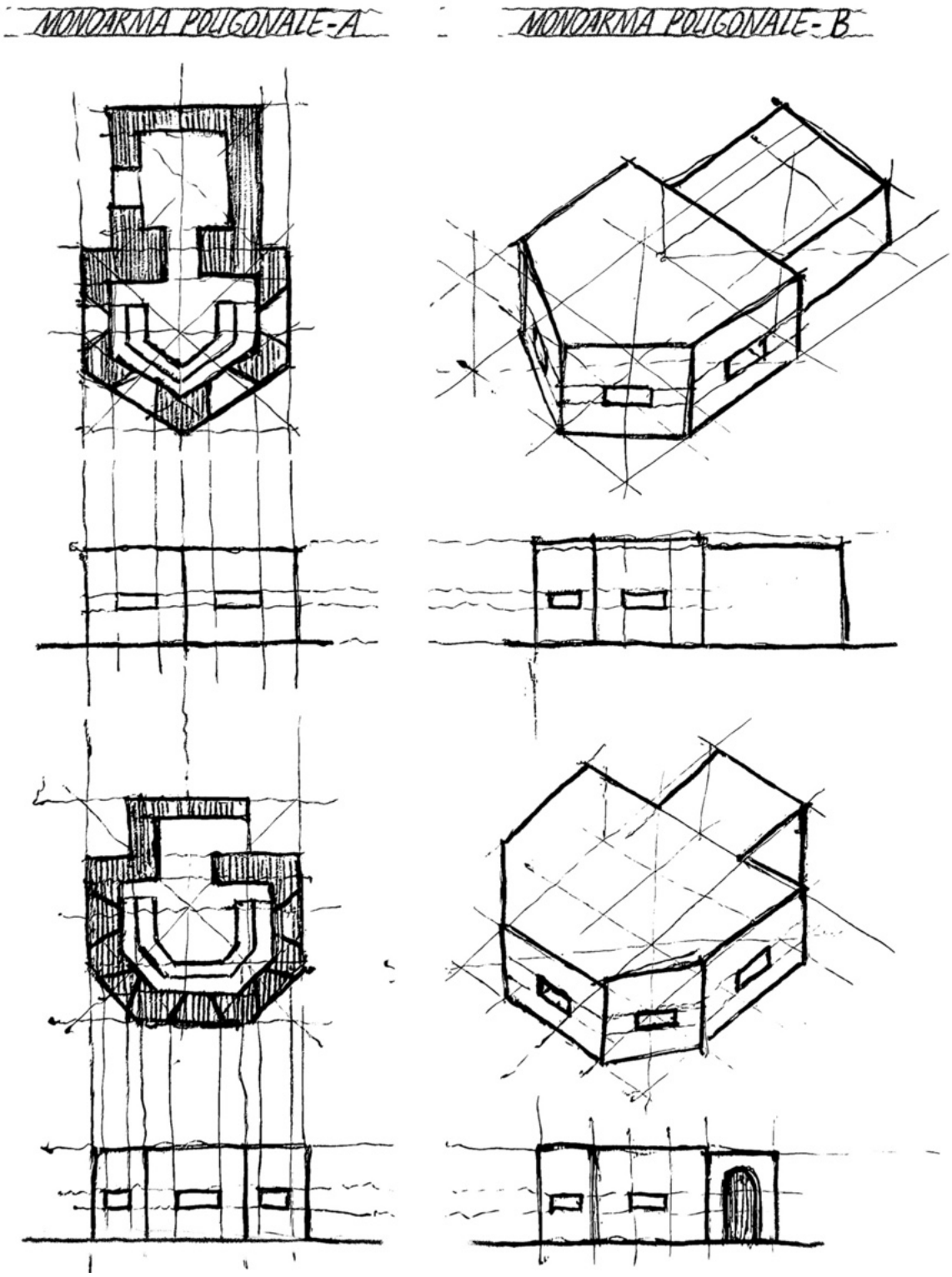


Fig. 25 — Monoarma poligonali pluriferitoia: confronto tra la variante a cinque feritoie, riconducibile a una matrice pentagonale, e la variante a sei feritoie, caratterizzata da un fronte semiesagonale. Piante, assonometrie e prospetti evidenziano la camera unica, il banco di tiro continuo e la distribuzione delle aperture. Ricostruzioni grafiche dell'autore.

6.2.5 — Monoarma circolari 1942–43: standardizzazione e cellula radiale

La postazione monoarma circolare (figg. 26-34) costituisce l'esito più compiutamente standardizzato della razionalizzazione costruttiva avviata nel sistema difensivo sardo durante il 1942. La tipologia concentra entro una cellula radiale di dimensioni contenute una sola arma automatica, il relativo equipaggio, più direzioni di tiro e le dotazioni necessarie al funzionamento della postazione. La Circolare 3700/S del 6 maggio 1942 costituisce il riferimento tecnico per questa codificazione e definisce la postazione circolare monoarma "tipo Ispettorato del Genio", destinata a mitragliatrice o fucile mitragliatore. La sua adozione in Sardegna dall'estate del 1942 non comportò la ripetizione invariabile di un unico progetto esecutivo, ma la diffusione di una matrice sufficientemente stabile da essere adattata a siti, settori di tiro e condizioni di protezione differenti (Ispettorato del Genio, 1942; Carro & Grioni, 2016, pp. 184, 194). Un possibile termine di confronto morfologico è riconoscibile nelle caponiere predisposte presso gli ingressi di alcune opere del Vallo Alpino. Non si tratta soltanto di postazioni compatte per la difesa ravvicinata: in alcuni casi il corpo armato assume uno sviluppo curvo o circolare, organizzato attorno al fucile mitragliatore e rivolto verso lo spazio immediatamente antistante l'accesso. L'affinità riguarda quindi la geometria della cellula, la concentrazione di un'arma leggera e la distribuzione plurifrontale delle aperture. La differenza funzionale rimane tuttavia sostanziale: nel Vallo Alpino la caponiera costituisce una componente subordinata di un'opera più complessa, mentre nella difesa costiera sarda la cellula circolare viene isolata, resa autonoma e moltiplicata come unità elementare del dispositivo territoriale. Il confronto individua pertanto una parentela morfo-funzionale, non dimostra una derivazione progettuale diretta.

Il nucleo del tipo è costituito da una camera di combattimento circolare o subcircolare, protetta da una massa in calcestruzzo e dotata di più feritoie distribuite lungo il perimetro. Alla cellula di tiro si innestano l'accesso e, secondo i casi, una riservetta, un piccolo ricovero o un corpo servente più articolato. La configurazione maggiormente ricorrente assume così un'impronta riconducibile alla "toppa di chiave": il cerchio individua il vano operativo, mentre il corpo posteriore quadrangolare o rettangolare contiene il collegamento con l'esterno e gli eventuali spazi annessi. La riconoscibilità tipologica dipende dalla stabilità della cellula circolare, non dalla silhouette complessiva dell'organismo. La standardizzazione riguarda anche il controllo dimensionale e costruttivo dello spazio interno. Diametro utile della camera, posizione dell'arma, quota e profondità del piano di appoggio, luce delle aperture e sviluppo delle strombature risultano coordinati entro un dispositivo unitario. Le feritoie presentano ricorrentemente una successione di tre risieghe, attraverso le quali l'apertura si amplia progressivamente verso l'esterno. Tale articolazione mantiene ridotta la luce esposta in prossimità della camera e, al tempo stesso, rende possibile il brandeggio dell'arma entro il settore assegnato a ciascuna apertura.

Una mensola anulare segue il perimetro interno della cellula e costituisce il piano operativo sul quale appoggiare e riposizionare l'affusto. Al di sotto sono ricavati vani o nicchie destinati alle munizioni e alle dotazioni immediatamente necessarie al tiro. La camera non è quindi un semplice spazio circolare circondato da aperture, ma un ambiente dimensionalmente calibrato nel quale arma, serventi, feritoie, mensola e riservette formano un unico sistema operativo. La ripetibilità del tipo dipende anche dalla stabilizzazione di questi rapporti interni, non soltanto dalla geometria esterna.

Il funzionamento segue un principio radiale per posizioni successive. La stessa arma viene trasferita fra le diverse feritoie in rapporto alla provenienza della minaccia; la copertura plurifrontale è pertanto potenziale, ma non simultanea. Rispetto alle monoarma poligonali pluriferitoia, la continuità geometrica della camera e della mensola rende più regolare il rapporto tra centro operativo, posizioni di fuoco e campo controllato. Le direzioni non dipendono più da una successione di facce planari, ma dalla suddivisione di un perimetro sostanzialmente continuo. Nel corpus analizzato si riconoscono due configurazioni principali. La prima distribuisce le feritoie lungo l'intero perimetro della camera e permette una copertura geometrica potenziale prossima a 360°. L'accesso deve in questo caso evitare di interrompere la continuità operativa del perimetro: il collegamento può avvenire da una quota inferiore, mediante una scala interna, un pozzo con scala a pioli oppure un percorso protetto che scende sotto il piano di campagna e risale verso la cellula di tiro.

La seconda configurazione concentra cinque feritoie sul fronte e sui lati, lasciando chiuso il settore posteriore occupato dall'accesso o dal corpo annesso. Nella pianta analizzata, gli assi delle cinque aperture si distribuiscono lungo un arco di circa 180°; le strombature delle due feritoie estreme estendono la copertura di circa 30° per lato. Ne deriva un campo geometrico potenziale prossimo a 240°. Il valore non indica la somma astratta dei singoli settori, ma l'inviluppo complessivo delle direzioni rese disponibili dalla geometria delle aperture. La letteratura riporta in termini generali una copertura "fino a 270°" per le postazioni con ricovero attiguo; tale indicazione deve essere intesa come limite raggiungibile da alcune configurazioni, non come misura invariabile della variante ridotta (Carro & Grioni, 2016, p. 188). Nei casi qui restituiti, il valore di circa 240° risulta maggiormente coerente con la pianta e con il numero delle feritoie.

Fra le configurazioni a copertura completa e ridotta possono ricorrere condizioni intermedie, determinate dal numero delle aperture, dalla loro ampiezza, dalla posizione del corpo servente e dalla direzione assegnata alla postazione. I valori di 360° e 240° individuano pertanto i due assetti principali documentati, non modelli rigidamente separati. Il settore effettivamente battibile dipende inoltre dall'ingombro dell'arma e dell'affusto, dalla posizione del tiratore, dalla quota delle feritoie e dagli ostacoli presenti nel terreno; quello ricavato dalla pianta deve essere interpretato come campo geometrico potenziale. Le modalità di accesso costituiscono uno dei principali campi di variazione. Accanto agli ingressi pressoché complanari al piano di campagna ricorrono scale esterne o interne, accessi ribassati, pozzi con scale a pioli e percorsi articolati mediante discesa e successiva risalita. Quest'ultima soluzione consente di raggiungere una cellula emergente senza sottrarre una porzione del perimetro alle feritoie. Non risultano invece sufficientemente documentati, nelle monoarma analizzate, accessi organizzati mediante vere e proprie rampe. Le diverse soluzioni rispondono alla quota della camera, alla necessità di proteggere l'ingresso e all'estensione del settore di tiro, senza determinare sottotipi autonomi.

La geometria radiale della cellula non comporta una distribuzione uniforme della massa resistente. I rilievi mostrano casi nei quali lo spessore aumenta verso il mare, verso la direttrice di possibile attacco o lungo il settore maggiormente esposto, mentre si riduce sul lato posteriore, controterra o protetto dal corpo annesso. L'involucro esterno può pertanto assumere un andamento eccentrico o rastremato pur conservando una camera operativa circolare. Questa variazione registra una gerarchia della protezione: maggiore investimento di materiale verso la minaccia e minore consistenza nelle parti schermate dal terreno o dagli spazi aggiunti. La resistenza, prevalentemente riferibile ai piccoli calibri nel corpus rilevato, rimane un attributo costruttivo trasversale e non modifica l'appartenenza tipologica.

Anche i corpi annessi confermano il carattere adattabile dello standard. Alla cellula circolare possono associarsi brevi vestiboli, piccoli vani quadrangolari, ricoveri allungati, corridoi protetti, ambienti laterali o organismi che collegano più postazioni. Queste addizioni modificano la silhouette planimetrica e il rapporto tra pieno resistente e spazio praticabile, ma non alterano il principio della famiglia finché ciascuna cellula operativa rimane organizzata attorno a una sola arma. La prototipazione interessa quindi soprattutto il nucleo armato; accessi, ricoveri e collegamenti costituiscono componenti adattive. La regolarità del volume circolare, vantaggiosa sul piano costruttivo e operativo, rendeva la postazione facilmente riconoscibile, soprattutto dall'osservazione aerea. Il camouflage interviene secondo strategie differenti. L'incorporazione topografica impiega interramento, riporti di terra, pietrame, rocce artificiali e sistemazione della copertura per ridurre l'emersione del corpo e assimilarlo alla morfologia. La mimesi architettonica o tecnica trasforma invece la casamatta in cisterna, serbatoio idrico, piccolo manufatto rurale o parte di un edificio. Corpi quadrangolari possono inglobare l'impronta circolare entro una sagoma edilizia apparentemente ordinaria, mentre rivestimenti lignei, schermature e altri dispositivi deperibili ne modificano temporaneamente profilo, ombra e consistenza materica.

Il mascheramento non determina varianti tipologiche autonome. La stessa cellula può presentarsi come corpo seminterrato, finta cisterna, serbatoio, volume rurale o rilievo artificiale senza perdere la propria identità morfo-funzionale. Occorre pertanto distinguere la configurazione resistente — camera, feritoie, mensola, accesso e massa protettiva — dalla forma apparente costruita dal camouflage. Quest'ultima può trasformare radicalmente la percezione esterna dell'opera, ma non sostituisce il criterio classificatorio

fondato sul rapporto fra arma e spazio operativo. Le invarianti della famiglia sono costituite dalla camera circolare o subcircolare, dall'impiego prevalente di una sola arma automatica, dalla mensola anulare con le dotazioni sottostanti, dalla distribuzione radiale delle feritoie e dalla possibilità di riposizionare l'arma fra aperture successive. Estensione del settore controllato, numero delle feritoie, configurazione delle risieghe, distribuzione degli spessori, modalità di accesso, presenza di ricoveri, grado di interramento e camouflage definiscono invece le varianti. La monoarma circolare non coincide quindi con una copia seriale invariabile, ma con un prototipo dimensionalmente e funzionalmente controllato, capace di assorbire adattamenti locali senza perdere la propria riconoscibilità tipologica.

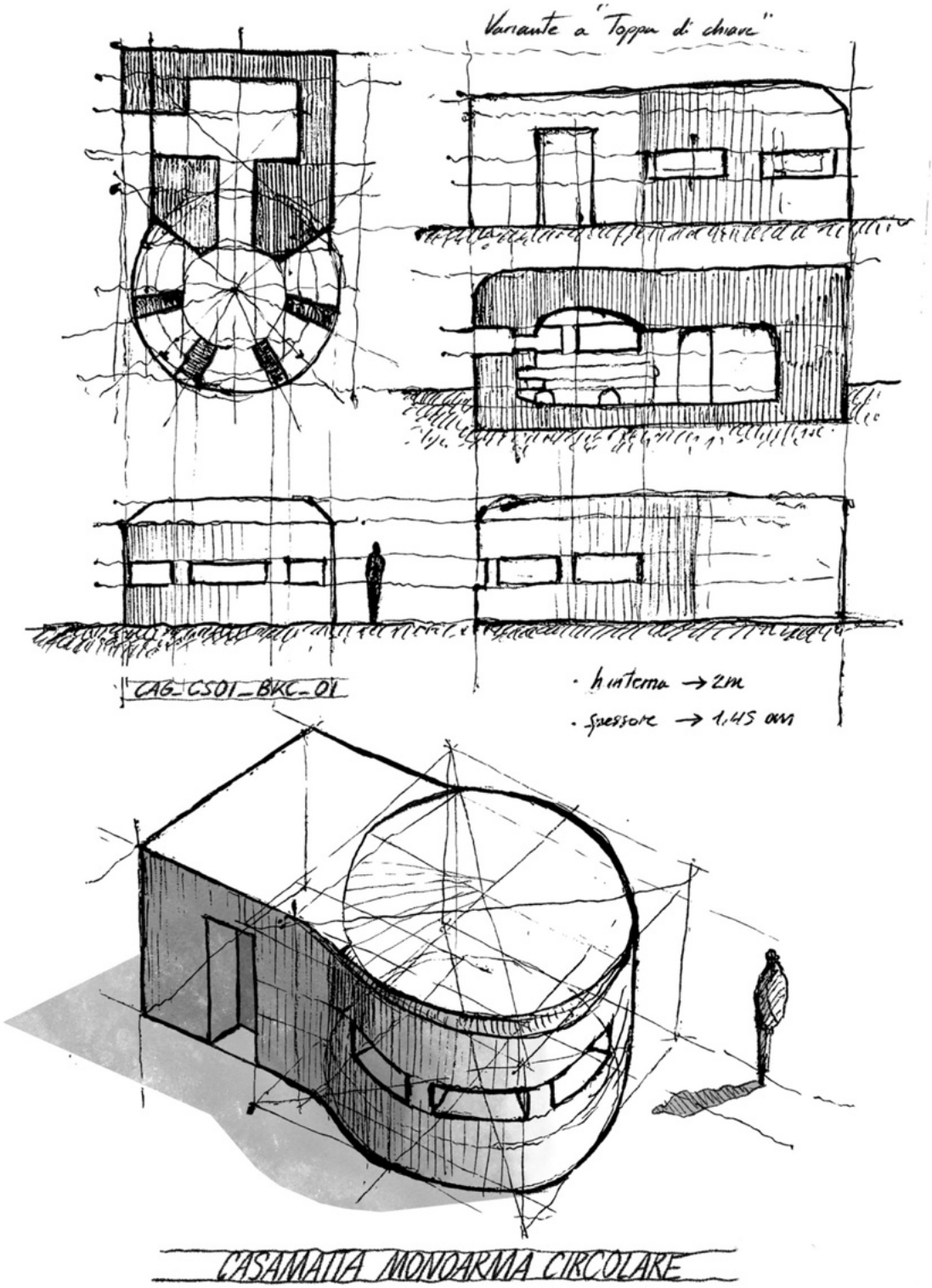


Fig. 26 — Postazione monoarma circolare a toppa di chiave. Lettura grafica del manufatto architettonico. Disegno dell'autore.

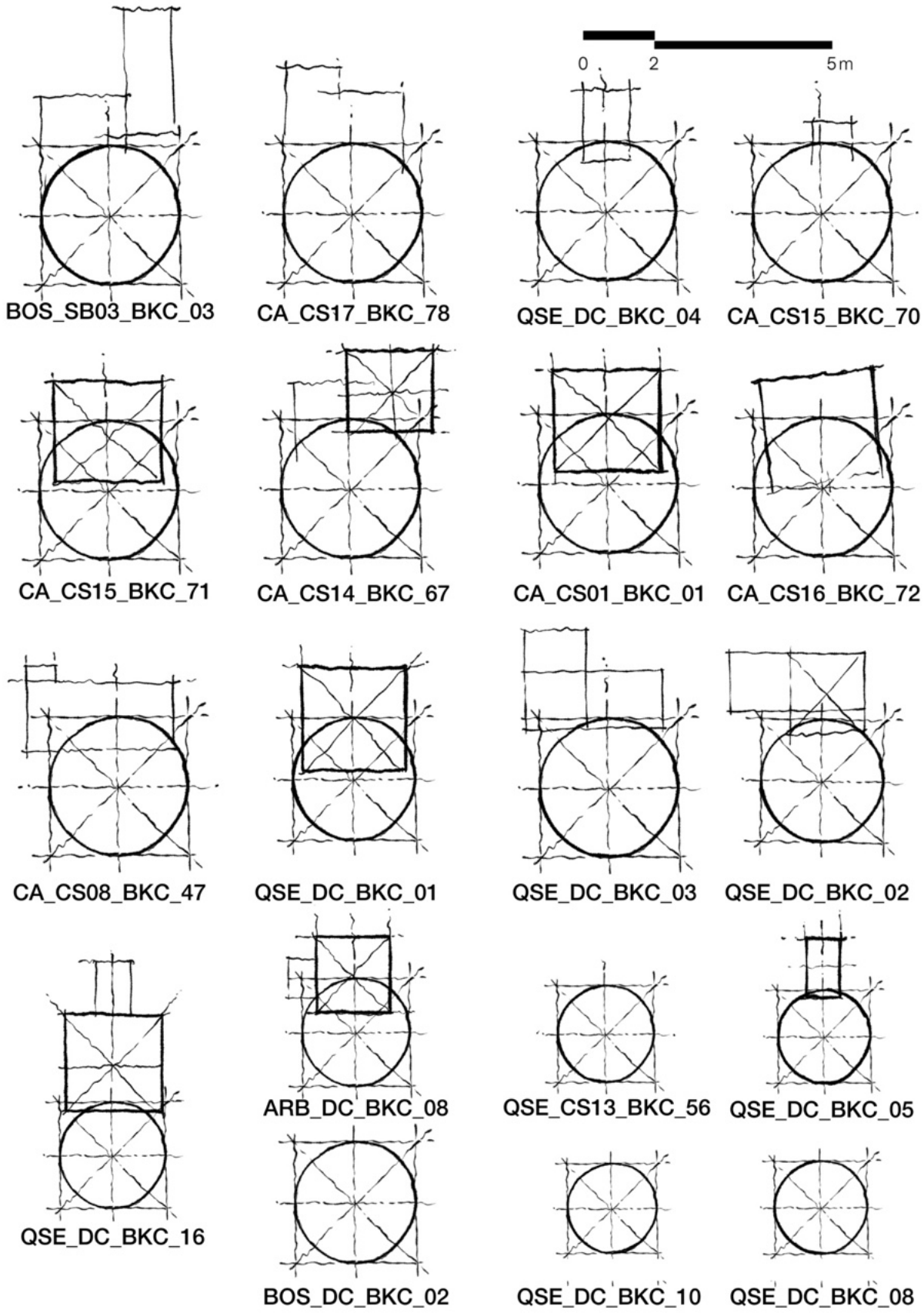


Fig. 27 — Casematte circolari del settore di Cagliari: lettura della matrice geometrica fondata sulla combinazione tra cerchio e quadrato e sulle diverse articolazioni degli elementi accessori. Disegni dell'autore.

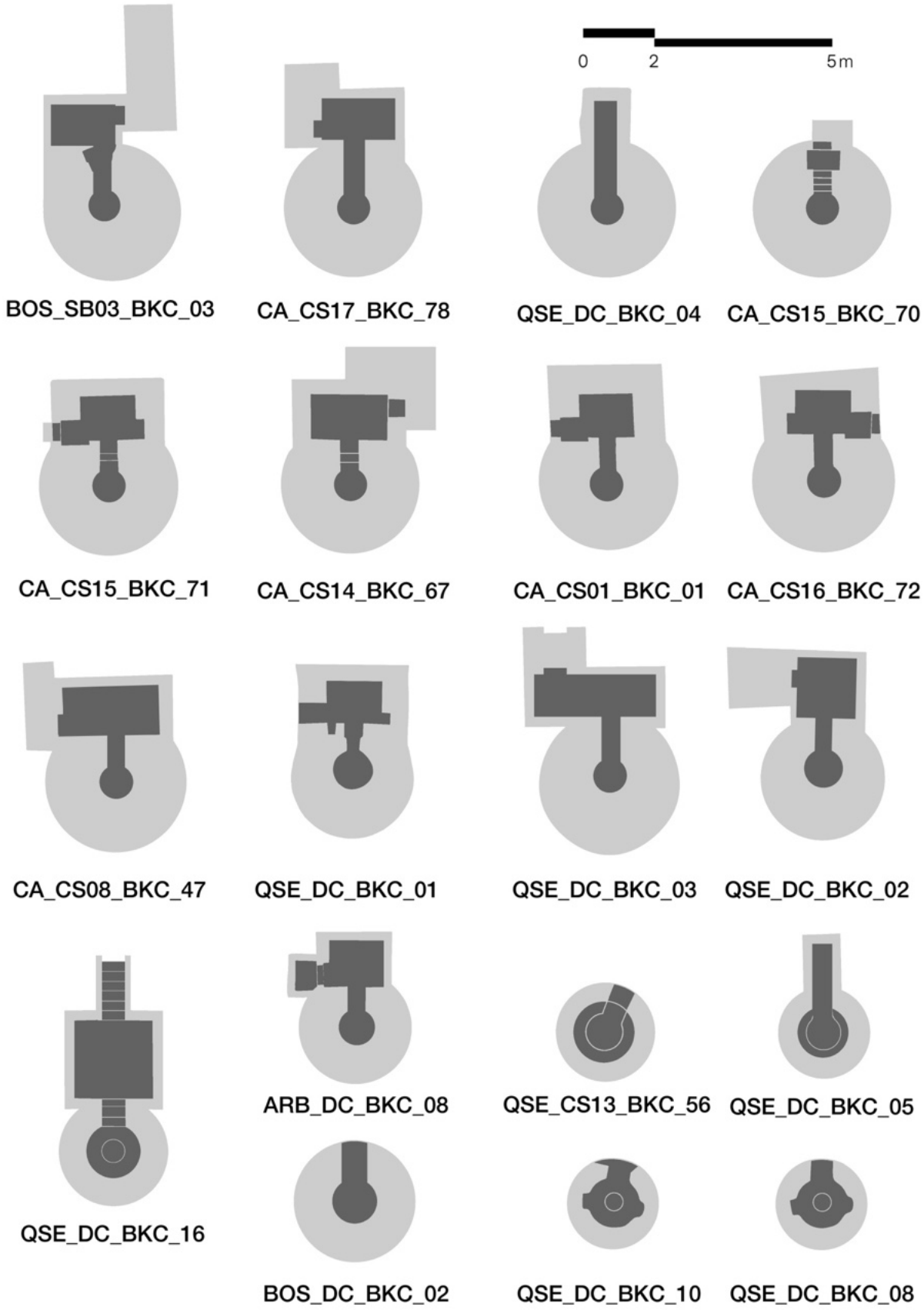


Fig. 28 — Rapporto tra spazio praticabile interno e massa muraria nelle casematte monoarma e nei nuclei fissi con cellula circolare: confronto tra pieno protettivo e vuoto operativo. Disegni dell'autore.

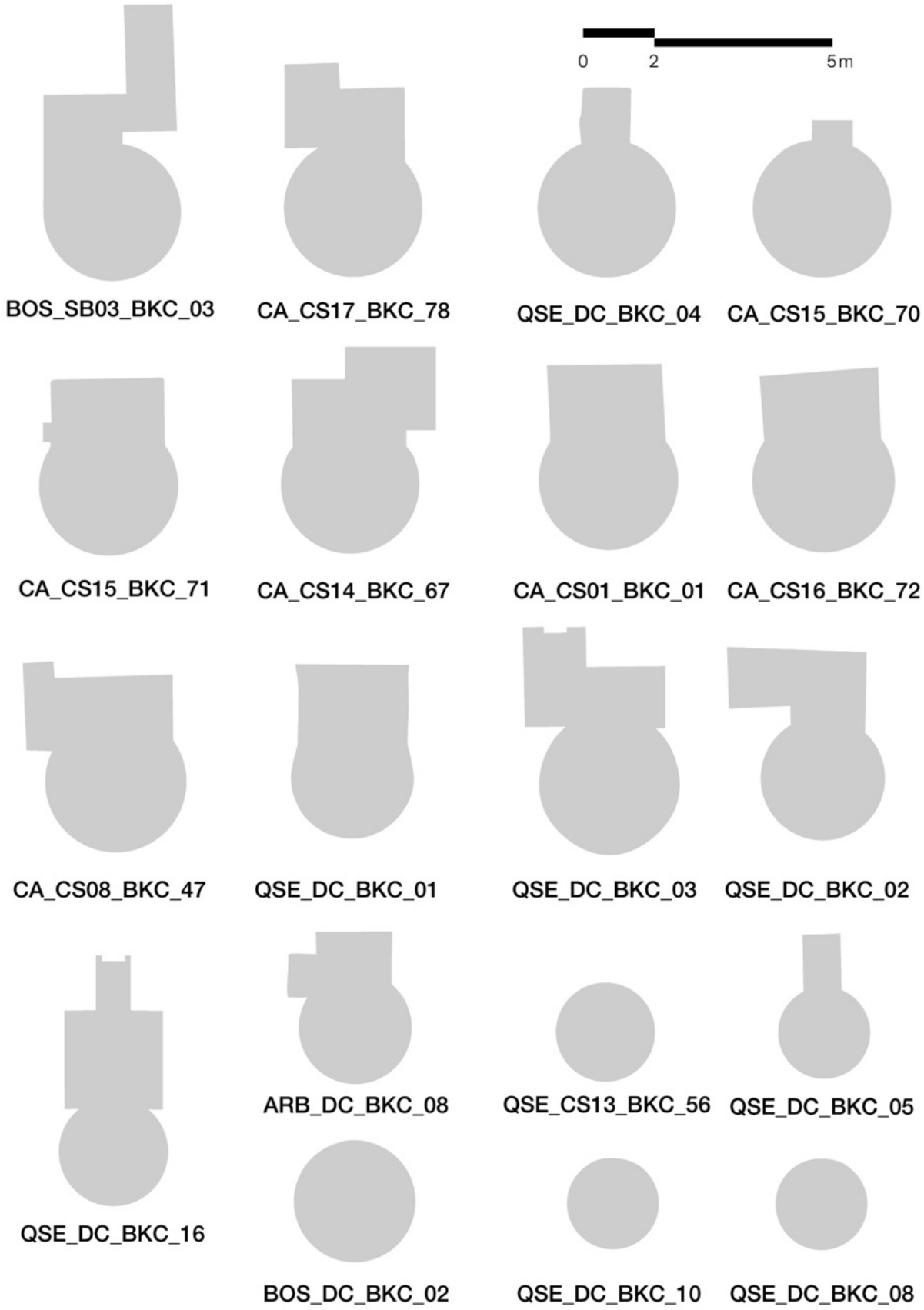


Fig. 29 — Silhouettes dei bunker monoarma circolari: confronto tra impianto, distribuzione interna, camere di tiro e accessi. Disegni dell'autore.

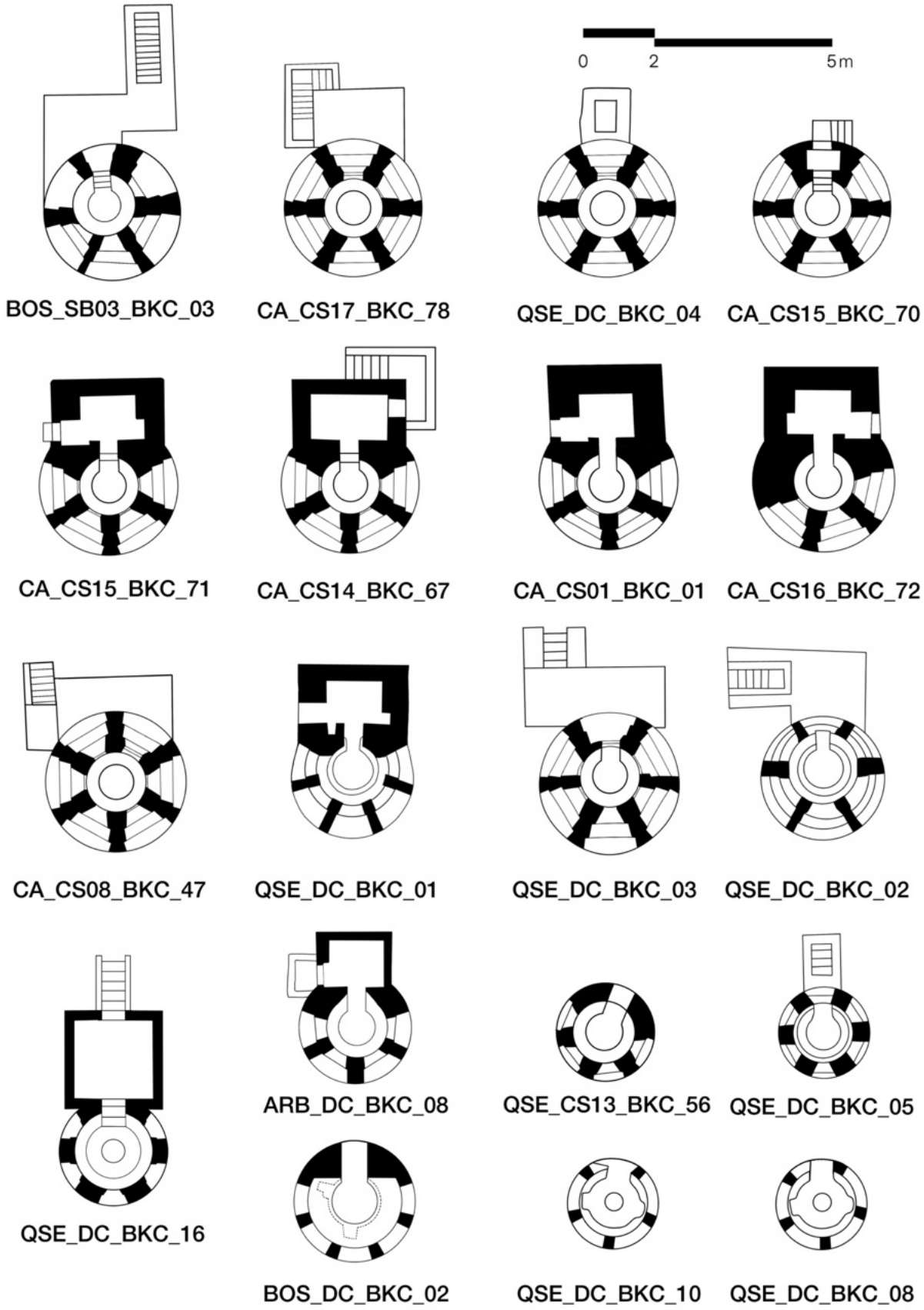


Fig. 30 — Piante dei bunker in casamatta circolare con composizioni semplici: confronto tipologico tra cellula armata, accesso e piccoli vani annessi. Disegni dell'autore.

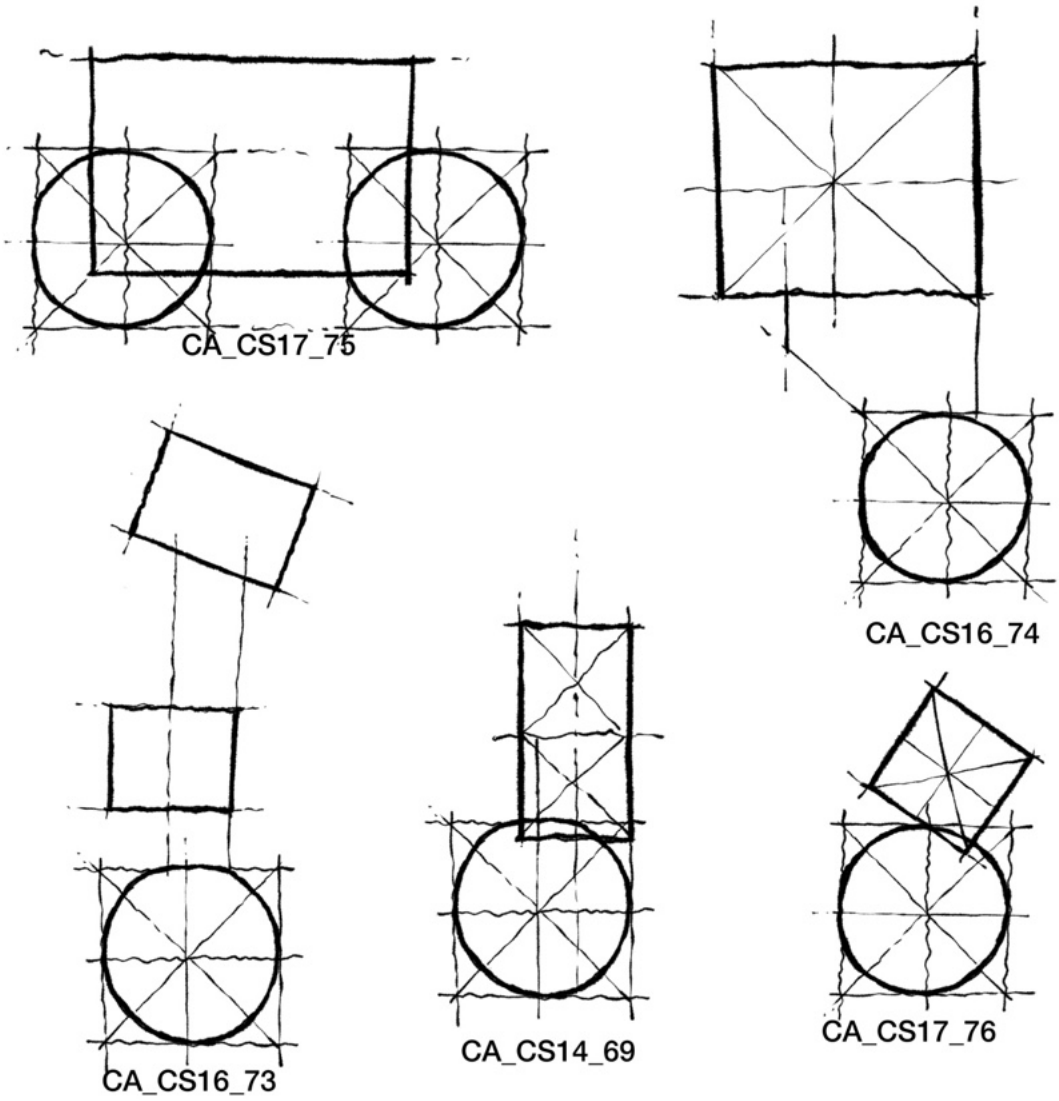


Fig. 31 — Matrici geometriche del quadrato e del cerchio nei bunker circolari con ricoveri articolati: combinazioni compositive tra cellula armata e spazi accessori. Disegni dell'autore.

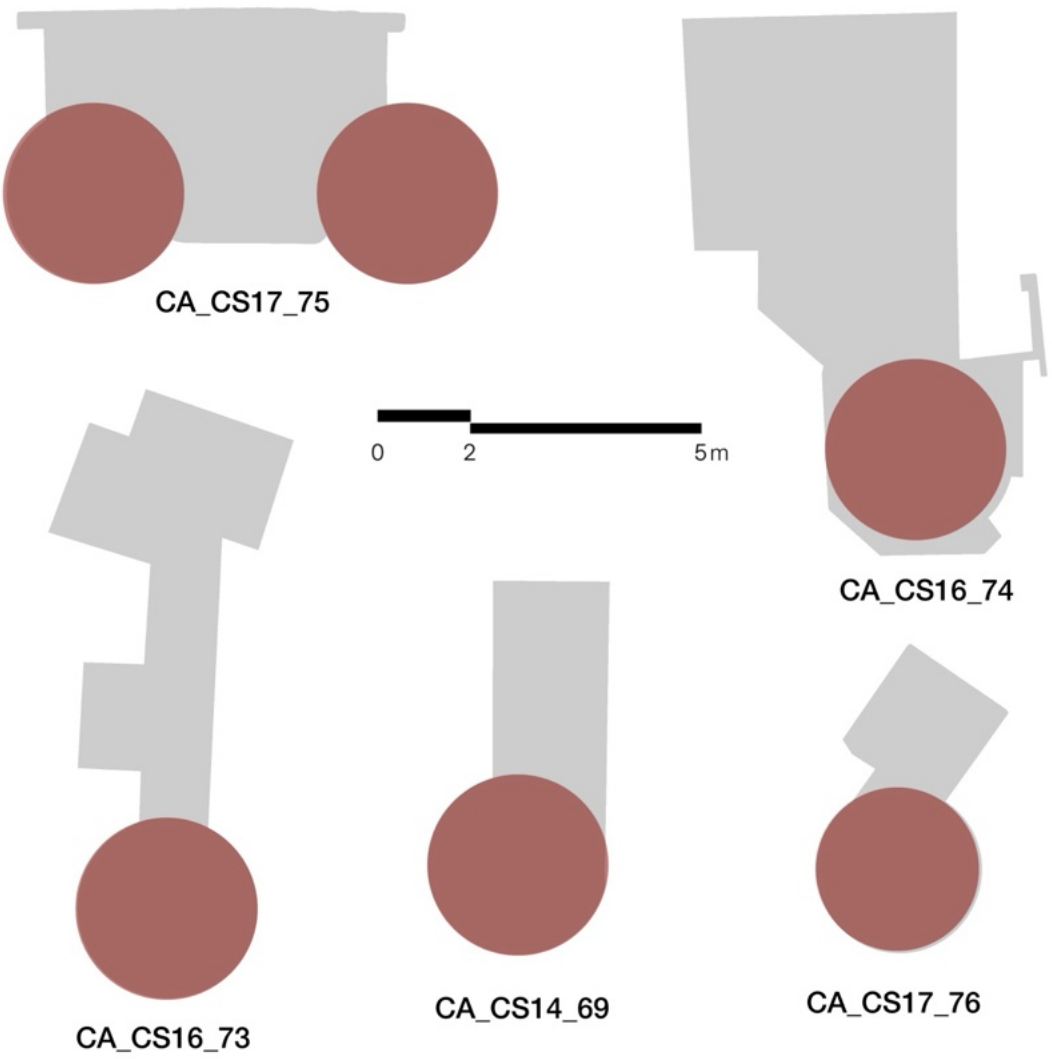


Fig. 32 — Cellula circolare e ricoveri complessi: inserimento della postazione armata entro organismi più articolati, con accessi, vani protetti e spazi serventi. Disegni dell'autore.

.

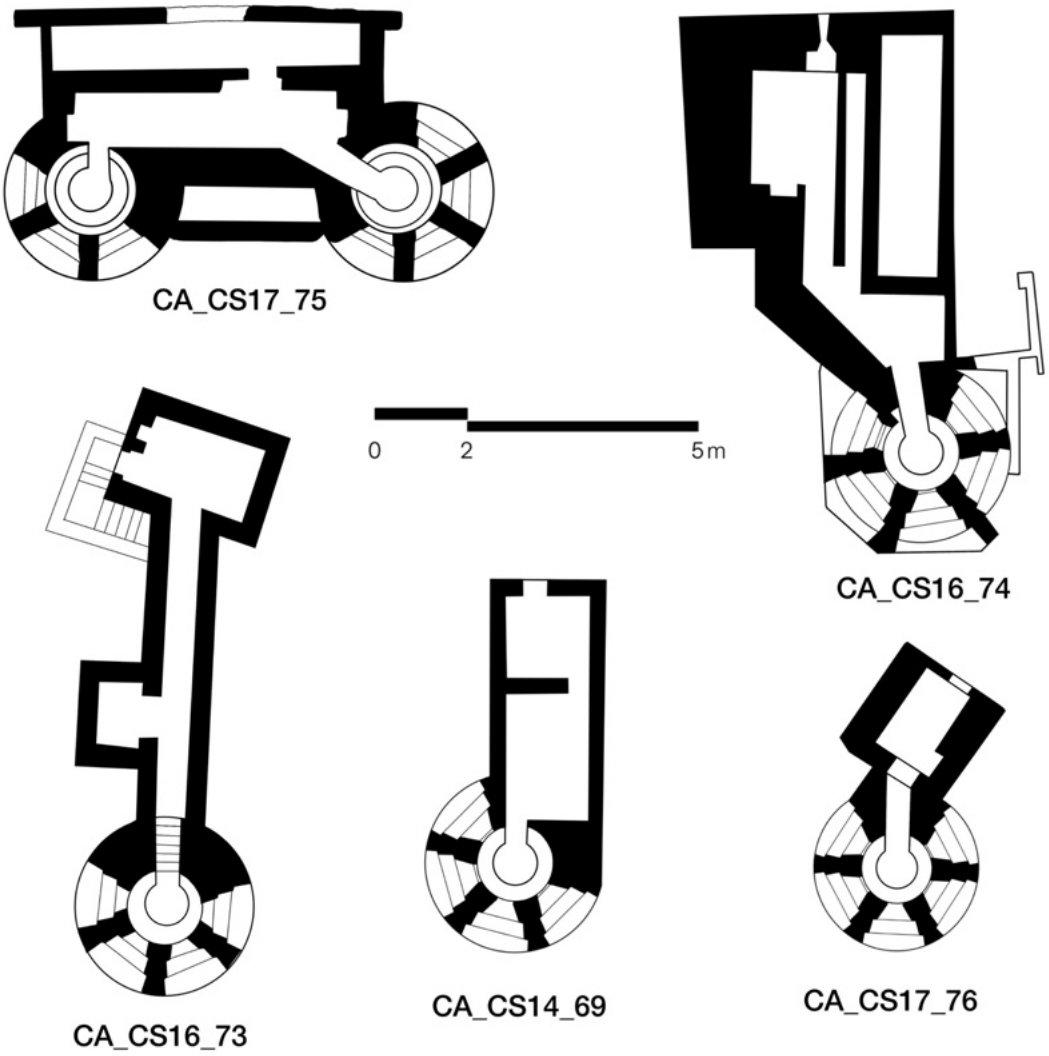


Fig. 33 — Piante restituite dei bunker circolari con ricoveri complessi: confronto tra cellula armata, accessi, vani serventi e sviluppo planimetrico dell'organismo difensivo. Disegni dell'autore.

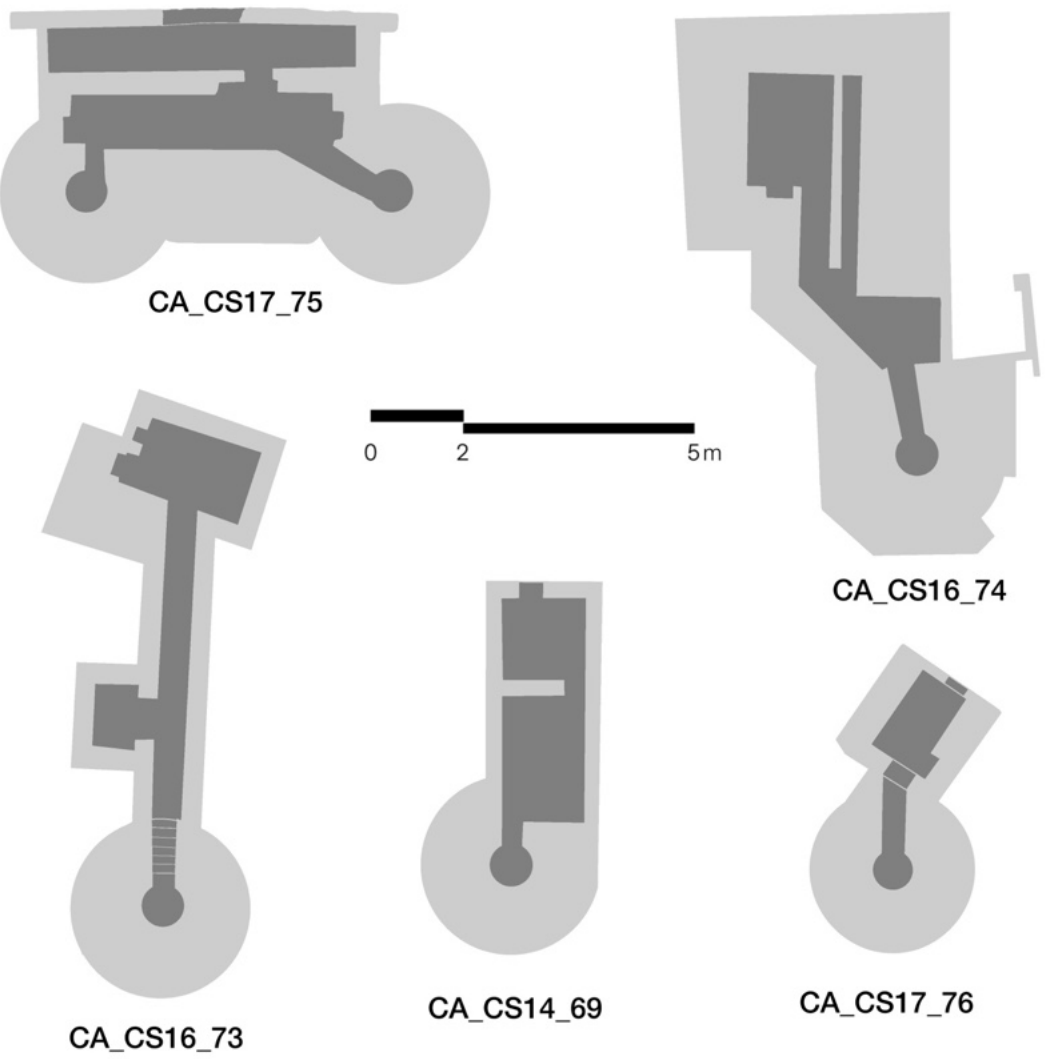


Fig. 34 — Rapporto tra spazio interno, massa muraria e silhouette nei bunker circolari con ricoveri complessi: confronto tra impianto, spessore protettivo e sagoma planimetrica. Disegni dell'autore.

6.2.6 — Bunker controcarro 1942–43: casamatta e barbetta con ricovero

Nel ciclo costruttivo del 1942–43, le opere destinate ai pezzi controcarro costituiscono una linea specialistica parallela rispetto alle postazioni per armi automatiche. La loro presenza risponde alla necessità di contrastare mezzi corazzati contro i quali il fuoco delle mitragliatrici risultava inefficace. L'impiego di un cannone modifica scala e organizzazione della postazione: aumentano le dimensioni della camera, gli spazi necessari alla manovra dell'affusto e dei serventi, la consistenza delle masse protettive e la capacità dei vani destinati alle munizioni. La varietà dei pezzi disponibili, comprendente anche armamenti di preda bellica, impedisce tuttavia di associare la famiglia a un solo modello di cannone. La ricorrenza tipologica riguarda soprattutto il rapporto fra arma, spazio operativo e campo di tiro.

La casamatta controcarro riprende, a una scala maggiore, il principio introdotto dalla monoarma circolare. Nelle poliarma, le camere e le relative armi sono orientate verso settori distinti e coordinati; nella monoarma, invece, una sola arma automatica viene trasferita fra più feritoie distribuite lungo il perimetro. La casamatta controcarro applica la stessa logica radiale a un pezzo di maggiori dimensioni: amplia la camera, adegua aperture e dispositivi di appoggio e rende il cannone utilizzabile da posizioni successive lungo un campo potenziale prossimo a 360°. La relazione non implica che il controcarro costituisca una fase evolutiva successiva alla monoarma, ma evidenzia il trasferimento del medesimo principio operativo a una funzione balistica differente.

All'interno della famiglia si distinguono due configurazioni principali (figg. 35 e 36): il bunker controcarro in casamatta e il bunker controcarro in barbetta con ricovero. La prima protegge arma ed equipaggio entro una camera chiusa; la seconda colloca il pezzo su una piazzola aperta e concentra la protezione nei vani coperti sottostanti o laterali. Le due configurazioni non rappresentano stadi successivi, ma differenti economie di protezione applicate alla medesima funzione.

La documentazione postbellica del 1948 conservata presso l'Archivio del XIV Reparto Infrastrutture restituisce una delle configurazioni più articolate della casamatta controcarro. Il tipo G', indicato come postazione per cannone da 47/32, presenta una camera circolare di circa 4,00 m di diametro, pareti di circa 1,50 m e una copertura di circa 1,25 m, con resistenza attribuita ai medi calibri. Le dimensioni maggiori rispetto alle monoarma per mitragliatrice rispondono all'ingombro del cannone, dell'affusto e di un equipaggio composto da più serventi.

La camera superiore è organizzata secondo otto direzioni radiali, disposte approssimativamente ogni 45°. Sette corrispondono a feritoie gradonate; l'ottava coincide con un'apertura verticale collegata all'ingresso. Attraverso questo varco potevano essere introdotti i componenti del cannone e accedere i serventi, ma il settore rimaneva utilizzabile anche per il tiro. L'intero perimetro della casamatta poteva quindi essere impiegato dalla stessa arma, orientata di volta in volta verso una delle aperture. La copertura prossima a 360° deriva dalla successione delle posizioni predisposte, non da un brandeggio continuo paragonabile a quello di una torretta.

Questa configurazione trasferisce alla scala del pezzo controcarro la struttura radiale già riconosciuta nella monoarma: una sola arma, una camera centrale e più direzioni di tiro. Cambiano tuttavia le operazioni necessarie al riposizionamento. La mitragliatrice poteva essere spostata lungo la mensola anulare e riallineata rapidamente; il cannone richiedeva una superficie di manovra più ampia, dispositivi di appoggio e il coordinamento dei cinque o sei serventi indicati per questa classe di opere (Galligani & Almaviva, 2020, pp. 32–33).

Lo sviluppo su due livelli costituisce la variante più complessa e meno frequente. Alla camera di combattimento superiore si sovrappone un vano interrato cruciforme, dotato di accesso autonomo dall'esterno. Nel punto centrale del solaio si apre un foro circolare di oltre un metro di diametro, corrispondente alla posizione del cannone nel piano superiore. Il confronto fra il disegno del tipo G', le casematte studiate ad Alghero e il manufatto rilevato ad Arborea mostra la ricorrenza di questa

organizzazione: camera radiale superiore, vano cruciforme sottostante, foro centrale e percorsi di accesso distinti.

Nel repertorio di Alghero e Porto Ferro, Galligani e Almaviva riconoscono sette casematte controcarro, tre delle quali sviluppate su due livelli. Gli autori interpretano il foro centrale soprattutto come dispositivo per lo scarico dei bossoli, che potevano essere trasferiti nel vano sottostante senza ingombrare la camera durante il tiro. L'ipotesi risulta coerente con il numero dei serventi, la ridotta superficie libera attorno al pezzo e la necessità di mantenere accessibili le munizioni conservate in un ambiente separato. Il foro stabilisce inoltre un rapporto diretto fra il vano inferiore e il punto d'impianto del cannone, ma il disegno non restituisce elementi meccanici sufficienti per ricostruire una manovra dell'affusto comandata dal basso. Il piano interrato può quindi essere interpretato come spazio tecnico-servente destinato prevalentemente alla raccolta dei bossoli e al supporto della camera superiore.

L'accesso alla camera di tiro presenta caratteristiche strettamente legate all'introduzione del pezzo. Nei casi esaminati assume la forma di un'apertura ribassata, talvolta configurata a T, sufficientemente ampia per consentire il passaggio dei componenti del cannone, successivamente assemblato all'interno. La stessa apertura lasciava esposto il settore posteriore e poteva essere protetta mediante dispositivi antischegge reversibili, presumibilmente costituiti da sacchi di terra o di sabbia. Anche in questo caso la geometria dell'ingresso partecipa al funzionamento della postazione e non costituisce un elemento distributivo autonomo.

La seconda configurazione è rappresentata dal bunker controcarro in barbetta con ricovero. Il pezzo opera da una piazzola aperta, generalmente circolare, impostata su un basamento in calcestruzzo dimensionato per sostenerne il peso e assorbire le sollecitazioni prodotte dal tiro. L'assenza di una copertura sopra l'arma amplia il campo di brandeggio, ma espone maggiormente cannone ed equipaggio. La protezione viene trasferita ai vani coperti destinati al personale, alle munizioni e al servizio immediato del pezzo.

Nella soluzione più ricorrente, le scale e gli ambienti protetti si sviluppano in rapporto diretto con la circonferenza della piazzola. Una o due discese laterali seguono il profilo curvilineo e conducono a due vani coperti, disposti sotto o ai lati del piano di tiro. Piazzola, scale, ricoveri e riservette sono realizzati come un organismo unitario: il piano superiore sostiene l'arma, mentre il corpo protetto garantisce riparo e continuità operativa. È questa connessione strutturale e funzionale a distinguere il bunker controcarro in barbetta da una semplice piazzola d'artiglieria. Il disegno del CAG_CS01 "Pachino", presso la foce del Rio Fangario, documenta una variante distributiva della stessa matrice. Il documento, contrassegnato come tipo I, indica una postazione in calcestruzzo destinata a cannone da 75/27 oppure a obice da 100/17 e resistente ai medi calibri. Alla piazzola circolare è collegato un corpo rettangolare contenente due vani coperti di dimensioni differenti, raggiunti mediante una scala di discesa; il percorso prosegue lateralmente fino a una seconda scala di uscita. La distribuzione non avvolge regolarmente la circonferenza, ma si sviluppa tangenzialmente su un solo lato della piazzola.

La differenza rispetto alla configurazione più comune riguarda quindi il tracciato distributivo, non il principio tipologico. Anche nel Caposaldo I, piazzola armata, doppio vano protetto e collegamenti verticali costituiscono una massa solidale in calcestruzzo. La postazione conserva la relazione fondamentale fra posizione di tiro aperta e nucleo bunkeristico servente, adattandola alla conformazione del sito e alla direzione assegnata al pezzo. La variante mostra inoltre che la barbetta controcarro non era necessariamente vincolata al 47/32, ma poteva essere dimensionata per armamenti differenti e di calibro maggiore.

La classificazione come bunker non dipende pertanto dalla presenza di una copertura sopra l'arma. Quando la piazzola è organicamente connessa a un corpo permanente in calcestruzzo, provvisto di ricoveri, riservette e accessi protetti, l'opera appartiene ai bunker da combattimento. Una piazzola isolata, priva di spazi coperti integrati, rientra invece negli apprestamenti d'artiglieria. Lo stesso criterio distingue la barbetta controcarro dal Tobruk: nel primo caso cambiano scala, armamento, sollecitazioni strutturali e articolazione dei vani

serventi; nel secondo la protezione avvolge parzialmente il tiratore entro una cellula ridotta destinata prevalentemente a un'arma automatica.

Casamatta e barbetta esprimono due differenti rapporti fra protezione e mobilità. La casamatta investe una maggiore quantità di calcestruzzo nella difesa del pezzo e dei serventi, ma suddivide il campo di tiro attraverso aperture radiali. La barbetta lascia il cannone scoperto, consente un brandeggio più libero e concentra la massa resistente nei vani di ricovero e servizio. In entrambi i casi, la specializzazione architettonica non garantiva automaticamente l'efficacia tattica: questa dipendeva dal modello e dallo stato del cannone, dal munizionamento disponibile, dalla distanza di tiro e dalla protezione dei mezzi avversari.

Nel dispositivo territoriale, le postazioni controcarro integravano il fuoco delle monoarma e delle poliarma. Le armi automatiche contrastavano prevalentemente la fanteria e rallentavano la progressione sul terreno; i pezzi controcarro controllavano strade, varchi, ponti e direttrici percorribili dai mezzi corazzati. Le invarianti della famiglia risiedono pertanto nella funzione di interdizione, nella scala dell'arma, negli spazi necessari ai serventi e nella connessione fra posizione di tiro e strutture di supporto. Camera chiusa o piazzola aperta, uno o due livelli, campo radiale o brandeggio libero, modello del pezzo, disposizione degli accessi e organizzazione dei ricoveri definiscono invece le varianti.

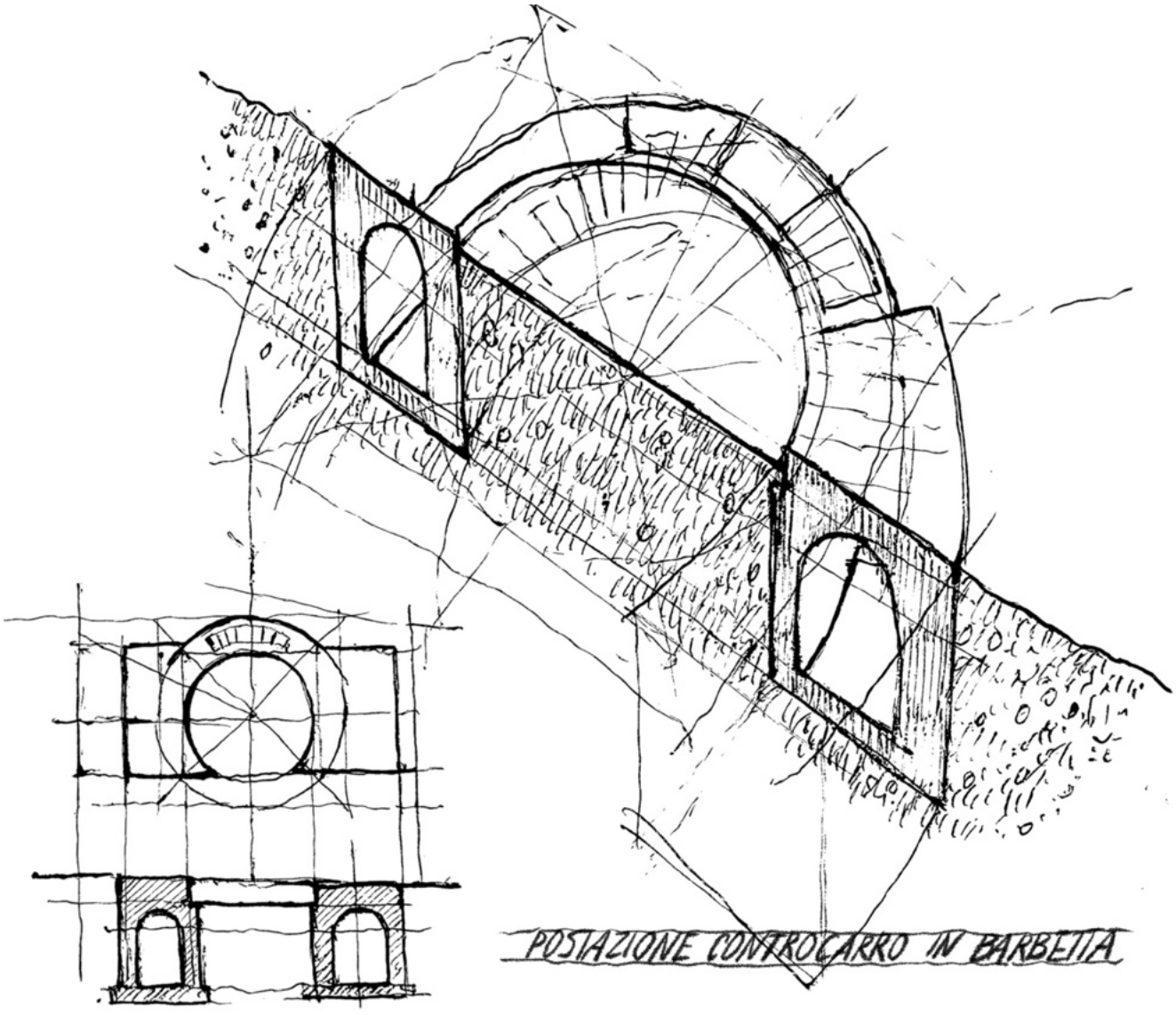


Fig. 35 — Postazione circolare controcarro in barbetta: sezione e spaccato assonometrico per la lettura del rapporto tra ricovero, piazzola d'arma e sviluppo verticale del manufatto. Disegni dell'autore.

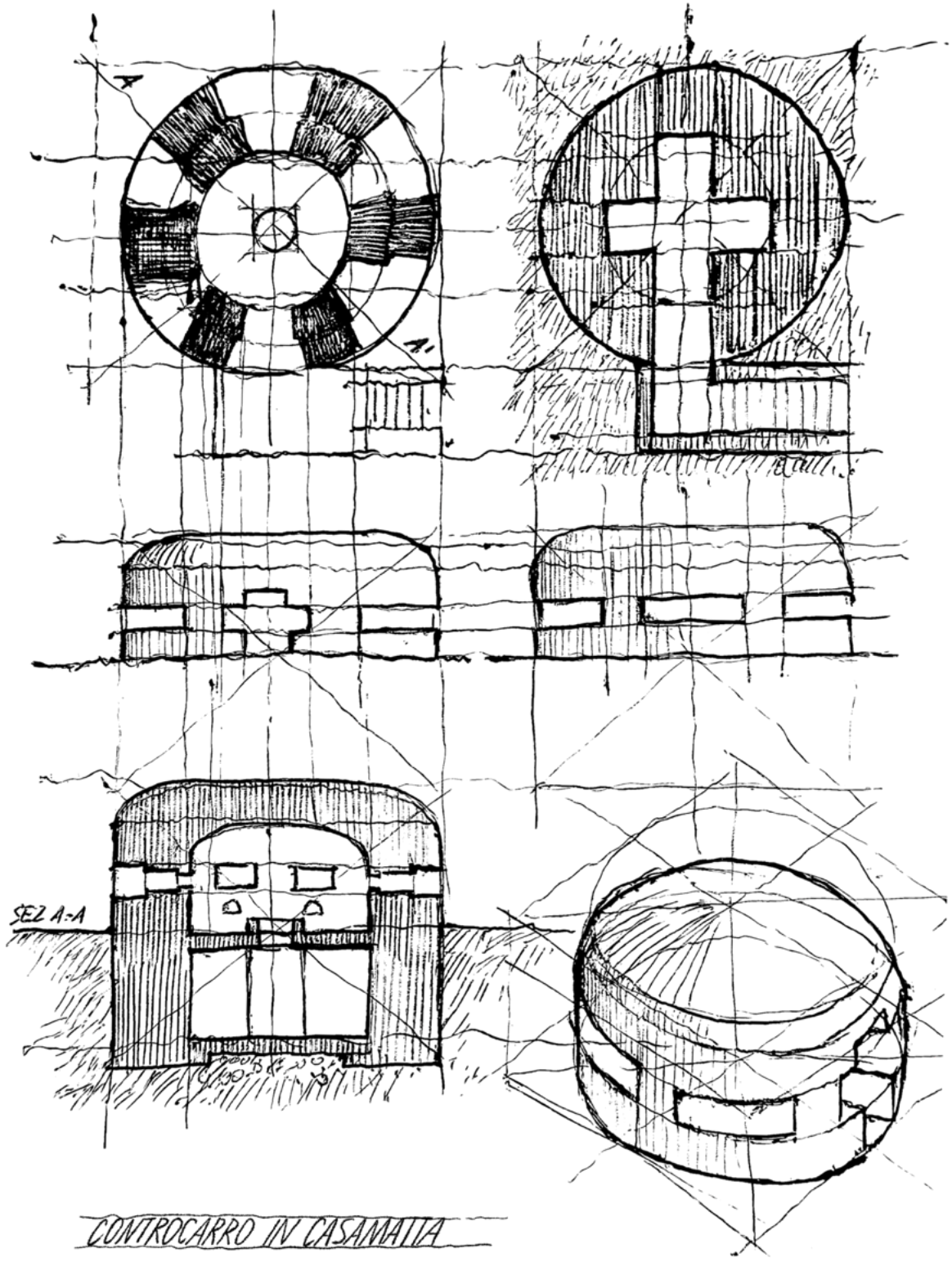


Fig. 36 — Postazione controcarro in casamatta circolare: sezione e assonometria per la lettura del manufatto. Disegni dell'autore.

6.2.7 — Tobruk e postazioni leggere per armi automatiche in barbetta: riduzione della cellula armata

I Tobruk (figg. 37) e le postazioni leggere in barbetta rappresentano la forma più contratta della cellula armata nel ciclo costruttivo del 1942–43. Il minore impiego di calcestruzzo, la rapidità di esecuzione e il profilo prevalentemente interrato consentivano di moltiplicare i punti di fuoco e di occultarli più facilmente mediante terreno, pietrame e vegetazione. Queste opere potevano quindi completare la difesa di un caposaldo, presidiare un accesso o infittire localmente la continuità del fuoco senza richiedere la costruzione di un'ulteriore casamatta chiusa.

Il principio operativo rimane affine a quello della monoarma circolare: una sola mitragliatrice o un fucile mitragliatore viene impiegato su un campo ampio, potenzialmente esteso all'intero orizzonte. Cambia però la distribuzione della protezione. La copertura resistente viene eliminata e sostituita dall'interramento, dal basso profilo e da un parapetto che protegge il tiratore lasciando libera la parte superiore. Nel corpus si riconoscono quattro configurazioni: il Tobruk in calcestruzzo armato con ricovero, nella versione scoperta o predisposta per una cupola metallica; la più rara postazione anulare con aperture radiali e priva di ricovero; le postazioni campali o semipermanenti che ne riproducono il principio mediante scavo, terra e pietrame. Le prime due configurazioni appartengono allo stesso tipo costruttivo, modificato soltanto dal dispositivo di copertura. Il Tobruk propriamente detto corrisponde al tipo B registrato nei rilievi postbellici. Il CAG_CS06_BKC_37, nel caposaldo di San Michele–via Cinquini, presenta una cellula circolare di tiro collegata a un piccolo ricovero rettangolare, dal quale una scala conduce all'esterno sul lato opposto. Nel caso documentato, il collegamento si innesta obliquamente rispetto al ricovero; altri esemplari dispongono invece i due elementi sullo stesso asse oppure introducono brevi scale e raccordi intermedi. La disposizione planimetrica può quindi variare, mentre rimane stabile la sequenza funzionale formata da cellula armata, collegamento protetto, ricovero e uscita.

Le quote dei documenti d'archivio e dei manufatti rilevati mostrano che questa riduzione non coincide con un dimensionamento arbitrario. Nelle opere classificate come resistenti ai piccoli calibri, gli elementi protettivi presentano ricorrentemente spessori compresi fra 1,40 e 1,50 m, riconoscibili anche nelle casematte poliarma e nelle postazioni leggere più compatte. I vani coperti mantengono generalmente un'altezza utile compresa fra 1,85 e 2,00 m, con riduzioni occasionali fino a circa 1,75 m. La contrazione interessa pertanto soprattutto l'estensione planimetrica e il numero degli ambienti, mentre spessori e altezze restano calibrati sulle esigenze minime di protezione e utilizzo. La cellula del tipo B poteva rimanere scoperta oppure ricevere una cupola d'acciaio quadriferitoia. Il documento archivistico mostra un elemento fissato mediante perni e staffe annegati nel calcestruzzo e provvisto di calotte mobili in corrispondenza delle aperture, attraverso le quali l'arma poteva coprire complessivamente 360°. La cupola incrementava la protezione del tiratore senza modificare l'organizzazione del corpo interrato e poteva essere applicata alla medesima matrice formata da pozzo, collegamento e ricovero. Nessuna cupola è stata finora riscontrata sui manufatti censiti; il documento attesta tuttavia che il tipo era predisposto per ricevere questo corazzamento.

Una seconda soluzione, indicata nei rilievi come tipo C, riduce ulteriormente l'organismo eliminando il ricovero. La postazione è costituita da uno spazio centrale circolare di circa 2,00 m di diametro, circondato da un anello resistente spesso circa 1,40 m e articolato mediante otto aperture radiali. L'arma, collocata sul basamento centrale, poteva essere orientata verso le diverse aperture, ottenendo una copertura prossima a 360°. Questa configurazione riprende direttamente il principio della monoarma pluriferitoia, ma sostituisce la camera coperta con una barbetta aperta superiormente: la massa anulare protegge frontalmente il tiratore, mentre l'assenza del ricovero concentra l'intera costruzione nella sola posizione di combattimento.

Nel Golfo di Cagliari sono stati riconosciuti due esemplari riconducibili al tipo C, entrambi nel CAG_CS08, nell'area del Seminario. La corrispondenza con il rilievo d'archivio consente di interpretarli come postazioni compiute e non come monoarma rimaste prive della parte superiore. La loro rarità indica una soluzione codificata ma scarsamente applicata, distinta dal Tobruk tipo B per l'anello pluriferitoia, la maggiore concentrazione della massa attorno alla posizione di tiro e l'assenza di spazi serventi.

Un’ulteriore riduzione si osserva nelle postazioni realizzate mediante semplice scavo, parapetti in pietrame, murature a secco o riporti di terra. Queste strutture riproducono il profilo basso e il campo operativo del Tobruk, affidando al terreno gran parte della protezione e limitando al minimo l’impiego di materiali industriali. Quando manca un nucleo resistente in calcestruzzo armato, non rientrano tuttavia nei BKC, ma nelle postazioni campali o semipermanenti — PCA — assimilabili al Tobruk per principio operativo. La distinzione riguarda quindi la consistenza costruttiva e il grado di permanenza, non la sola forma della posizione di tiro. La diffusione di Tobruk, barbette e postazioni semipermanenti risulta particolarmente evidente nei settori difensivi approntati più tardi, come l’arco di Porto Torres. Qui la riduzione della cellula armata permetteva di integrare rapidamente le opere principali, adattando numero, materiali e disposizione dei punti di fuoco alle condizioni locali.

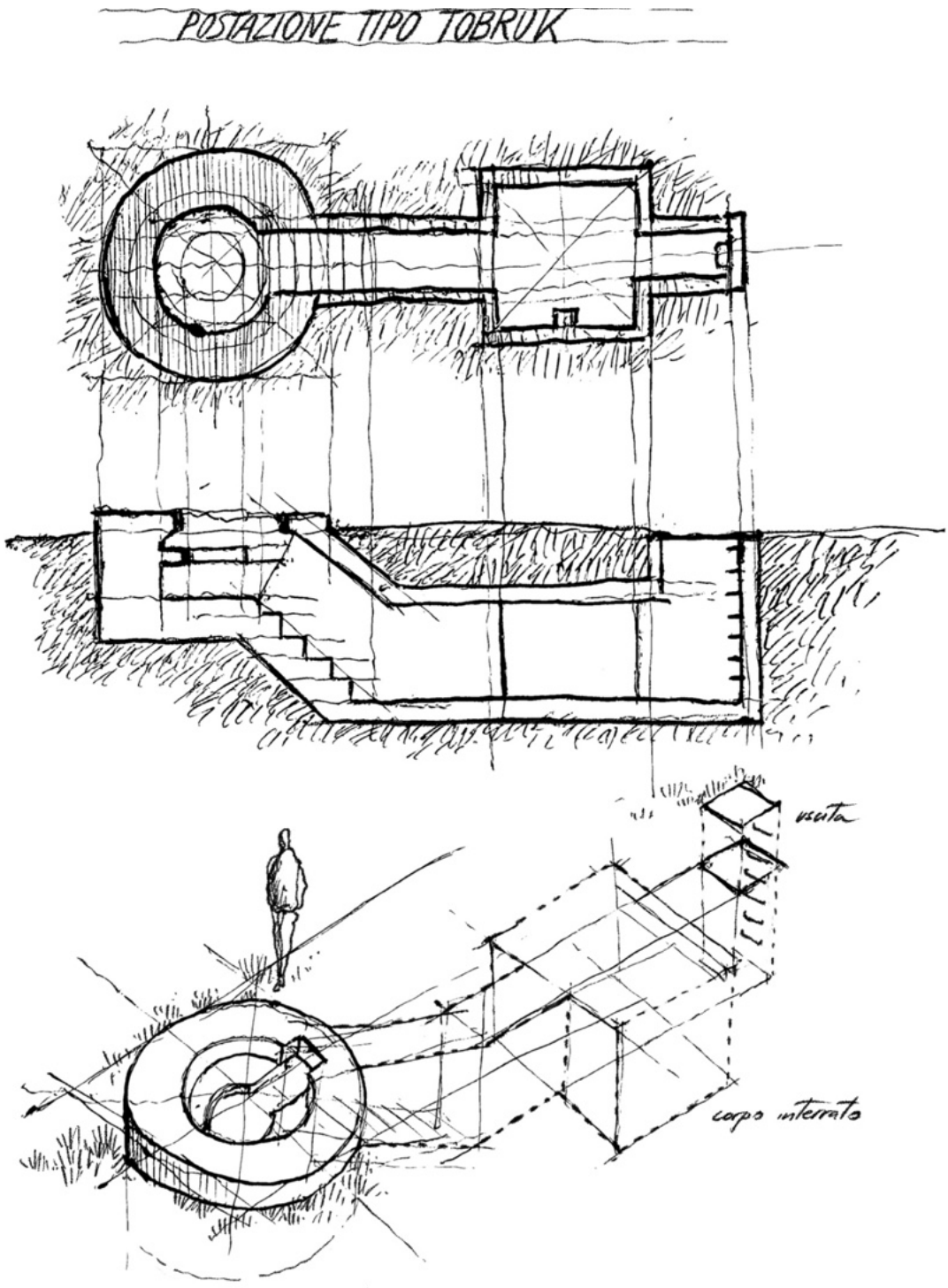


Fig. 37 — Tobruk: rilievo a vista e spaccato assonometrico tipo per la lettura della cellula armata, dell’accesso e del rapporto tra corpo interrato e parte emergente. Disegni dell’autore.

6.3 — Dalla genealogia tipologica alla logica del caposaldo

6.3.1 — La standardizzazione nei bunker sardi

Nel sistema difensivo sardo la standardizzazione non coincide con la ripetizione integrale di manufatti identici, ma non può neppure essere ridotta a una semplice convergenza empirica di soluzioni simili. Soprattutto dopo la fase dei nuclei fissi, la progettazione e la costruzione delle opere si svolgono entro un sistema comune di norme, manuali e pratiche tecniche che regola i principali caratteri dimensionali, costruttivi e funzionali: gradi di resistenza, spessori, altezze interne, passaggi, aperture, scale, riservette e dispositivi di protezione. La varietà delle configurazioni planimetriche non implica pertanto l'assenza di standard, ma mostra il diverso livello al quale essi operano. In alcuni casi vengono normalizzate soprattutto misure e componenti; in altri si stabilizzano camere operative e regole di aggregazione; nelle famiglie più mature la codificazione arriva a investire l'intera cellula armata.

Il quadro manualistico e regolamentare ricostruito nel Capitolo 1 attesta questa comune grammatica tecnica della fortificazione permanente. Memorie, sinossi e disposizioni traducono i principi dottrinali in criteri di protezione, regole dimensionali, schemi distributivi e indicazioni esecutive, definendo un campo di soluzioni controllate entro il quale l'opera può essere adattata alla funzione e al sito (Ispettorato del Genio Militare, 1934; Ministero della Guerra, n.d.). Ciò che rimane parzialmente irrisolto non è quindi l'esistenza di una normazione comune, ma la possibilità di ricondurre ciascun bunker sardo a uno specifico disegno-tipo o a una singola disposizione esecutiva. I documenti del 1948, in particolare, costituiscono rilievi postbellici di manufatti già costruiti e non possono essere assunti automaticamente come prototipi progettuali. Il riconoscimento della standardizzazione deriva pertanto dall'incrocio fra tre livelli di evidenza: il quadro prescrittivo generale, la documentazione archivistica delle opere e la comparazione metrica e morfo-funzionale del corpus rilevato.

Un primo riscontro riguarda il dimensionamento elementare degli spazi. Nei manufatti analizzati, l'altezza interna utile si mantiene generalmente fra circa 1,75 e 2,00 m, con valori ricorrenti prossimi a 1,80–2,00 m; gli accessi e i passaggi protetti presentano larghezze prevalentemente comprese fra circa 0,80 e 1,00 m. Intervalli analoghi ricorrono anche nei ricoveri tubolari, appartenenti a una famiglia funzionale diversa dai bunker da combattimento, nei quali l'altezza interna si attesta frequentemente intorno ai 2,00 m e gli accessi intorno a 0,80 m. La persistenza di tali misure oltre le singole famiglie indica l'adozione di un dimensionamento operativo condiviso, calibrato sul transito del personale, sul trasporto delle dotazioni e sulla necessità di contenere il volume da proteggere.

La standardizzazione interessa anche elementi più minuti, non sempre determinanti per la forma esterna ma essenziali per l'uso dell'opera: alzata e pedata dei gradini, larghezza delle rampe, passo dei pioli nelle scale verticali, dimensioni delle riservette, ampiezza delle soglie e proporzioni delle aperture. Queste ricorrenze mostrano che la standardizzazione agisce prima ancora della definizione tipologica complessiva, regolando i rapporti fra corpo, movimento, arma e spazio interno. I valori dimensionali più salienti assunti in questa sede derivano dal confronto fra i manufatti rilevati e vanno quindi intesi come intervalli ricorrenti del costruito; la loro corrispondenza puntuale con le quote prescritte dai singoli documenti tecnici dovrà essere verificata ogni volta che la fonte sia disponibile. Tale cautela non mette in discussione il quadro normativo, ma distingue la presenza di regole comuni dalla ricostruzione documentaria della loro applicazione caso per caso.

Un secondo livello di stabilizzazione riguarda la massa resistente. Nei nuclei fissi, riferibili a una fase più precoce e a una protezione prevalentemente antischeggia, gli spessori murari si mantengono generalmente intorno a 0,40 m. Nelle opere del ciclo 1942–43 attribuite al regime di resistenza contro i piccoli calibri, le parti maggiormente esposte raggiungono invece con notevole regolarità spessori compresi fra circa 1,40 e 1,50 m. Le coperture presentano un campo di variazione più ampio, generalmente compreso fra circa 0,60 e 1,00 m, con valori superiori in alcuni casi. Lo scarto fra nuclei fissi e opere successive non costituisce una semplice oscillazione dimensionale all'interno di una medesima famiglia, ma segnala il passaggio fra differenti regimi protettivi e differenti livelli di codificazione costruttiva. Lo spessore assume così un valore insieme tecnico e tipologico: permette di distinguere manufatti che possono condividere una pianta circolare, una

pluralità di aperture o una funzione di presidio, ma che rispondono a condizioni diverse di protezione e maturazione progettuale.

Pareti e coperture non vanno tuttavia interpretate come valori isolati. La loro dimensione dipende dalla posizione della superficie rispetto alla minaccia, dal grado di interramento, dal rapporto con il terreno e dalla possibilità di integrare la massa costruita con la protezione offerta dal suolo. La variazione degli spessori non contraddice quindi la normazione, ma ne mostra il carattere prestazionale: lo standard definisce criteri e soglie di resistenza, mentre il progetto distribuisce la massa in relazione all'esposizione effettiva delle parti. La regola non produce necessariamente un involucro uniforme, ma governa il rapporto fra lato esposto, lato protetto, copertura e terreno.

La feritoia rende particolarmente leggibile questa relazione fra norma, componente e funzione. La sua profondità corrisponde alla massa muraria attraversata e può quindi raggiungere, nelle opere maggiormente protette, valori prossimi a 1,40–1,50 m. Essa non costituisce però la semplice sottrazione di un vuoto nella parete: svasatura, quota, ampiezza delle aperture interna ed esterna e raccordo con la camera operativa traducono lo spessore resistente in un dispositivo calibrato sull'arma, sul campo di tiro e sulla protezione dei serventi. Il carattere ricorrente deve pertanto essere verificato sull'intero sistema formato da camera, arma e apertura, non sulla sola profondità della feritoia. Lo stesso principio riguarda riservette, nicchie, accessi protetti, rampe e collegamenti: la ripetizione delle singole parti rinvia a un vocabolario tecnico comune, mentre la loro disposizione concorre alla configurazione specifica dell'organismo.

Nelle poliarma, la standardizzazione si manifesta soprattutto a questo livello componente e compositivo. Il corpus non restituisce un unico impianto planimetrico riprodotto senza modificazioni; ricorrono invece camere operative specializzate, feritoie, riservette, accessi protetti, corridoi e dispositivi di collegamento, combinati secondo configurazioni differenti. La corrispondenza fra camera e armamento, l'orientamento dell'apertura, la protezione dell'ingresso e la disposizione degli spazi serventi rimangono riconoscibili anche quando cambia la sagoma complessiva. La ripetizione interessa quindi le parti e le relazioni che ne regolano l'aggregazione, mentre l'impianto planimetrico assorbe il numero delle armi, le direzioni di tiro e le condizioni morfologiche del sito.

La poliarma può essere interpretata, in questo senso, come esito di una semi-prototipazione compositiva. Le componenti presentano caratteri sufficientemente stabili da consentirne il riconoscimento comparativo, ma la loro aggregazione non restituisce un organismo invariabile. Le matrici pentagonali, semiesagonali, rettangolari smussate o più irregolari individuate attraverso il ridisegno non rappresentano forme arbitrarie: costituiscono differenti applicazioni di un numero limitato di regole distributive e operative. Lo standard non coincide quindi con una pianta unica, ma con una sintassi capace di coordinare componenti normate entro configurazioni adattate.

Nelle monoarma circolari del ciclo 1942–43 , il grado di stabilizzazione coinvolge invece più chiaramente l'intera cellula operativa (figg. 38-39). Camera radiale, feritoie perimetrali, massa resistente e innesto dell'accesso formano una matrice riconoscibile e ampiamente ripetuta nel sistema sardo. La standardizzazione riguarda in questo caso il rapporto complessivo fra spazio interno, arma, campo di tiro e protezione: una sola camera consente di impiegare la medesima arma attraverso aperture differenti, concentrando entro un organismo compatto funzioni che nelle poliarma erano distribuite fra più vani. La maggiore stabilità della cellula non esclude variazioni nel diametro interno, nel numero e nella disposizione delle feritoie, nella geometria dell'ingresso, negli spessori delle parti meno esposte o nel grado di interramento. Tali scarti restano però contenuti entro una matrice sufficientemente codificata da preservare la riconoscibilità della famiglia.

Il limite dello standard emerge con maggiore evidenza quando alla cellula armata vengono associati ricoveri, tunnel, scale, rampe o ulteriori vani di servizio. In queste configurazioni la monoarma permane come nucleo operativo relativamente stabile, mentre lo sviluppo dell'organismo complessivo varia in rapporto alla quota, al terreno, all'accessibilità, al mascheramento e alla posizione nel raggruppamento. La standardizzazione dei

bunker sardi assume pertanto un carattere selettivo: il sistema normativo controlla misure, prestazioni e componenti; alcune famiglie stabilizzano le regole di composizione; altre giungono alla ripetizione di una cellula armata compiutamente riconoscibile. La variante non si colloca fuori dallo standard, ma opera entro il campo da esso delimitato. Nel passaggio dalla cellula all'organismo si manifesta così il carattere adattivo del sistema: quanto è direttamente determinato dall'uso, dall'arma e dalla protezione tende a permanere, mentre accessi, collegamenti, corpi annessi e inserimento complessivo traducono la norma nelle condizioni specifiche del luogo.

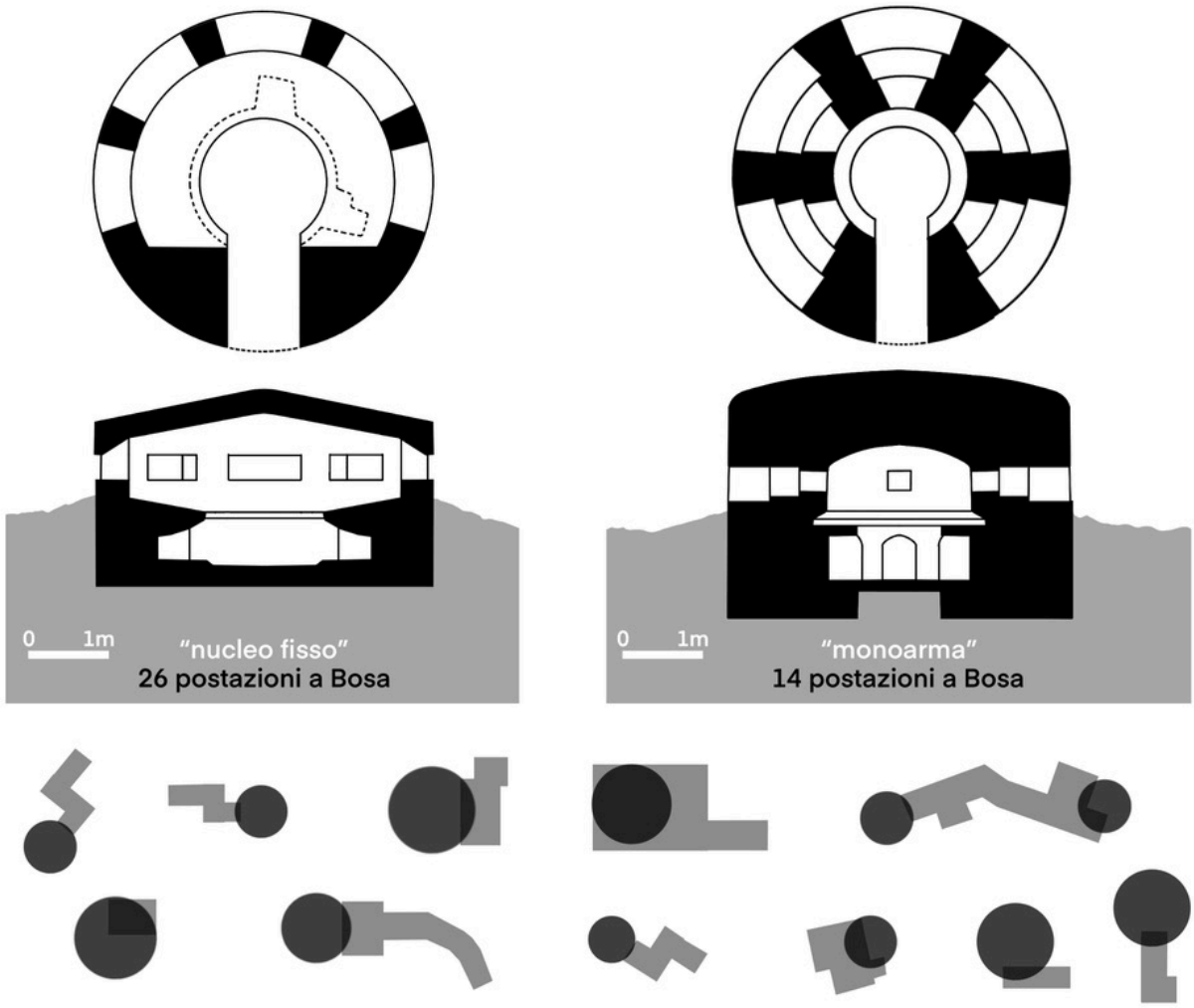


Fig. 38 — Analisi tipologica della postazione circolare nucleo fisso e della postazione circolare monoarma: cellula minima e principali declinazioni compositive nel sistema difensivo di Bosa. Elaborazione a cura di A. Pirinu e dell'autore.

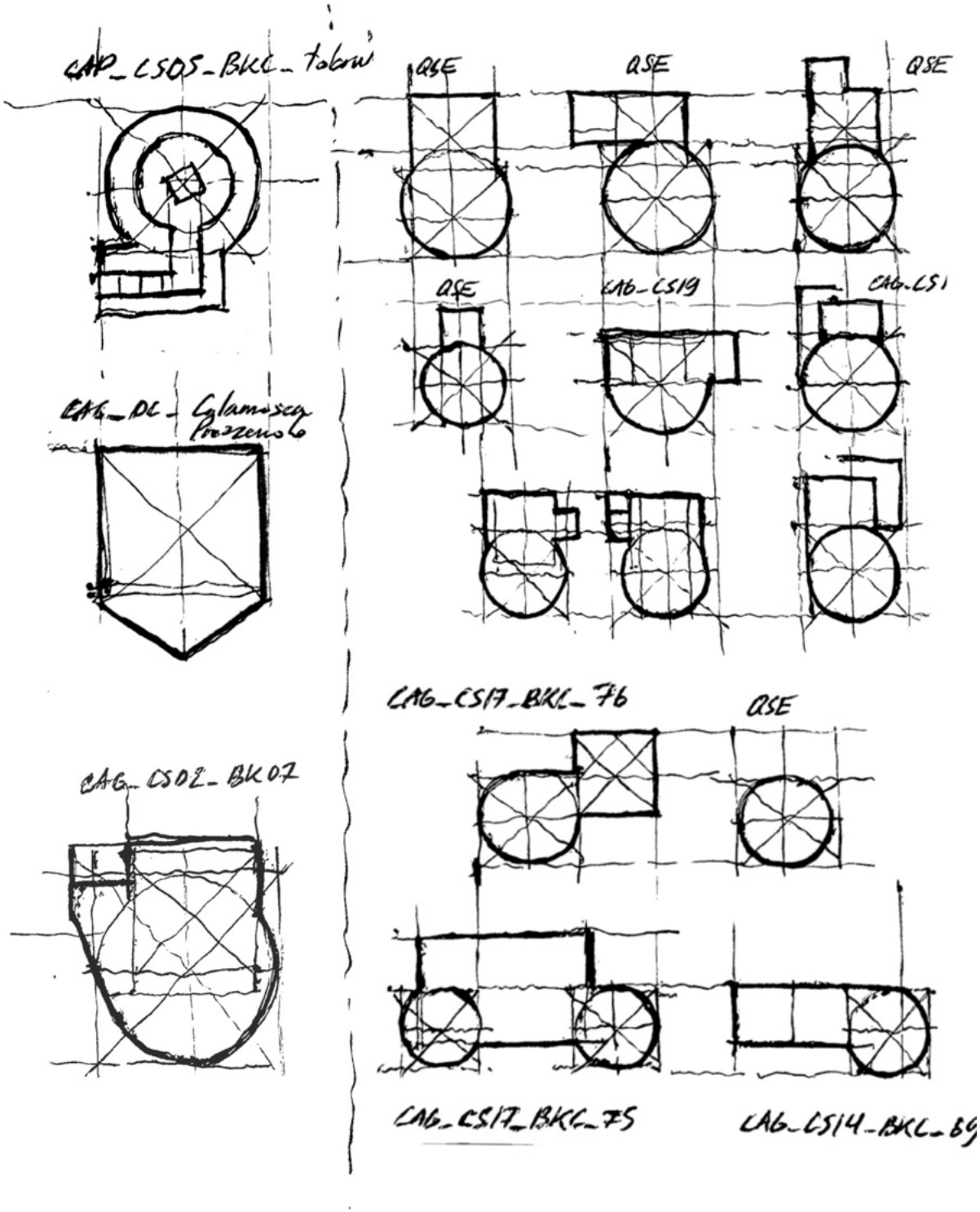


Fig. 39 — Postazioni circolari di Capoterra, Quartu Sant'Elena e Cagliari: principio additivo tra cellula armata, piccoli ricoveri, scale e rampe d'accesso, secondo combinazioni di cerchi, quadrati e rettangoli. Disegni dell'autore.

6.3.2 — Composizione adattiva e variazioni in opera

La standardizzazione riconosciuta nel corpus sardo non determina organismi invariabili, ma stabilisce un campo di relazioni entro il quale il progetto può essere calibrato rispetto alla posizione della postazione. La composizione adattiva descrive precisamente questo passaggio: componenti e nuclei operativi relativamente stabili vengono orientati, aggregati o modificati in rapporto alla direzione della minaccia, ai settori di tiro, alla morfologia del terreno, alla quota, al grado di interramento e alle connessioni con le altre opere del caposaldo. L'adattamento non interviene quindi dopo la definizione del tipo come sua deformazione accidentale, ma costituisce il processo attraverso cui la regola tipologica diventa architettura situata.

In tale quadro, l'espressione «variazioni in opera» deve essere impiegata con una precisazione. Essa indica gli scarti materialmente osservabili fra la matrice riconosciuta e le sue realizzazioni, ma non consente di stabilire automaticamente quando tali scarti siano stati introdotti. In assenza del confronto fra progetto esecutivo e stato costruito, non è sempre possibile distinguere una soluzione prevista fin dall'origine da una correzione definita durante il cantiere. Il termine assume pertanto un valore descrittivo: identifica le modalità attraverso cui lo standard risulta tradotto nel manufatto, senza attribuire ogni differenza a un'improvvisazione esecutiva. Soltanto la ricorrenza di uno scarto e il suo valore morfo-funzionale permettono inoltre di riconoscere una variante tipologica; le modificazioni puntuali, prive di carattere discriminante, rimangono adattamenti del singolo caso.

Un primo campo di variazione riguarda la calibrazione balistica della postazione. Anche nelle famiglie maggiormente standardizzate, il rapporto fra forma, apertura e massa resistente viene corretto in funzione dello spazio da controllare. Nelle monoarma circolari, il principio radiale permette potenzialmente di distribuire le feritoie lungo un settore molto ampio, ma non determina necessariamente una copertura uniforme a 360°. Alcuni esemplari presentano un numero più limitato di aperture oppure una loro concentrazione lungo un arco prevalente, assumendo un carattere più direzionale. La feritoia seleziona quindi lo spazio operativo: rende possibile il tiro verso determinate direzioni e, contemporaneamente, esclude i settori che non richiedono copertura o che devono rimanere maggiormente protetti.

La calibrazione agisce anche sul piano verticale. Le feritoie in depressione documentate in alcuni manufatti permettono di battere quote inferiori rispetto al piano della camera, correggendo la relazione ordinaria fra asse dell'arma e orizzonte di tiro. La loro presenza non configura necessariamente una tipologia autonoma, ma registra una condizione topografica e tattica specifica: posizione dominante, terreno discendente, controllo di un accesso sottostante o necessità di coprire lo spazio immediatamente prossimo al bunker. Numero, orientamento, quota e inclinazione delle aperture costituiscono pertanto variabili coordinate, attraverso le quali una cellula riconoscibile viene calibrata sul campo effettivamente assegnato alla postazione.

Alla selezione delle aperture corrisponde una distribuzione differenziata della massa resistente. Anche nelle monoarma circolari, la continuità geometrica dell'involucro non implica necessariamente l'uniformità dello spessore. Le parti rivolte verso la direzione attesa della minaccia possono presentare una massa maggiore rispetto ai lati protetti dal terreno, rivolti verso le retrovie o interessati dall'accesso. La geometria circolare viene così corretta da una gerarchia dell'esposizione: il manufatto concentra la protezione dove aumenta la probabilità del tiro diretto e la riduce dove il suolo, l'interramento o la posizione offrono una difesa integrativa. Lo spessore non costituisce pertanto soltanto un attributo della classe di resistenza, ma una risorsa distribuita selettivamente entro l'organismo.

Questa relazione introduce il secondo campo della composizione adattiva, determinato dal rapporto fra manufatto e terreno. Interramento e seminterramento modificano la quota della camera, l'emersione della copertura, la conformazione dell'ingresso e la distribuzione delle parti controterra. Rampe continue, rampe gradonate, scale, accessi ribassati, pozzi e scale a pioli costituiscono differenti soluzioni per raccordare uno spazio interno relativamente stabile a condizioni altimetriche non ripetibili. L'accesso assume, in questo senso, un valore diagnostico: mentre la camera armata dipende principalmente dall'arma, dalla feritoia e dal

settore di tiro, il percorso d'ingresso registra con maggiore immediatezza la pendenza, il livello di incassamento, la provenienza dei serventi e la necessità di collocare la soglia sul lato meno esposto.

Le alette controterra appartengono allo stesso sistema di mediazione. La loro configurazione varia in rapporto alla quota del terreno, alla profondità dell'interramento e alla geometria del fronte armato. Esse raccordano lateralmente il corpo resistente alla massa del suolo, contribuiscono al contenimento del terreno e mantengono libero il rapporto fra feritoia e settore di tiro, evitando che il riporto interferisca con le aperture operative. Lunghezza, inclinazione e disposizione non devono quindi essere considerate elementi marginali della sagoma: registrano il modo in cui il bunker viene ancorato alla morfologia e chiariscono la distinzione fra fronte esposto e parti integrate nel terreno.

Nelle poliarma, la composizione adattiva interessa più direttamente l'organizzazione planimetrica. La camera operativa non è uno spazio generico liberamente deformabile: la geometria della feritoia, la posizione degli appoggi per l'affusto, l'ingombro dell'arma e lo spazio necessario ai serventi stabiliscono un nucleo funzionale relativamente rigido. Intorno a tale nucleo possono invece variare i raccordi con le altre camere, la posizione delle riservette e delle nicchie, l'inserimento di vani di servizio, la forma dei passaggi e l'articolazione dell'accesso. L'aggiunta di una riservetta, di un corpo operativo o di un tratto distributivo può modificare sensibilmente la pianta senza cancellare la regola compositiva della famiglia.

La forma complessiva delle poliarma deriva così dall'aggregazione di parti dotate di diverso grado di stabilità. Camere e dispositivi di tiro sono vincolati dalla funzione armata; spazi serventi e collegamenti assorbono maggiormente le condizioni locali. L'impianto pentagonale, semiesagonale o rettangolare smussato non costituisce quindi un perimetro astratto da riprodurre, ma l'esito della combinazione fra fronti operativi, camere specializzate, massa resistente e dispositivi di accesso. Quando una parte viene traslata, avanzata o collegata a una quota diversa, la sagoma può subire deformazioni notevoli, mentre la corrispondenza fra arma, feritoia e camera permette ancora di riconoscere il principio generativo.

La casamatta del CS XIII "Taormina" rivolta verso il bacino di Simbirizzi rende leggibile questo meccanismo. Il manufatto conserva un fronte semiesagonale riferibile alla matrice poliarma, ma una delle postazioni viene spostata entro un corpo più avanzato, raggiungibile attraverso una scala. La modifica introduce una discontinuità nella distribuzione ordinaria e altera la compattezza dell'impianto; non produce però un organismo privo di regola. La camera aggiunta mantiene la propria relazione con la feritoia e con il settore da controllare, mentre il dislivello adegua quota e orientamento alla morfologia del pendio. La variazione non dissolve la matrice semiesagonale, ma ne mostra la capacità di incorporare una correzione locale rilevante.

L'adattamento può coinvolgere anche il rapporto fra il bunker e la rete di collegamenti. Nel CS XVIII "Castroreale", le tre opere ricondotte alla famiglia poliarma erano connesse da un trinceramento coperto in calcestruzzo con soletta antischeggia. Il collegamento non costituiva un elemento aggiunto a casematte già autonome, ma condizionava quote, posizione e conformazione degli accessi, integrando i manufatti entro un organismo difensivo locale. Le due opere occidentali condividono una matrice poligonale affine, ma variano nell'innesto dell'ingresso, nella distribuzione delle camere e nell'orientamento delle postazioni; tali differenze risultano comprensibili solo considerando il rapporto con il percorso protetto e con il seminterramento pianificato.
Il caso di Castroreale mostra che la composizione adattiva non si esaurisce alla scala planimetrica del singolo bunker. Camminamenti coperti, passaggi trincerati e percorsi protetti possono intervenire sulla soglia delle postazioni e trasformare una serie di manufatti in un sistema connettivo. L'accesso appartiene allora simultaneamente all'architettura della casamatta e all'impianto del caposaldo: conclude il percorso esterno, regola il passaggio di quota e immette nello spazio protetto. La variazione della singola opera deriva dalla necessità di renderla compatibile con una struttura più ampia di movimento, copertura reciproca e distribuzione del personale.

La composizione adattiva (figg. 40-45) opera dunque attraverso correzioni coordinate, non mediante alterazioni indiscriminate. Orientamento e inclinazione delle feritoie calibrano il tiro; gli spessori differenziati concentrano la resistenza; interramento, alette controterra, rampe e scale raccordano l'opera alla morfologia; riservette, vani aggiunti e passaggi modificano la distribuzione; trincee e camminamenti integrano il bunker nel dispositivo locale. Il tipo rimane riconoscibile finché permane il sistema di relazioni che associa funzione armata, camera operativa, protezione e settore controllato. La variazione non rappresenta quindi l'eccezione opposta allo standard, ma il procedimento attraverso cui componenti codificate vengono rese compatibili con condizioni tattiche e topografiche specifiche.

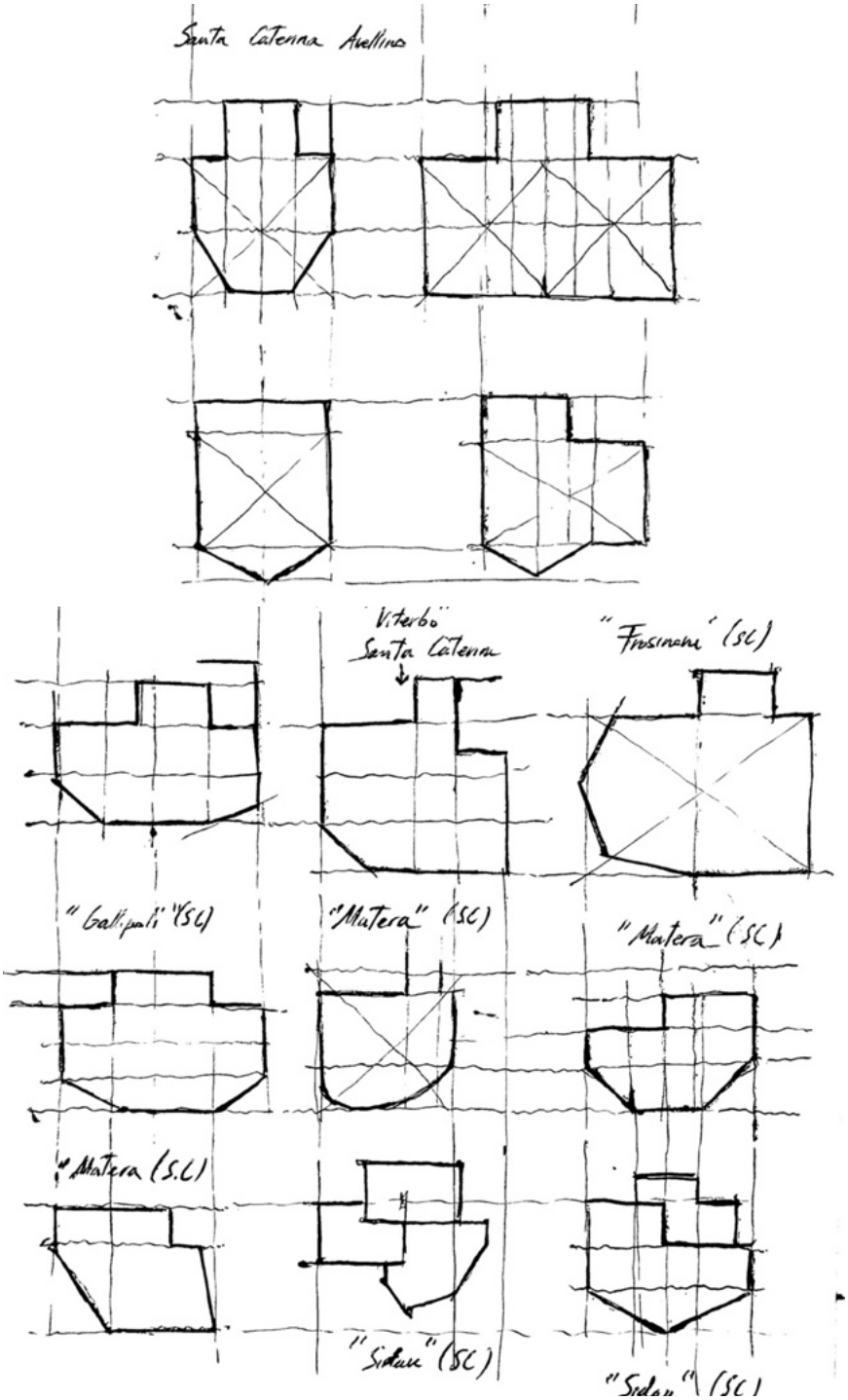


Fig. 40 — Schemi proporzionali di alcune delle casematte poliarma atipiche di Santa Caterina: confronto tra matrici geometriche e variazioni planimetriche. Disegni dell'autore.

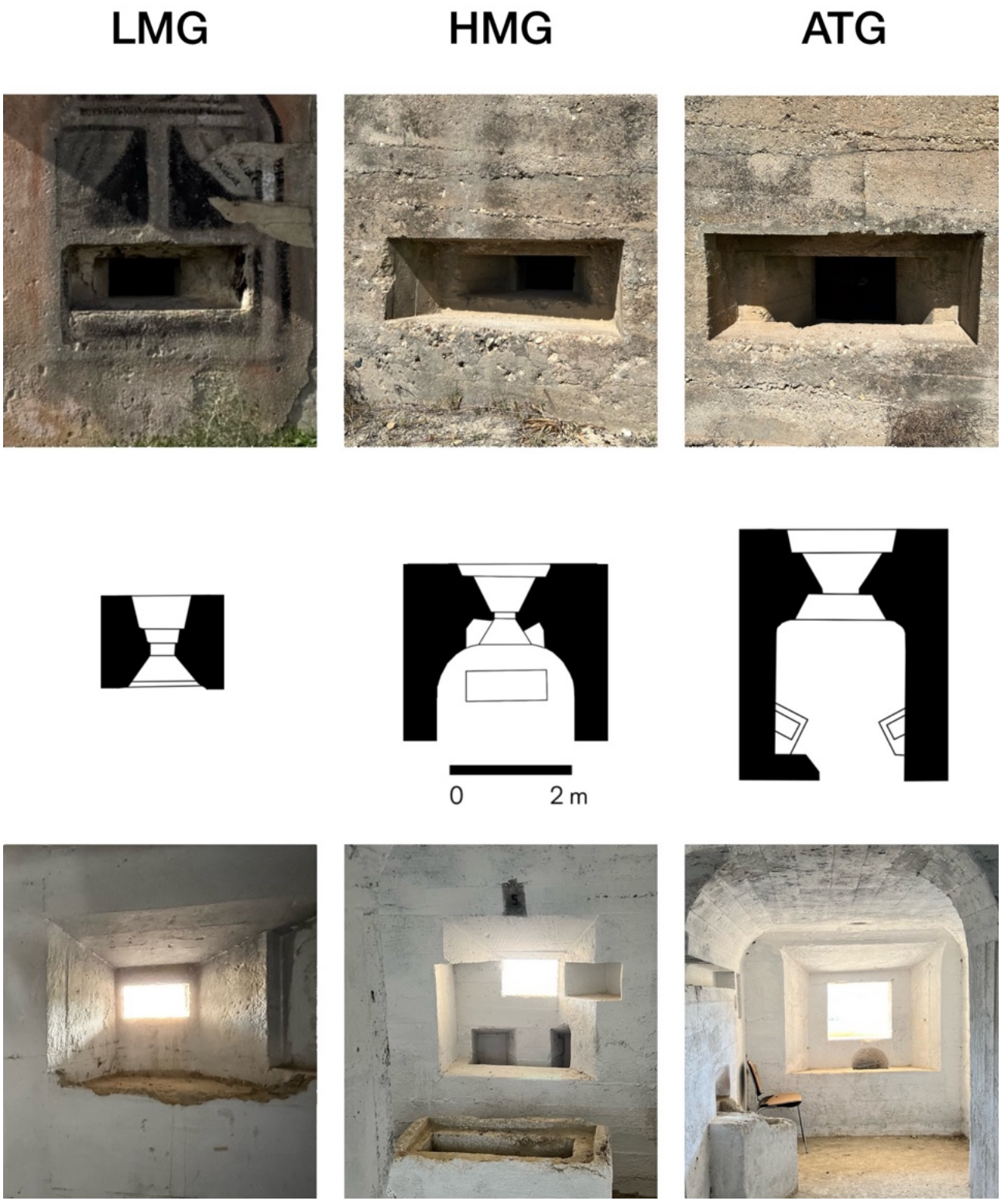


Fig. 41 — Feritoie e vani d'arma per mitragliatrice leggera, mitragliatrice pesante e arma controcarro: confronto fotografico e restituzione planimetrica in scala dei relativi spazi operativi. Fotografie e disegni dell'autore.

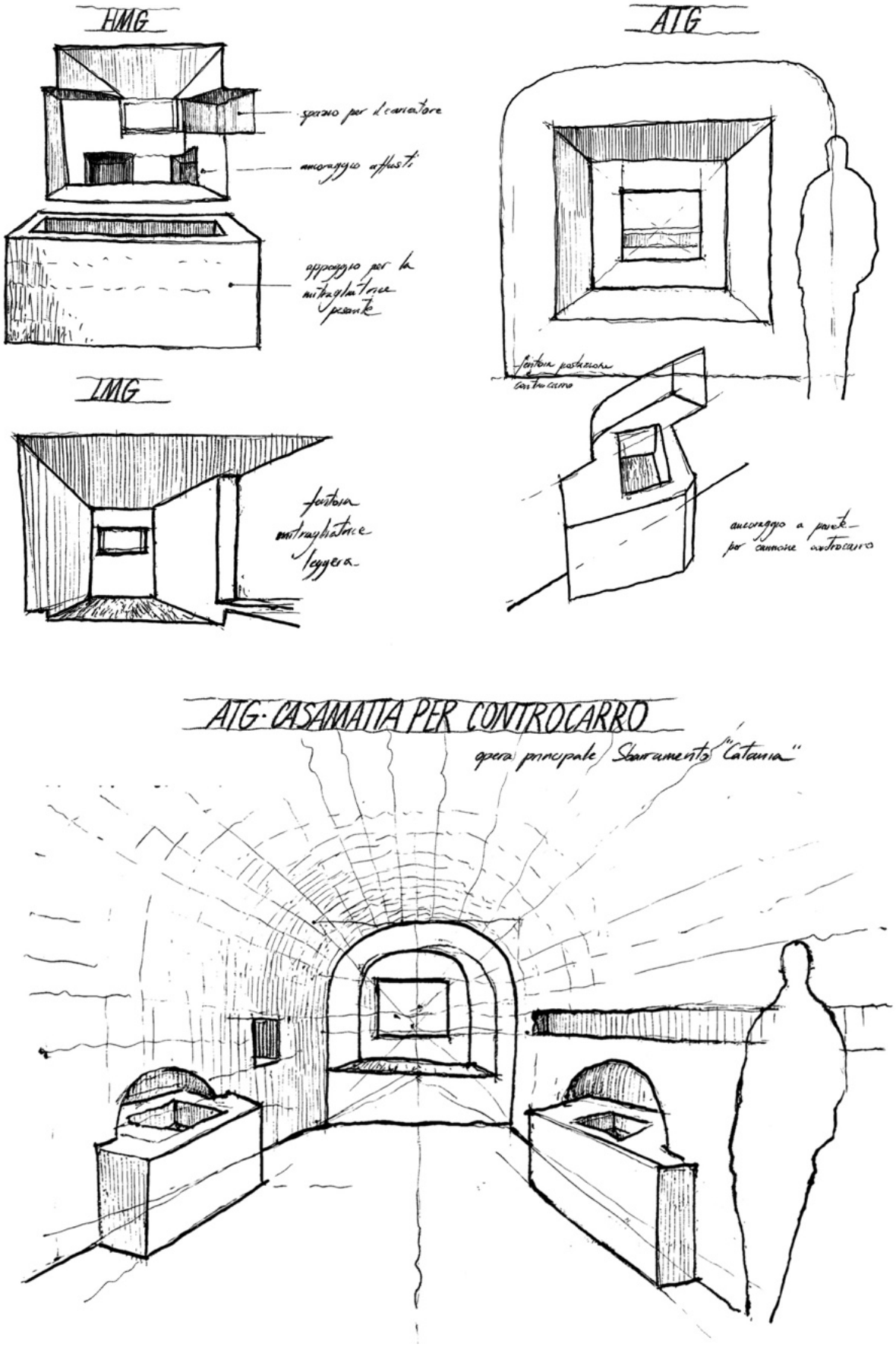


Fig. 42 — In alto: dettagli delle feritoie tipo per mitragliatrice leggera (LMG), mitragliatrice pesante (GMG) e arma controcarro (ATG). In basso: dettaglio della casamatta controcarro in un bunker poliarma: feritoia, vano d'arma e supporti per gli afusti dell'arma. Disegni dell'autore.

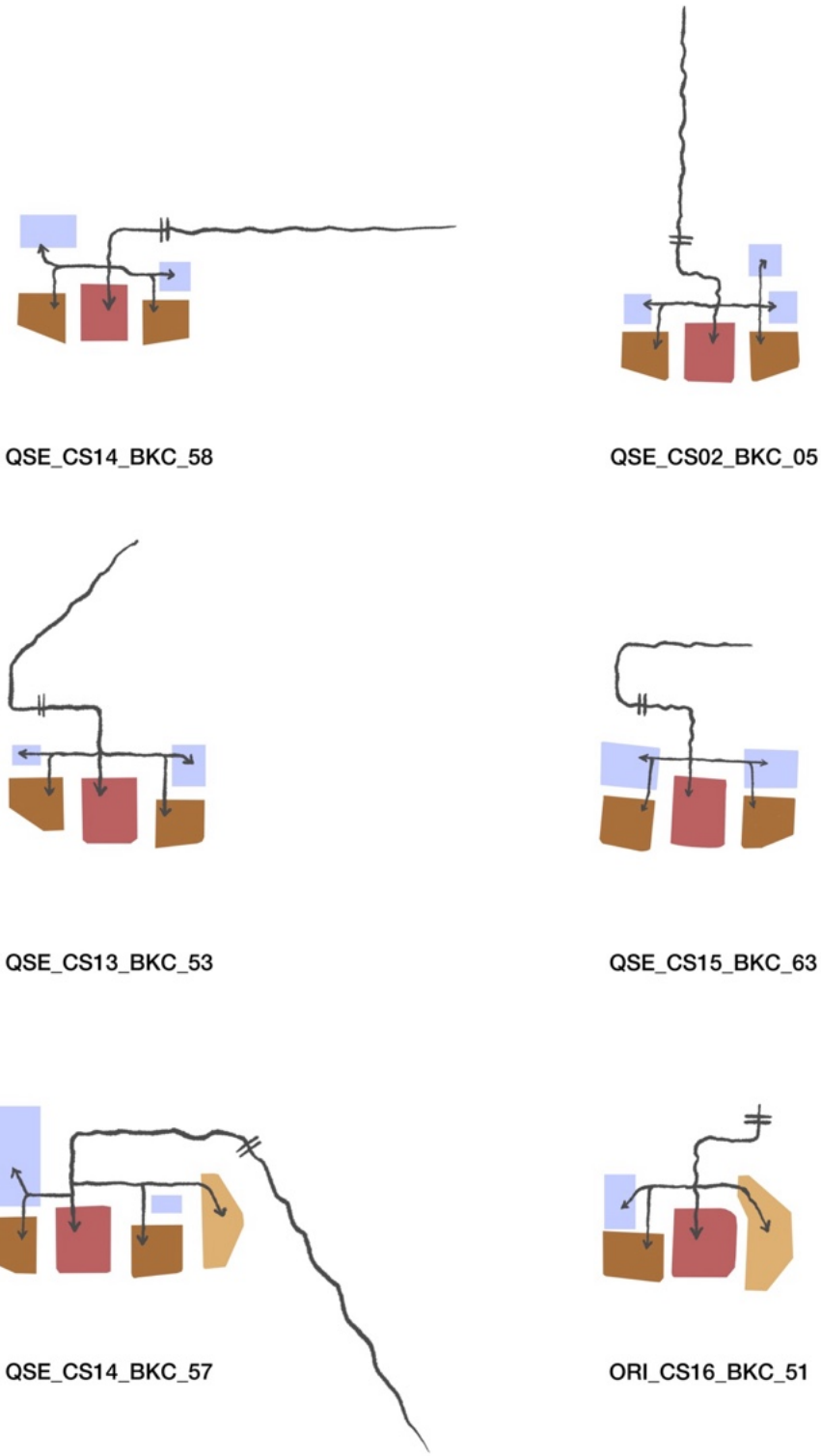


Fig. 43 — Casematte poliarma: codifica delle camere d'arma e dei vani serventi secondo funzione militare — arma controcarro (rosso), mitragliatrice pesante (marrone), mitragliatrice leggera (giallo) e riservette (azzurro). Elaborazione grafica dell'autore.

BOS_SB03_BKC_03 (39°12'50.72"N 9°16'12.26"E)

Località: strada Bosa-Montresta
Tipologia: BKC monoarma circolare
Stato del dato: rilievo diretto e strumentale
Conservazione: discreta
Accessibilità: difficilmente accessibile
Quota: 152,82 m s.l.m.
Rapporto suolo–opera: emergente
Camouflage: N.D.
Feritoie: 6 **Accesso:** scala
Azimut: 270°
Area occupata (cellula armata): 17,5 m²
Pieno/vuoto (cellula armata): 80,3% / 19,7%

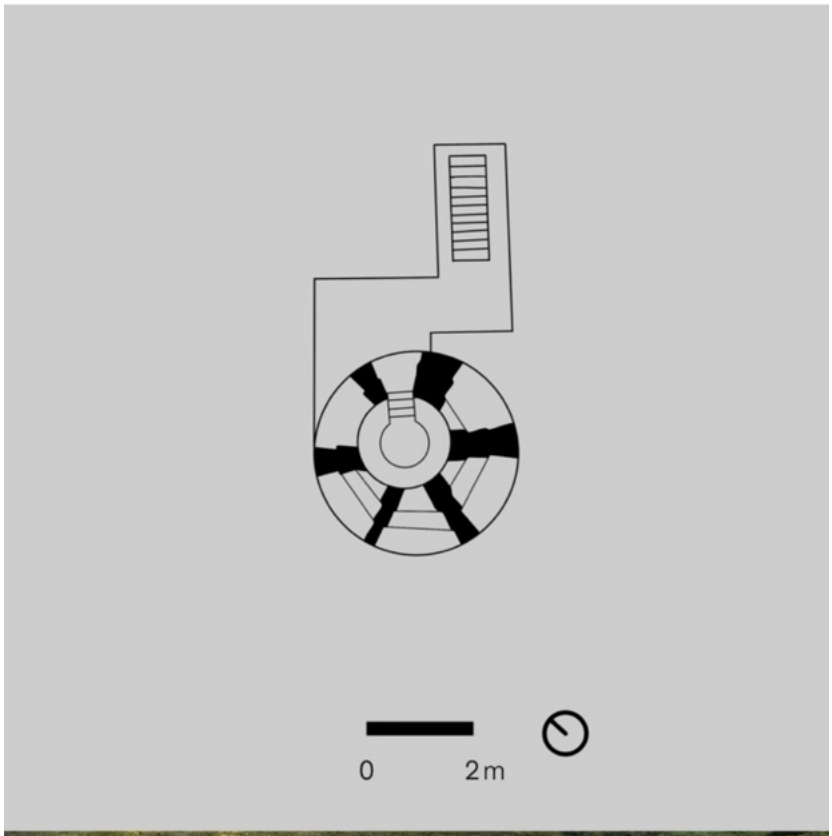




Fig. 44 — Casematta monoarma circolare presso la strada Bosa-Montresta. Presenta una variazione dello spessore murario in rapporto con la direzione dalla quale si prevedeva un più probabile arrivo della minaccia nemica. Elaborazione grafica dell'autore.



Fig. 45 — Casamatta monoarma circolare presso il parco di San Michele a Cagliari. Presenta una variazione nel disegno della feritoia per adattarsi al tiro in depressione. Elaborazione grafica dell'autore.

6.3.3 — Disaggregazione delle funzioni armate ed economia bellica

La standardizzazione e l'adattamento in opera non esauriscono le trasformazioni riconoscibili nei bunker sardi. Nel ciclo costruttivo del 1942–43 muta anche il modo in cui le funzioni armate vengono organizzate e distribuite. La poliarma concentrava entro un unico organismo più camere di tiro, ciascuna associata a un determinato armamento e a un settore prestabilito; le soluzioni successive tendono invece a separare tali componenti, trasformandole in postazioni autonome. La disaggregazione non introduce quindi la specializzazione, già presente nell'organismo composto, ma ridefinisce il rapporto tra arma, cellula e territorio.

Nella poliarma, mitragliatrici leggere, mitragliatrici pesanti e armi controcarro operavano da camere differenziate, aggregate secondo una configurazione calibrata sulle condizioni locali. Ciascuna arma risultava vincolata alla propria feritoia e al relativo campo di tiro, generalmente limitato a una porzione dell'orizzonte.

La copertura complessiva dipendeva pertanto dalla compresenza di più armi, dalla parziale sovrapposizione dei rispettivi settori e dal coordinamento degli equipaggi. Anche quando le aperture erano distribuite su fronti differenti, la geometria delle camere, gli affusti, gli spessori e l'orientamento delle feritoie assegnavano a ogni posizione una competenza spaziale specifica. L'efficacia dell'organismo derivava dalla simultaneità dei fuochi, ma richiedeva un corrispondente investimento in armamenti, personale, distribuzione interna e massa costruita.

Sul piano progettuale, tale organizzazione imponeva di coordinare entro un unico corpo il numero e il tipo delle camere, le direzioni da battere, le interferenze fra i settori, gli accessi, le riservette, i collegamenti, i dislivelli, gli spessori protettivi e la configurazione esterna. La semi-prototipazione riconoscibile nelle poliarma riguarda infatti la ricorrenza delle singole componenti e delle relative regole di aggregazione, non la replica integrale di una pianta invariabile. Ogni opera costituiva una composizione specifica, adattata alla morfologia, alle direttrici della minaccia e al compito assegnato.

La scissione dell'organismo composto rende autonome queste unità funzionali. L'arma non costituisce più una componente interna di un bunker pluricellulare, ma il nucleo generatore di una postazione indipendente, collocabile nel punto più adeguato al suo impiego. La pluralità delle funzioni viene così trasferita dal singolo manufatto alla distribuzione di più opere, mentre il progetto può operare attraverso cellule relativamente stabilizzate, selezionate e adattate secondo il compito tattico.

Nelle postazioni destinate alle armi automatiche, l'autonomizzazione coincide con l'ampliamento delle direzioni servibili dalla singola arma. Le monoarma poligonali pluriferitoia rendono leggibile la soglia iniziale del processo: la pluralità delle facce e delle aperture non corrisponde più a una pluralità di camere, ma consente di utilizzare un'unica arma attraverso feritoie differenti. La casamatta circolare del ciclo 1942–43 stabilizza il medesimo principio entro una geometria radiale. Il vano operativo si organizza attorno al nucleo arma–equipaggio, mentre le aperture distribuite lungo il perimetro rendono selezionabile una porzione molto ampia dell'orizzonte, potenzialmente estesa all'intero giro.

La copertura radiale non equivale tuttavia a un fuoco simultaneo onnidirezionale. L'arma può essere orientata o trasferita fra aperture diverse, ma opera ogni volta entro il settore consentito dalla feritoia utilizzata. La continuità del campo potenziale è inoltre condizionata dalla massa muraria interposta fra le aperture, dalla morfologia, dall'interramento, dalla vegetazione, dagli ostacoli e dalle concrete possibilità di brandeggio. Il vantaggio consiste quindi nel rendere disponibile allo stesso nucleo arma–equipaggio un insieme di direzioni che, nella poliarma, richiedeva più posizioni armate distinte: alla pluralità simultanea ma relativamente fissa dell'organismo composto subentra una copertura più ampia, flessibile e selezionabile affidata a una sola cellula.

Lo stesso principio è riconoscibile nelle postazioni controcarro autonome. La loro distinzione dalle monoarma per armi automatiche rimane necessaria sul piano tassonomico, per scala, armamento, organizzazione interna e grado di protezione, ma non corrisponde a una logica spaziale opposta. Tanto la casamatta controcarro quanto la postazione in barbetta con ricovero adottano un impianto radiale finalizzato ad ampliare il settore utilizzabile dal singolo pezzo. Nella casamatta circolare, le feritoie distribuite lungo il perimetro consentono di trasferire l'arma fra più direttrici; anche il varco di accesso può concorrere a completare il campo potenzialmente servibile, estendendolo in pianta fino a 360°. Nella barbetta, il piano di tiro aperto agevola il brandeggio ma riduce la protezione superiore di arma e serventi, mentre il ricovero conserva le funzioni protette di supporto. Cambiano dunque la configurazione e il regime di protezione, non l'obiettivo: aumentare il rendimento spaziale della singola arma e renderne indipendente la collocazione rispetto alle altre funzioni del caposaldo.

L'economia bellica sottesa a questa trasformazione non coincide con una generica riduzione delle risorse o delle dimensioni del bunker. Essa consiste nella ricerca di un rapporto più favorevole fra mezzi disponibili, tempi di realizzazione e rendimento operativo. Nella poliarma, l'estensione della copertura richiedeva più posizioni armate e i relativi equipaggi; nella cellula autonoma, una sola arma può essere impiegata verso un

numero maggiore di direzioni. Alla scala del singolo manufatto diminuiscono pertanto le armi e i serventi necessari, mentre aumenta l'arco potenzialmente controllabile dal medesimo nucleo operativo. Ciò non dimostra, tuttavia, una riduzione dell'organico complessivo del caposaldo, poiché la moltiplicazione delle cellule poteva compensare il risparmio conseguito su ciascuna opera. L'economia assume piuttosto una dimensione territoriale: le risorse possono essere distribuite selettivamente, impiegando numerose cellule per armi automatiche e concentrando le postazioni controcarro nei punti sensibili.

La razionalizzazione riguarda anche il progetto e il cantiere. La matrice standardizzata riduce il numero delle decisioni compositive richieste da ogni nuovo manufatto: non elimina l'adattamento locale, ma lo concentra su posizione, aperture, accesso, interramento, spessori ed eventuali vani annessi. Vengono meno i raccordi distributivi indispensabili nell'organismo pluricellulare — corridoi, dislivelli e connessioni fra camere — mentre la ripetizione di una soluzione riconoscibile può agevolare le casserature, l'organizzazione delle lavorazioni e la replica in siti differenti. Il progetto si sposta così dalla composizione integrale del singolo bunker alla selezione e all'adattamento di unità ripetibili. La Circolare 3700/S del 6 maggio 1942, assunta come soglia di codificazione della postazione circolare monoarma, si colloca entro questo processo di stabilizzazione, senza costituire l'origine assoluta del principio radiale né fornire, da sola, una misura quantitativa di tempi e costi.

Anche l'economia materiale richiede una distinzione. Le monoarma presentano generalmente un'estensione planimetrica inferiore rispetto alle poliarma, ma possono raggiungere valori percentualmente elevati nel rapporto tra massa resistente e superficie coperta. L'indice di compattezza mostra quindi che la razionalizzazione non produce necessariamente una costruzione meno massiva: la cellula può essere più piccola e, al tempo stesso, concentrare attorno al vano operativo una quota consistente di calcestruzzo. Una minore estensione assoluta non equivale a una minore densità della protezione, mentre il rapporto SM/SC non consente di calcolare il volume complessivo di materiale impiegato. L'economia risiede nell'eliminazione degli spazi e delle connessioni non indispensabili alla singola funzione, nella concentrazione della massa attorno all'arma e nella possibilità di graduare la protezione. La casamatta conserva un involucro resistente completo; la barbetta separa il piano di tiro aperto dal ricovero protetto; il Tobruk (fig. 46) comprime ulteriormente lo spazio operativo e la sagoma emergente, affidando una parte maggiore della protezione al terreno. Non si tratta di una successione lineare, ma di differenti modalità di commisurare costruzione e prestazione.

La disaggregazione modifica infine il rapporto con il camouflage. Non determina la scomparsa delle finte architetture, documentate anche in associazione alle monoarma, né consente di affermare in termini assoluti una riduzione dei tempi destinati al mascheramento. Produce, tuttavia, una separazione più netta fra forma resistente e forma apparente. Il nucleo armato può essere realizzato secondo una matrice stabilizzata e successivamente interrato, rivestito, incorporato in preesistenze oppure racchiuso entro volumi aggiunti. Il camouflage può quindi operare su una cellula più contenuta o mediante involucri relativamente autonomi, rendendo potenzialmente più modulabile la costruzione della sua apparenza, tema ripreso nel § 6.4.

Il censimento regionale permette di verificare questa trasformazione attraverso assetti territoriali nettamente differenziati. Nel settore di Oristano, ventotto poliarma e sette monoarma indicano la prevalenza di organismi composti; ad Arborea, settantasette monoarma sono affiancate da tre casematte controcarro e da tre postazioni controcarro con ricovero o in barbetta; ad Alghero, centoquattordici monoarma si associano a cinque casematte controcarro e a otto postazioni controcarro con ricovero o in barbetta. Il confronto non dimostra, da solo, una successione cronologica e risente delle condizioni di conservazione e della precisione classificatoria; mostra tuttavia come la standardizzazione possa tradursi in differenti assetti territoriali, dai nuclei composti di Oristano alle reti seriali e selettivamente rafforzate di Arborea e Alghero. In queste ultime, l'efficacia non è più leggibile nella sola architettura della cellula, ma nelle relazioni stabilite fra le postazioni, oggetto del paragrafo successivo.

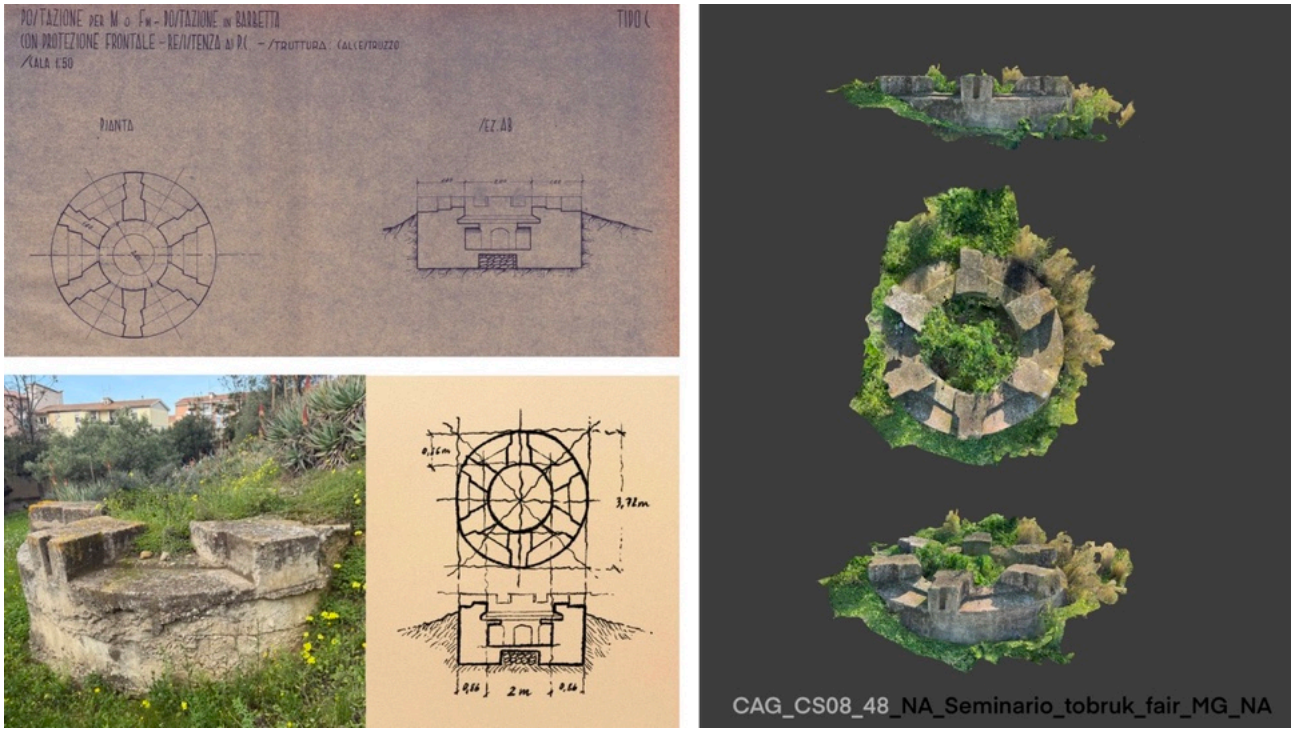


Fig. 46 — Postazione tipo Tobruk: confronto tra disegno d'archivio, fotografia sul campo, restituzione a mano e nuvola di punti LiDAR da diverse angolazioni, per la verifica integrata della morfologia del manufatto. Elaborazioni, rilievo e fotografie dell'autore.

6.3.4 — La logica del caposaldo

Il passaggio dalla tipologia al caposaldo introduce un secondo livello di lettura. Geometria della camera, feritoie, accesso e armamento definiscono le prestazioni della singola opera; soltanto la relazione con le altre postazioni, con la morfologia e con le direttrici territoriali ne chiarisce il ruolo nell'impianto. Il caposaldo non costituisce quindi una semplice aggregazione di bunker, ma la struttura entro cui i caratteri tipologici vengono orientati, coordinati e tradotti in una capacità difensiva complessiva.

Per ricostruire questa relazione è necessario distinguere tre livelli. Il primo riguarda il campo di tiro potenziale della postazione (fig. 47), determinato dal numero e dalla disposizione delle feritoie, dal tipo di arma e dalle possibilità di brandeggio. Il secondo corrisponde all'orientamento prevalente dell'opera, leggibile nel rapporto fra fronte armato, accesso, spessori, quota e configurazione del terreno. Il terzo riguarda il settore controllato dal caposaldo attraverso il coordinamento delle diverse postazioni. In assenza di piani di fuoco o disposizioni operative puntuali, quest'ultimo non può essere assunto come dato documentario, ma deve essere ricostruito confrontando le possibilità geometriche dei bunker con la loro posizione, le direttrici di accesso e gli ostacoli che selezionano le provenienze praticabili.

La complessità disaggregata fra più cellule armate viene così ricomposta alla scala dell'impianto. Ogni opera può essere orientata verso un settore prioritario e, nello stesso tempo, concorrere alla protezione laterale di una postazione vicina, alla difesa degli accessi, al controllo delle retrovie o alla chiusura di un intervallo. L'efficacia del caposaldo non dipende pertanto dalla somma astratta degli archi di tiro, ma dalla distribuzione differenziata dei compiti e dalla capacità delle postazioni di compensare reciprocamente i propri limiti.

Le caratteristiche tipologiche condizionano il modo in cui tale cooperazione viene costruita. Nelle poliarma la differenziazione è già inscritta nell'architettura: camere per pezzo controcarro, mitragliatrice pesante e armi automatiche leggere possiedono feritoie, spazi e orientamenti non equivalenti. Le funzioni a maggiore capacità d'interdizione tendono a essere rivolte verso strade, varchi e direttrici principali, mentre le armi leggere completano la copertura sui lati e verso le provenienze di aggiramento. Nelle monoarma circolari, invece, la cellula conserva un campo potenziale più ampio, che la collocazione nel caposaldo seleziona e

gerarchizza senza annullarne le possibilità laterali o tergali. La geometria radiale della postazione non produce quindi un impianto isotropo.

La stessa distinzione riguarda la funzione controcarro. Quando il pezzo è incorporato in una poliarma, il suo settore risulta vincolato alla camera e all'orientamento del monoblocco; quando è autonomizzato in una casamatta circolare o in una barbetta con ricovero, dispone di possibilità di brandeggio più ampie. Anche in quest'ultimo caso, tuttavia, la posizione tende a privilegiare una strada, un attraversamento o una soglia carrabile. L'ampliamento del campo potenziale aumenta la flessibilità della singola postazione, ma non elimina la selezione delle direttrici da interdire.

Il fiancheggiamento costituisce uno dei principali meccanismi di coordinamento. Il bunker non deve necessariamente opporsi frontalmente all'asse di avanzata: può battere longitudinalmente una strada o un margine, colpire lateralmente chi attraversa un varco oppure proteggere il lato meno armato di un'opera vicina. La sovrapposizione dei settori può inoltre aumentare la densità del fuoco nei punti sensibili, purché le linee risultino compatibili con la posizione delle opere amiche. La copertura reciproca non coincide dunque con un anello di fuoco continuo e simultaneo, ma con una distribuzione coordinata di settori principali e complementari.

Accesso e morfologia partecipano alla costruzione di questa geometria. Nelle poliarma, rampe, scale, alette controterra e lati privi di feritoie identificano spesso la porzione più protetta e permettono di distinguere il fronte armato dal lato tergale. Nelle cellule circolari, l'innesto dell'ingresso o del ricovero interrompe la continuità delle aperture e introduce una gerarchia nella geometria radiale; il varco può tuttavia concorrere, in determinate configurazioni, al campo potenziale della postazione. L'accesso rappresenta quindi un indicatore, non una regola assoluta, e deve essere interpretato insieme alle feritoie, agli spessori e alla posizione delle opere vicine.

Anche il terreno seleziona le direzioni operative. Un rilievo può ampliare il dominio visuale verso un versante e, contemporaneamente, sottrarre alla postazione quello opposto; un cambio di pendenza può defilare l'accesso; una laguna o un corso d'acqua possono ridurre le provenienze praticabili; una strada, un ponte o un guado possono concentrare la minaccia entro una soglia determinata. La morfologia non costituisce pertanto un limite esterno applicato a una geometria già definita, ma contribuisce a stabilire quali settori siano utili, quali protetti e quali tatticamente secondari. Una zona non visibile non rappresenta automaticamente una lacuna dell'impianto, ma non può neppure essere considerata protetta senza verificare la presenza di una copertura alternativa.

I capisaldi del Simbirizzi mostrano con chiarezza questa logica nelle configurazioni prevalentemente poliarma. Nel QSE_CS13 "Taormina", quattro opere principali associano pezzi controcarro, mitragliatrici pesanti e armi automatiche leggere secondo combinazioni differenziate. Le funzioni a maggiore capacità d'interdizione controllano il margine del bacino e le direttrici principali, mentre le altre armi concorrono alla protezione laterale e delle retrovie. Una piccola casamatta circolare associata al nucleo integra i quadranti non pienamente serviti dalle postazioni composte. Il caposaldo combina così organismi direzionali e una cellula pluriorientata, selezionandoli per il contributo che ciascuno offre alla continuità della copertura.

Il CAG_CS17 di Cagliari mostra il funzionamento quasi inverso di un caposaldo composto da monoarma circolari. Le quattro postazioni, distribuite lungo il Canale Pala Montis e il margine delle ex saline, dispongono individualmente di campi potenziali ampi, ma non costituiscono per questo punti indifferenziati rivolti verso l'intero orizzonte. Le superfici d'acqua riducono le provenienze praticabili, mentre canali, argini e percorsi concentrano il movimento lungo direttrici riconoscibili. La disposizione delle cellule seleziona quindi settori prevalenti (fig. 48) e rende possibile la loro sovrapposizione lungo i margini attraversabili, conservando al tempo stesso possibilità di tiro laterali e tergali. Due delle postazioni risultano inoltre connesse e originariamente occultate entro uno stesso involucro edilizio: l'immagine unitaria del mascheramento non annulla tuttavia la loro autonomia operativa né la differenza dei rispettivi orientamenti.



Fig. 47 — Confronto tra l'organizzazione dei settori di tiro: in alto il caposaldo CAG_17, dotato di postazioni monoarma circolari ed in basso il caposaldo QSE_15 dotato di postazioni poliarma.



Fig. 48 — Interno di una casamatta circolare monoarma nel caposaldo di sbarramento Bosa-Montresta. La linea rossa pitturata al suo interno segnala la direzione di tiro prevalente per evitare di far fuoco amico. Fotografia dell'autore.

6.4 — Camouflage: forma resistente e forma apparente

6.4.1 — Strategie di mascheramento

Nel lessico tecnico-militare del 1942, il mascheramento (fig. 49) non designava una finitura applicata all'opera conclusa, ma un insieme coordinato di azioni rivolte a sottrarre all'osservazione nemica truppe, materiali, manufatti, cantieri e tracce dell'organizzazione difensiva. Il Manuale per gli ufficiali del Genio lo definiva in rapporto all'osservazione terrestre e aerea, esercitata direttamente o mediante fotografia; la Circolare n. 21.000 del 5 dicembre 1942, richiamata da Aresu, Carro e Grioni, ne estendeva il campo ai lavori fortificatori e logistici, alle strade e piste di accesso, ai movimenti di terra, ai depositi, ai reticolati e agli stabilimenti connessi alla preparazione militare del territorio (Ministero della Guerra, Ispettorato dell'Arma del Genio, 1942, pp. 89–9 ; Aresu et al., 2009, pp. 126–130).

La centralità del problema era già esplicita nella Circolare 3 C.S.M. del 24 ottobre 1941. Il § 48 prescriveva di occultare o mascherare tutti i lavori fortificatori, eliminare i rilievi riconoscibili dal largo, predisporre false postazioni e controllare dal mare — non da terra — l'efficacia degli interventi prossimi alla costa. La disposizione precede la fase di più intensa costruzione degli archi di contenimento sardi e costituisce quindi un antecedente dottrinale della sistemazione del 1942–43; non dimostra, da sola, un rapporto causale diretto con ciascun approntamento successivo.

Il Manuale del 1942 introduce una distinzione utile a ordinare il repertorio. Il mascheramento naturale, definito anche occultamento, disponeva ciò che doveva essere celato dietro o sotto elementi preesistenti del terreno; quello artificiale ricorreva invece a mezzi costruiti. Quest'ultimo poteva essere palese, quando uno schermo visibile imitava elementi predominanti dell'ambiente, oppure occulto, quando schermi mimetici confondevano l'oggetto con il terreno. La classificazione riguarda il rapporto percettivo fra opera, schermo e contesto, non la tipologia del bunker. Entro lo stesso quadro rientravano false opere e falsi impianti, destinati a deviare l'attenzione: questi vanno distinti dalla falsa architettura che contiene una postazione reale e ne modifica l'identità percepita.

Il mascheramento doveva essere preventivo e progressivo, cioè accompagnare l'avanzamento del cantiere. Un intervento eseguito soltanto a opera ultimata poteva essere vanificato dal confronto fra fotografie scattate in momenti diversi, dalle quali risultavano scavi, variazioni del suolo e nuove connessioni. La manualistica richiedeva inoltre che il mascheramento fosse «intonato all'ambiente» e che «vivesse» con esso, adattandosi alle trasformazioni di colore e tono. Ne deriva una concezione processuale: la prestazione dipendeva tanto dalla configurazione iniziale quanto dalla capacità di conservare nel tempo la continuità con il contesto.

Alla scala territoriale, il problema riguardava anzitutto la continuità delle tracce. Anche una casamatta efficacemente dissimulata poteva essere rivelata dall'andamento dei reticolati, dalla regolarità delle piste, dagli scavi, dai riporti di terra o dalla successione dei cantieri. Le prescrizioni di disperdere le terre di scavo, evitare la formazione di percorsi riconoscibili, prolungare gli accessi verso false mete e disciplinare i movimenti mostrano che l'occultamento investiva l'organizzazione spaziale della difesa. Non bastava sottrarre alla vista i singoli punti armati se le opere accessorie ne ricostruivano la concatenazione.
Alla scala del sito, il procedimento principale consisteva nell'utilizzare il terreno come componente della protezione e dell'occultamento. Interramento e incassamento, raccordi in terra, integrazione nei pendii e sfruttamento di rocce, cigli, dune e vegetazione riducevano la massa emergente e modificavano il profilo del manufatto. Muri controterra, rampe ribassate e accessi schermati concorrevano alla stessa operazione, pur mantenendo una funzione costruttiva e protettiva autonoma. Il Manuale raccomandava di limitare il rilievo, ridurre il numero dei piani, raccordarli dolcemente al suolo ed evitare le ombre portate; la circolare costiera del 1941 chiedeva, con formulazione ancora più netta, che la sagoma non fosse semplicemente rivestita o «sposata», ma variata e ambientata rispetto al contorno osservato dal mare.

Un secondo insieme di procedimenti interveniva su superficie, bordo e texture. Pitture, intonaci, pietrame, mattoni crudi, terra, canne, frasche, reti e vegetazione attenuavano il contrasto fra calcestruzzo e contesto. La circolare del 1941 giudicava poco efficace la tinta neutra uniforme e prescriveva chiazze forti e contrastanti capaci di spezzare la figura complessiva; il Manuale del 1942 distingueva a sua volta chiazzature a grandi macchie irregolari, utili a frammentare la superficie, e a piccole macchie, capaci di produrre una tinta mista. Le due indicazioni non sono contraddittorie: i colori dovevano restare compatibili con l'ambiente, anche rispetto ai filtri ottici, ma la loro disposizione poteva costruire discontinuità tonali e profondità apparenti. Reti sfumate, contorni sfrangiati e cemento retinato per simulare pietra o muratura confermano che il controllo non riguardava il solo colore, ma anche la nettezza dei bordi e la consistenza visiva dell'involucro. L'assimilazione non esauriva tuttavia il repertorio. Quando massa, posizione o prossimità alle vie di transito impedivano di cancellare la presenza dell'opera, il mascheramento poteva costruire un'identità alternativa. Ovili, case rurali, ruderi, cisterne, serbatoi, edifici di servizio, manufatti agricoli e costruzioni religiose offrivano figure compatibili con i rispettivi contesti. Il bunker restava visibile, ma veniva ricondotto a una categoria ritenuta ordinaria o non offensiva. L'efficacia dipendeva dalla plausibilità della simulazione: una torre idrica nel paesaggio produttivo delle saline, una casa lungo una strada rurale, un banco roccioso su un rilievo o una chiesetta entro un ambito campestre traevano credibilità dal repertorio materiale e insediativo del sito.

Le diverse strategie potevano concorrere sullo stesso manufatto. Una falsa casa poteva essere parzialmente interrata, rivestita, colorata e schermata con vegetazione; una postazione incorporata in un rudere poteva combinare murature aggiunte, finiture e dispositivi leggeri; un'opera assimilata alla roccia poteva ricorrere insieme a pietrame, modellazione del suolo e vegetazione. La distinzione fra mascheramento topografico, materico-cromatico, vegetazionale, disruptivo e simulativo individua pertanto modalità prevalenti, non classi reciprocamente esclusive. La stessa dottrina escludeva un mascheramento totale della sistemazione: occorreva occultare alcuni particolari e simularne altri, riducendo e confondendo gli indizi disponibili all'osservatore.

Anche la durata dei dispositivi mascheranti era differenziata. Interramenti, volumi simulati e rivestimenti lapidei possedevano una relativa permanenza; pitture, mattoni crudi, finiture e strutture lignee erano più vulnerabili; reti, frasche, cannicciati e schermi vegetali avevano carattere reversibile o deperibile. L'obbligo di adattare colori e materiali alle mutazioni dell'ambiente presupponeva manutenzione e sostituzione. Lo stato attuale restituisce prevalentemente il nucleo in calcestruzzo e le componenti più resistenti, mentre proprio

gli elementi destinati a controllarne l'apparenza sono spesso perduti. La loro assenza non dimostra che l'opera fosse originariamente priva di mascheramento; allo stesso modo, la vegetazione odierna non può essere attribuita automaticamente al dispositivo storico, ma richiede di distinguere impianto intenzionale, rinaturalizzazione spontanea e trasformazione postbellica.

Il mascheramento poteva essere ritenuto efficace se impediva il riconoscimento dell'opera fino alla distanza utile per l'apertura del fuoco, quando la postazione tendeva inevitabilmente a rivelarsi. Distanza, quota e provenienza dell'osservatore determinavano quindi la combinazione necessaria: ciò che attenuava il profilo da terra poteva non nascondere l'impronta dall'alto; un volume plausibile nella vista zenitale poteva essere tradito a breve distanza da feritoie, accessi o dettagli costruttivi; un rivestimento efficace sul fronte terrestre poteva conservare dal largo una silhouette riconoscibile. Il mascheramento costituiva inoltre una fase specifica dell'approntamento, non automaticamente coincidente con l'ultimazione della struttura resistente. Una relazione del Genio della primavera del 1943, riportata da Aresu, Carro e Grioni, indicava per il Settore Cagliari l'85% delle postazioni in cemento predisposte e il 70% mimetizzate (Aresu et al., 2009, pp. 126–130).



Fig. 49 — Dettagli del mascheramento. Le due foto in alto mostrano il camouflage della casamatta CAG_SB01_BKC_02 presso le Saline Conti Vecchi di Cagliari. Le due foto in basso mostrano il camouflage materico della casamatta CAG_DC_BKC_11 presso il promontorio del faro di Calamosca a Cagliari.

Le descrizioni riferite al settore di Quartu restituiscono concretamente una varietà di mascheramenti. Sono documentate postazioni mascherate da ovili, case, case dirute e casette pastorali; opere integrate con vegetazione, rocce e riporti di terra; soluzioni associate a preesistenze; infine, la postazione di Pitz'e Serra trasformata in chiesetta campestre mediante copertura, porticato, finte aperture e rivestimento in mattoni di terra cruda. Non si tratta di episodi estranei alla logica della fortificazione, ma di esiti differenti del medesimo requisito: impedire che funzione militare, massa costruita e organizzazione territoriale risultassero immediatamente riconoscibili.

Il camouflage operava dunque prima dell'ingaggio (Behrens, 2009; Shell, 2014), intervenendo sulla sequenza che conduce dall'osservazione all'individuazione, dalla localizzazione alla classificazione e infine alla scelta del bersaglio. La sua architettura non coincide con una tecnica isolata, ma con il coordinamento di terreno, forma, materia, tracce, dispositivi deperibili e figure simulate. Tale coordinamento modifica profondamente l'apparenza del bunker senza determinare automaticamente la sua appartenenza tipologica.

6.4.2 — Camouflage e controllo tipologico

La forza figurativa del camouflage introduce un problema di classificazione: l'immagine esterna può occultare o contraddire la configurazione morfologico-funzionale effettiva del manufatto. Per evitare che il mascheramento alteri impropriamente la tassonomia, occorre distinguere tre livelli. Il primo è il nucleo resistente e operativo, definito da camere, armamenti, feritoie, accessi, spessori, vani di supporto e rapporto con il terreno. Il secondo è l'apparato mimetico, costituito dagli interventi che modificano sagoma, superficie e riconoscibilità. Il terzo è il referente apparente, ossia l'elemento naturale, edilizio o tecnico verso cui viene indirizzata la lettura: roccia, collinetta, rudere, casa, ovile, cisterna, serbatoio o chiesetta.

Anche le categorie della manualistica devono essere mantenute sul piano appropriato. Naturale e artificiale descrivono l'origine dei mezzi impiegati; palese e occulto qualificano il modo in cui lo schermo agisce rispetto all'osservatore. Analogamente, le categorie analitiche topografica, materico-cromatica, vegetazionale, disruptiva e simulativa indicano strategie di mascheramento. Nessuna di queste denominazioni definisce, da sola, una famiglia morfologico-funzionale del bunker. La distinzione fra i tre livelli non implica che essi siano sempre materialmente separabili. Un riporto di terra può svolgere insieme funzioni di protezione, raccordo costruttivo e occultamento; un vano aggiunto può concorrere tanto alla dissimulazione quanto al ricovero del personale; una muratura simulata può schermare l'accesso e, contemporaneamente, costruire l'immagine di un edificio. La classificazione deve perciò verificare quali componenti partecipino al funzionamento militare e quali agiscano prevalentemente sull'apparenza. Solo gli elementi privi di un ruolo operativo autonomo possono essere interpretati senza riserve come apparato mimetico; negli altri casi occorre registrare una componente a doppia funzione.

Il principio di controllo fondamentale deriva dalla mancanza di una corrispondenza univoca fra tipologia e referente apparente. La stessa famiglia difensiva può essere interrata, rivestita come roccia, incorporata in un rudere o trasformata in volume tecnico; la medesima figura di casa, cisterna o collinetta può invece occultare strutture operative differenti. Nei bunker poliarma, la pluralità delle camere, i fronti differenziati, le rampe, i muri controterra e gli spessori variabili producono masse articolate, difficilmente riconducibili a una figura elementare. Il mascheramento può assorbire l'organismo nel terreno, scomporne il profilo mediante riporti e vegetazione oppure ricondurlo a un edificio rurale attraverso coperture, muri, finte aperture e corpi aggiunti. Ciò non significa che tutte le poliarma adottino forme architettoniche simulate, né che il travestimento edilizio sia loro esclusivo; indica soltanto che, negli organismi composti, l'apparato mimetico deve spesso coordinare più fronti e volumi.

Le monoarma circolari presentano una condizione differente. La stabilità della cellula armata e la relativa compattezza dell'impianto consentono di separare più nettamente il nucleo resistente dall'immagine esterna. Al tempo stesso, la regolarità circolare costituisce un indizio riconoscibile, soprattutto nella vista dall'alto. Il mascheramento può quindi interrare la cellula, raccordarla al terreno, inglobarla in un volume quadrangolare,

associarla a un serbatoio, incorporarla in un rudere o racchiudere più postazioni entro una stessa architettura simulata. La matrice tipologica resta leggibile nella pianta interna, mentre l'involucro ne nega o frammenta la geometria all'esterno. Tobruk, bunker controcarro in barbetta e postazioni a basso profilo possono affidare una parte maggiore dell'occultamento all'incassamento, al parapetto, al terreno e alla vegetazione. La ridotta massa emergente favorisce l'assimilazione topografica.

Il camouflage assume così valore genealogico senza moltiplicare impropriamente i tipi (fig. 50). Esso misura il grado di autonomia raggiunto dall'apparenza rispetto al corpo resistente: dalle soluzioni nelle quali struttura, terreno e mascheramento coincidono fino agli involucri capaci di attribuire alla cellula armata una figura completamente diversa. La genealogia riguarda quindi non solo la trasformazione delle forme destinate a sparare e proteggere, ma anche la capacità di renderle compatibili, almeno temporaneamente, con il repertorio ordinario del paesaggio.



Fig. 50 — In alto due postazioni monoarma circolari del caposaldo 15 di Cagliari: pur avendo lo stesso impianto il mascheramento dissimula efficacemente una delle due casematte. In basso l'eccezionale mascheramento della "finta chiesa" all'interno dell'arco di contenimento di Quartu Sant'Elena.

Parte II — La Sardegna nel Muro Mediterraneo: comparazione con la costa valenciana

6.5 — Campo di confronto Mediterraneo

6.5.1 — Domanda comparativa e asimmetria del confronto

La genealogia tipologica ricostruita nella prima parte del capitolo costituisce il punto di partenza della verifica comparativa. Il sistema sardo, ordinato attraverso fonti, censimento, banca dati territoriale, rilievi e ridisegni, mantiene il baricentro dell'analisi; il Golfo di Cagliari ne rappresenta il campo a maggiore risoluzione. I campioni della costa valenciana introducono un termine esterno attraverso il quale sottoporre a verifica le categorie tipologiche elaborate — cellula armata, monoarma, poliarma, nucleo fisso, organismo composto, variante e semi-prototipazione — e precisarne la capacità di descrivere forme, relazioni operative e logiche d'impianto.

Il confronto si inscrive nella cornice del Muro Mediterraneo, inteso come campo plurale di sistemi difensivi costieri accomunati da problemi strategici e architettonici, ma differenziati per cronologia, dottrina, armamenti, cultura costruttiva e condizioni territoriali (Martínez-Medina & Sanjust, 2013; Martínez-Medina & Sanjust, 2015). La comparazione non ricerca una derivazione diretta né una tassonomia mediterranea unitaria: verifica come esigenze ricorrenti — controllo degli approdi, interdizione delle direttrici di penetrazione, coordinamento tra postazioni leggere e batterie, adattamento alla morfologia e riduzione della visibilità — vengano tradotte in differenti configurazioni architettoniche e territoriali. La parentela riguarda il campo dei problemi; lo scarto il modo in cui tali problemi vengono risolti attraverso forma, materia, posizione e campo di tiro.

La domanda centrale è pertanto in quale misura il confronto con campioni selezionati della costa valenciana consenta di precisare la genealogia tipologica e le logiche d'impianto del sistema sardo. Il disegno comparativo è strutturalmente asimmetrico: per la Sardegna è disponibile un corpus territoriale esteso, georeferenziato e documentato mediante livelli convergenti; il versante valenciano è costituito da campioni selettivi, rilevati e documentati con differenti gradi di approfondimento. La comparazione assume quindi carattere qualitativo e relazionale.

6.5.2 — Campioni selezionati e funzione dei casi

Il principale perimetro territoriale spagnolo coincide con il repertorio alicantino raccolto in *Arquitecturas para la defensa de la costa Mediterránea (1936–1939)*. Il catalogo (fig. 51) articola le architetture difensive della Guerra civile spagnola in sette ambiti — Costa Norte, Alicante Norte, El Portichol, Alicante Suroeste, Clot de Galvany, Cabo de Santa Pola e Bahía de Santa Pola — e distingue tre insiemi di manufatti: *baterías de costa*, *búnkeres* o *blocaos* e *barracones militares* (Martínez-Medina, 2016). La compresenza di postazioni lungo il margine litoraneo, fronti interni e batterie collocate in quota permette di osservare, entro uno stesso quadro regionale, differenti relazioni fra opera, terreno e geografia della minaccia.

La selezione (figg. 51-52) non riproduce integralmente il repertorio, ma individua casi pertinenti rispetto alle matrici della ricerca, sostenuti da evidenze sufficienti e capaci di attivare un confronto con specifici ancoraggi sardi. Ciascun campione assume una funzione analitica determinata: la loro combinazione consente di passare dalla cellula armata all'organismo composto, dalla disposizione delle opere all'impianto e dall'impianto alla strategia territoriale.

La Bahía de Santa Pola costituisce il campione principale per la rete fronte mare. La successione di postazioni lungo un margine esposto permette di verificare come la ripetizione della cellula di fuoco concorra al controllo di spiagge e direttrici di approdo; il Poetto e gli altri settori costieri del Golfo di Cagliari ne rappresentano i principali termini sardi di confronto. Il Cabo de Santa Pola introduce invece la scala della batteria dominante, fondata sul rapporto fra quota, orizzonte marittimo, piazzole, osservazione, collegamenti e strutture di supporto. Is Mortorius e Calamosca consentono di verificare la stessa matrice entro il sistema difensivo del Golfo.

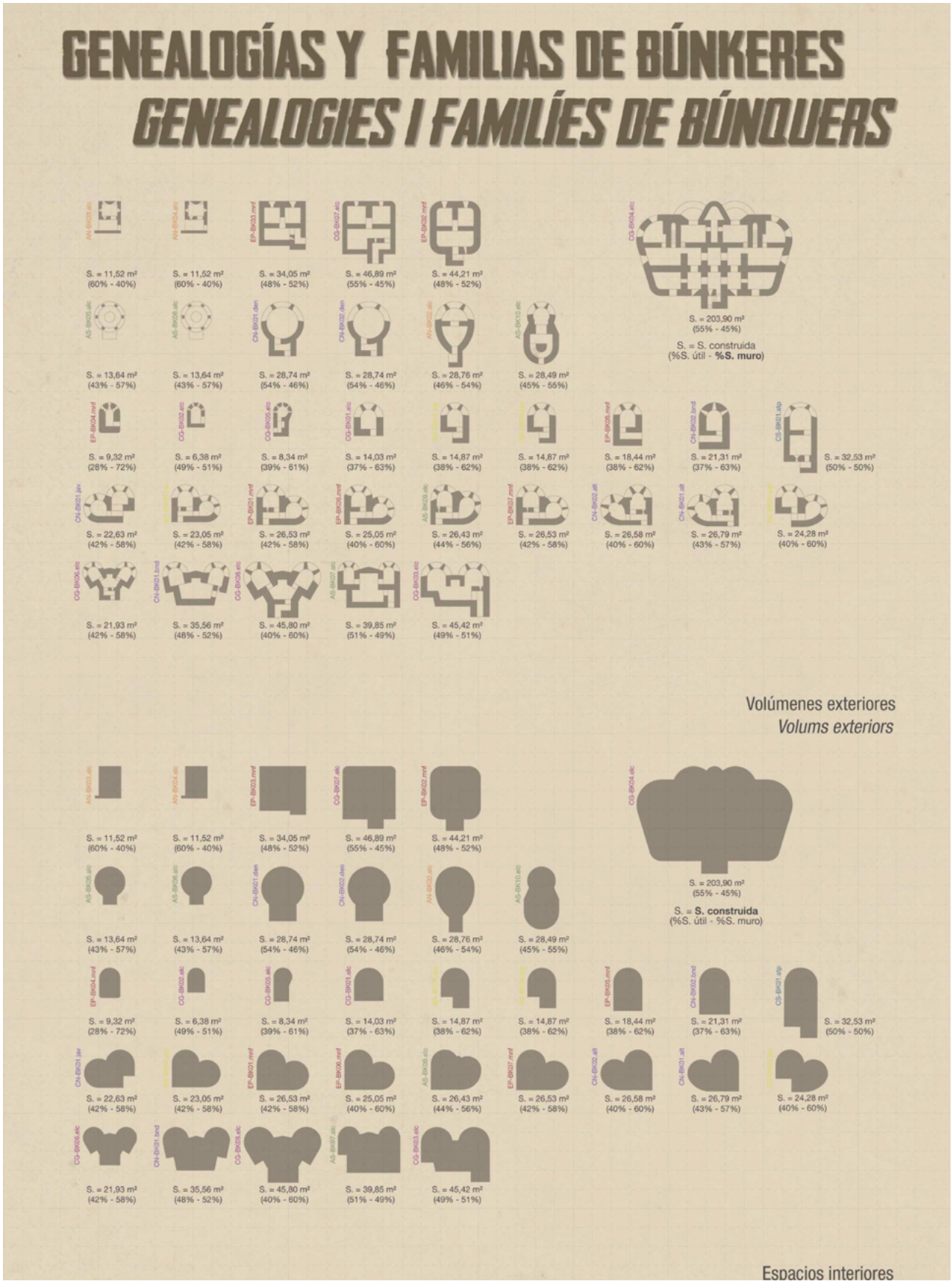


Fig. 51 — Immagine della genealogia dei bunker tratta dalla mostra di Martínez-Medina*:" Arquitecturas para la defensa de la costa Mediterránea (1936–1939)"* (Martínez-Medina, 2016).



Fig. 52 — Campo comparativo: la costa valenciana e la distribuzione dei casi studio. Elaborazione dell'autore.

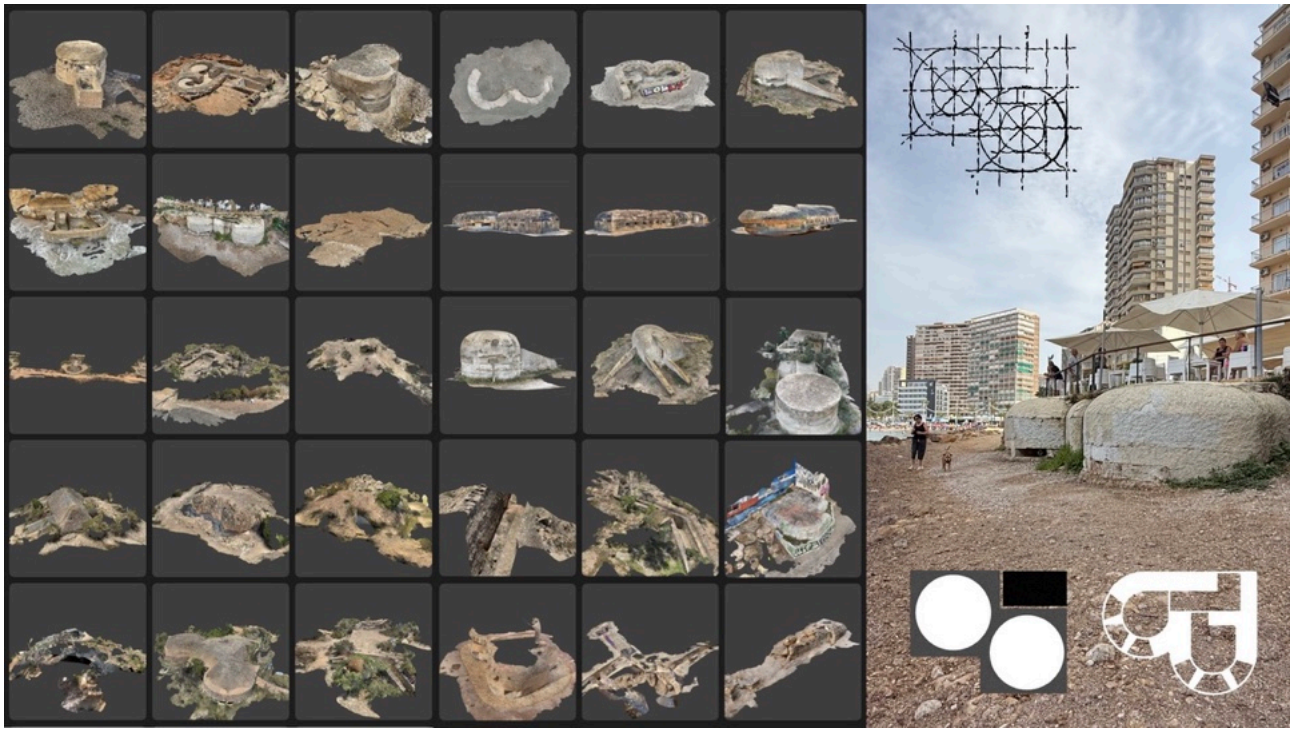


Fig. 53 — Nuvole di punti dei bunker rilevati lungo la costa valenciana: documentazione tridimensionale e confronto metrico delle architetture difensive analizzate. Elaborazione e fotografia dell'autore.

Clot de Galvany ed El Portitxol — denominato El Portichol nel repertorio di Martínez-Medina (2016) — costituiscono i campioni principali per i fronti controterra. Nel primo caso, la relazione fra spiaggia, area umida, rilievi e direttrice infrastrutturale consente di osservare una linea orientata al controllo della penetrazione dalla costa verso l'interno. Nel secondo, la disposizione delle opere segue una successione di rilievi attraversata da una direttrice stradale, verificando il rapporto fra direzionalità, adattamento topografico e fiancheggiamento. Molentargius e Simbirizzi ne costituiscono i contrappunti sardi: il primo per l'interazione fra paesaggio d'acqua, corridoi praticabili e raggruppamenti difensivi; il secondo per l'organizzazione più profonda di capisaldi e coperture reciproche.

La Costa Norte e la Marina Alta, con particolare riferimento a Dénia e Xàbia, svolgono una funzione di controllo laterale sulle ricorrenze individuate nei campioni principali: postazioni presso spiagge, porti e insenature, batterie in quota, adattamento alla morfologia e integrazione materiale nel paesaggio costiero (Martínez-Medina, Banyuls i Pérez, & Pirinu, 2020). Nules occupa una posizione distinta: esterno al repertorio alicantino e legato a un fronte terrestre stabilizzato, è assunto come caso di controllo per il micro-sistema difensivo locale. La selezione costruisce (figg. 52-53) pertanto un campione gerarchico, nel quale ciascun caso verifica una specifica scala del confronto anziché costituire la controparte diretta di un caso sardo.

6.5.3 — Matrici analitiche e statuto delle evidenze

La diversa risoluzione dei materiali richiede che ogni affermazione sia commisurata allo statuto dell'evidenza. Nel corpus sardo convergono censimento territoriale, banca dati GIS, fonti archivistiche, cartografie storiche, ricognizioni, rilievi diretti e ridisegni comparativi. Per la costa valenciana la documentazione comprende cataloghi, studi pubblicati, cartografie, fotografie, modelli, restituzioni precedenti e campagne di rilevamento condotte nel corso della ricerca. Tale articolazione consente di distinguere quattro livelli: dato acquisito mediante rilievo o osservazione materiale diretta, comprese sezioni esposte e parti demolite; dato documentato attraverso restituzioni precedenti controllabili; informazione derivata da fonti bibliografiche, catalografiche o cartografiche; interpretazione prodotta dalla comparazione.

Campione	Funzione nel confronto	Ancoraggio sardo	Evidenze prevalenti

Bahía de Santa Pola	Rete fronte mare	Poetto	Rilievo, catalogo, studi e cartografia
Cabo de Santa Pola	Batteria dominante	Is Mortorius; Calamosca	Rilievo, Catalogo, studi, cartografia e documentazione grafica
Clot de Galvany	Fronte controterra in rapporto con area umida e rilievi	Molentargius	Studi, cartografie, rilievi e modelli disponibili
El Portitxol	Controllo di una direttrice e adattamento topografico	Simbirizzi	Rilievo, catalogo, studi e cartografia
Costa Norte e Marina Alta	Controllo laterale delle ricorrenze	Corpus sardo	Rilievo, catalogo, studi e cartografia
Nules	Micro-sistema difensivo locale	Caposaldo 18 di Via Italia	Rilievo, studi e cartografia.

Tab. 3 — Campioni selezionati, funzione analitica, ancoraggi sardi e statuto prevalente delle evidenze. Elaborazione dell'autore.

La verifica si articola in tre fasi interconnesse. La prima riguarda la cellula armata e ordina il confronto secondo una sequenza costante: geometria del vano, configurazione delle feritoie, armamento previsto, massa resistente, accesso, settore di tiro, rapporto con il suolo e camouflage. Essa consente di confrontare la cellula semicircolare valenciana con la casamatta circolare monoarma e il nucleo fisso sardi, quindi di osservare come duplicazioni, abbinamenti e aggregazioni trasformino la cellula elementare in organismo composto. Misure, spessori, superfici interne, materiali e dispositivi di mascheramento intervengono come parametri di controllo, senza essere separati dal funzionamento operativo del manufatto.

La seconda fase riguarda l'impianto difensivo. L'unità di osservazione passa dal singolo bunker alle relazioni fra le opere: posizione, distanza, orientamento, accessi, settori di tiro, addensamenti, sequenze, linee interne, piazzole di batteria, collegamenti e strutture di servizio. Su questo livello diventano confrontabili rete fronte mare, fronte controterra, piccoli sistemi locali e caposaldo. La matrice permette di distinguere la semplice prossimità spaziale dalla cooperazione tattica e la ripetizione delle postazioni dalla costruzione di un dispositivo coordinato.

La terza fase interpreta la geografia della minaccia. Essa verifica come costa, rilievi, aree umide, infrastrutture e corridoi di movimento concorrano alla formazione del sistema difensivo. Nei campioni valenciani assumono particolare rilievo la direzionalità dei fronti, il controllo degli assi di penetrazione e l'adattamento delle opere alle condizioni locali; nel sistema sardo la stessa lettura comprende la successione fra costa e retroterra, gli sbarramenti, i capisaldi e gli archi di contenimento. Il confronto ricostruisce così il passaggio dalla cellula armata all'impianto e dall'impianto alla profondità territoriale, verificandone infine le implicazioni per la genealogia sarda.

6.6 — Cellula armata: orientamento e grammatica compositiva

Definiti il campo comparativo e lo statuto delle evidenze, la verifica può essere condotta alla scala minima dell'architettura difensiva: la cellula armata. L'unità osservata comprende camera operativa, feritoia, armamento, massa resistente, accesso, settore di tiro e rapporto con il suolo. La ricorrenza di queste componenti non determina un'identità tipologica; ciò che distingue le famiglie è il modo in cui esse vengono dimensionate, coordinate e trasformate in organismo.
Nel repertorio valenciano prevale una grammatica fondata sulla cellula semicircolare direzionale, isolata o duplicata e generalmente associata a un corpo posteriore di accesso e riparo. Nel sistema sardo la cellula circolare monoarma introduce invece una capacità pluriorientata, mentre le poliarma combinano camere, feritoie e armamenti differenziati in rapporto al sito e alla posizione nel caposaldo.

6.6.1 — Cellula singola: casamatta semicircolare e circolare

La cellula armata singola (figg. 54-55) risolve il problema elementare della protezione e dell'orientamento di una postazione di fuoco. Nei campioni valenciani più ricorrenti, la parte armata assume una pianta semicircolare o subcircolare e si innesta su un corpo quadrangolare destinato all'accesso, alla distribuzione o al riparo. La curvatura concentra le feritoie sul fronte esposto e costruisce un settore di tiro selettivo; il corpo posteriore protegge l'ingresso e completa l'organismo senza estendere la capacità di fuoco alle retrovie. Ne deriva una casamatta prevalentemente direzionale, nella quale la geometria distingue il fronte attivo dalla parte protetta.

La casamatta monoarma sarda del ciclo 1942–43 opera secondo un principio differente. La camera circolare o subcircolare, destinata a una sola arma principale, distribuisce più feritoie lungo il perimetro e permette di controllare settori successivi. La copertura effettiva varia in base al numero e alla geometria delle aperture, alla posizione dell'accesso e alle interferenze prodotte dal terreno; la disposizione tende tuttavia a superare la frontalità di una sola direzione. La forma circolare funziona pertanto come dispositivo pluriorientato: non determina necessariamente un tiro continuo a 360°, ma consente di spostare l'arma fra direzioni complementari e di estendere la capacità della postazione verso fronte, fianchi e retrovie.

La differenza non riguarda soltanto il numero delle feritoie. Nella casamatta valenciana l'asse compositivo coincide generalmente con la direzione principale del tiro; nella monoarma sarda l'orientamento deriva dalla combinazione delle aperture distribuite intorno alla camera. La prima seleziona e intensifica un fronte; la seconda organizza una successione di settori. Anche quando la scala complessiva risulta comparabile, cambia quindi la relazione fra geometria interna, posizione dell'arma e campo controllato. Le feritoie rafforzano questo scarto. Nei casi valenciani osservati presentano frequentemente una configurazione essenziale, con strombatura ricavata nello spessore della parete e aperture concentrate nella porzione curva. Nelle monoarma sarde la maggiore profondità muraria produce dispositivi più articolati, con strombature, riscontri e variazioni calibrate rispetto alla posizione dell'arma. La feritoia valenciana conferma la direzionalità della cellula; quella sarda partecipa a un organismo pluriferitoia nel quale ogni apertura corrisponde a una possibile direzione operativa.

Il repertorio valenciano comprende anche postazioni circolari o maggiormente avvolgenti, meno ricorrenti rispetto alla cellula semicircolare. La scala contenuta, la disposizione delle aperture e la possibilità di controllare più direzioni le rendono più prossime ai nuclei fissi sardi che alle monoarma mature. Il nucleo fisso occupa infatti una soglia distinta: può condividere con la monoarma una geometria radiale e pluriferitoia, ma presenta una massa meno consistente, uno spazio operativo più contratto e un grado inferiore di stabilizzazione costruttiva. La prossimità riguarda la configurazione elementare della postazione; non implica l'appartenenza a una stessa famiglia.

I casi singoli di El Portitxol (fig. 59) mostrano come la matrice semicircolare possa variare senza perdere la propria struttura generativa. Il bunker EP-BK04 riduce la postazione a una cellula estremamente compatta, con spazio interno minimo e fronte curvo concentrato; il bunker EP-BK05 sviluppa una camera più ampia, associata a un accesso posteriore e integrata nella pendenza. Le differenze di scala modificano il rapporto fra massa e spazio utile, ma conservano il medesimo principio: una camera armata direzionale, orientata verso un settore definito e completata da un corpo di ingresso protetto.

La verifica distingue così tre condizioni. La casamatta semicircolare valenciana concentra l'azione su un fronte prevalente; la monoarma sarda distribuisce il tiro fra più direzioni ed è integrata entro una massa più continua; il nucleo fisso circolare sardo definisce una soglia di prossimità fondata sulla scala ridotta e sulla possibile disposizione pluriferitoia. Il confronto precisa quindi la monoarma come specifica combinazione di geometria radiale, massa resistente e capacità pluriorientata, non come generica casamatta a cellula unica.

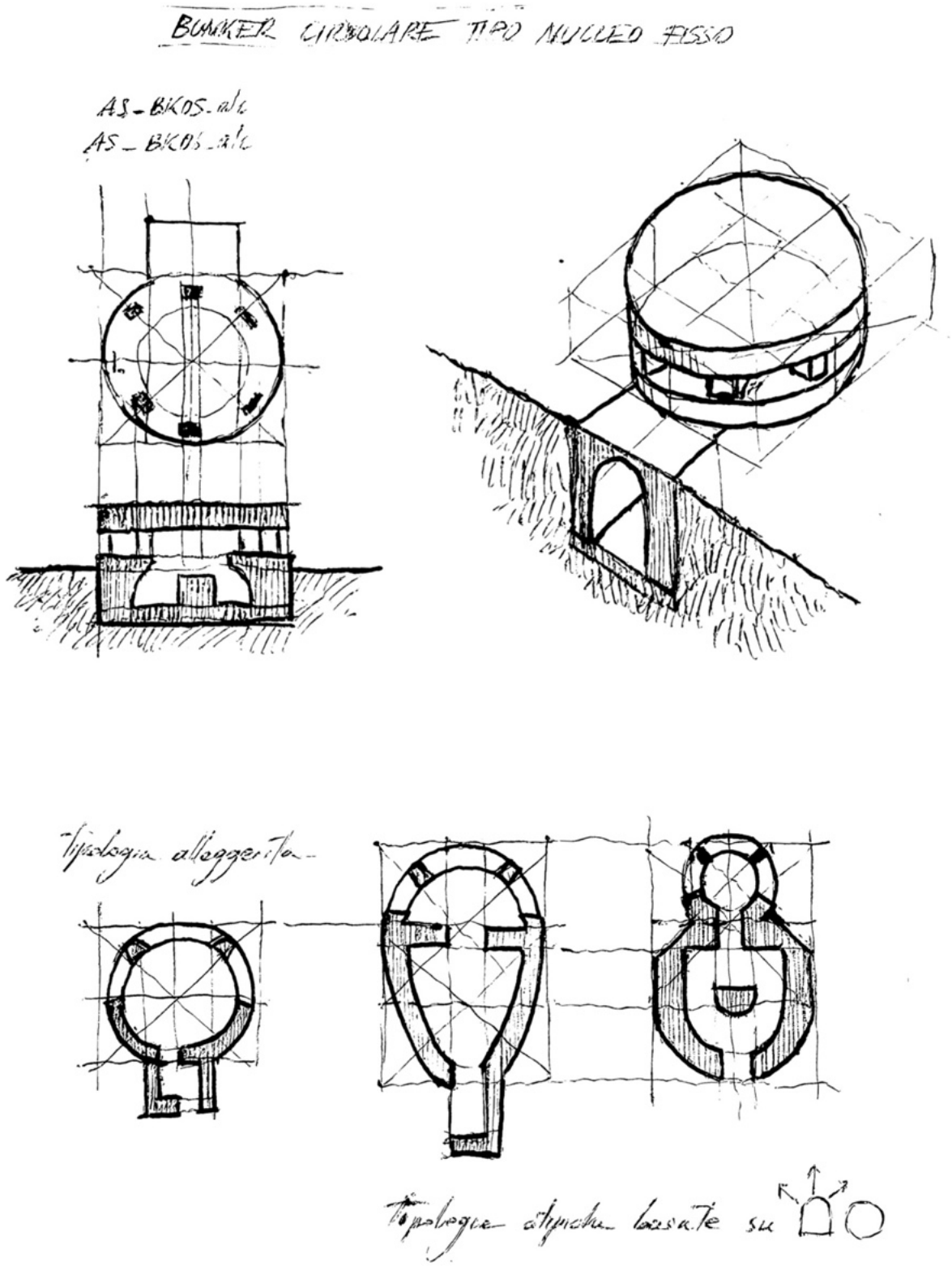


Fig. 54 — Cellule minime dell'impianto difensivo spagnolo: confronto tra postazioni elementari e forme affini al nucleo fisso sardo.

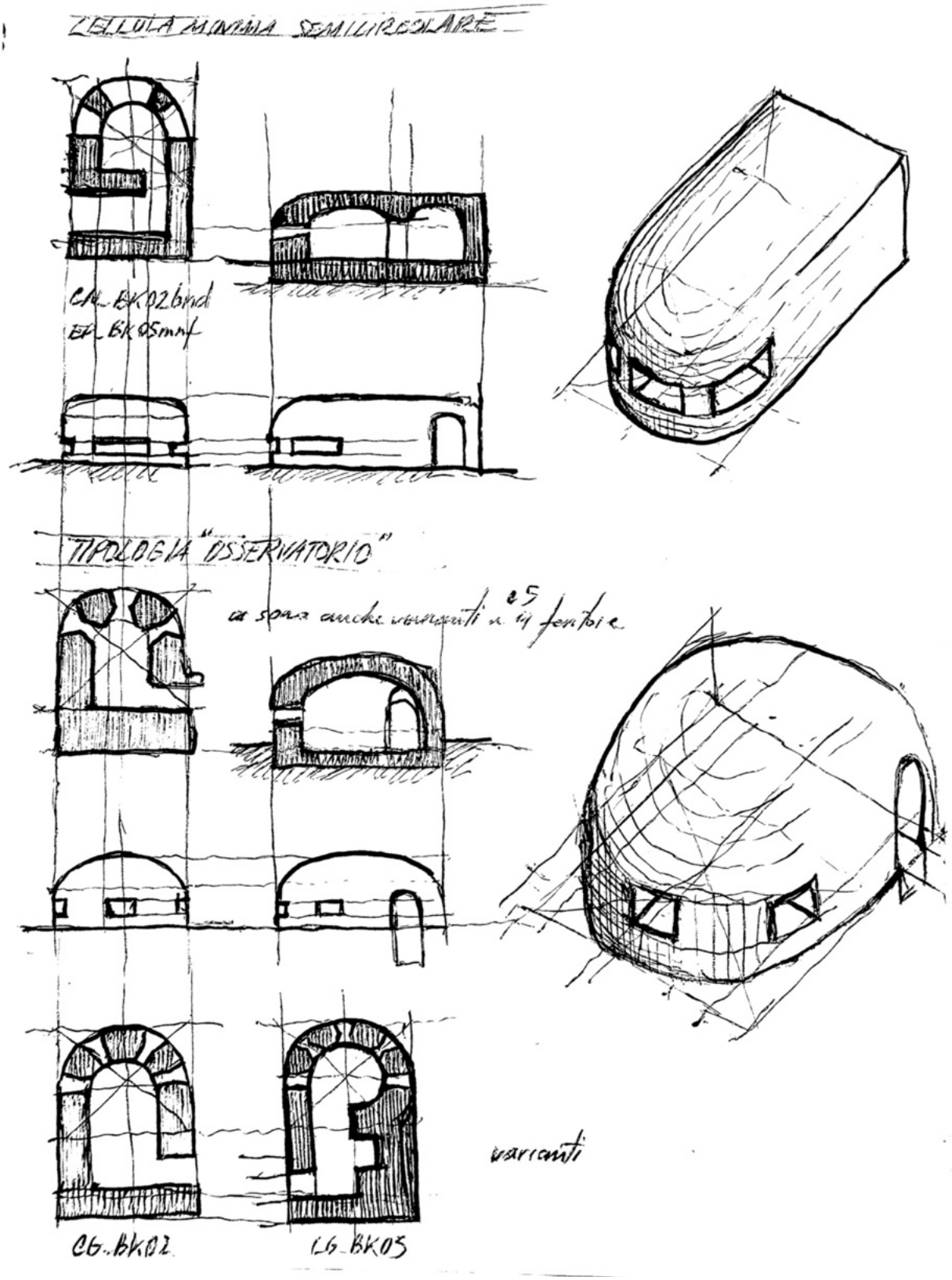


Fig. 55 — Cellula armata singola: casamatta semicircolare valenciana, postazione circolare valenciana, Elaborazione dell'autore.

6.6.2 — Dalla duplicazione all'organismo composto: doppio seno e poliarma

La duplicazione della cellula semicircolare genera una delle famiglie più riconoscibili del repertorio valenciano: il bunker a doppio seno. Due camere di tiro analoghe vengono accostate entro un unico corpo e coordinate attraverso un accesso, un'anticamera o un vano distributivo comune. L'aumento della capacità di fuoco deriva dalla ripetizione della stessa unità e dalla variazione del suo orientamento, anziché dalla specializzazione funzionale delle parti.

Le configurazioni documentate possono essere ricondotte a tre modalità principali. Nel doppio seno parallelo, le camere sono affiancate e orientate verso il medesimo fronte: la duplicazione intensifica il tiro lungo una direzione dominante. Nella configurazione radiale, gli assi divergono e ampliano il settore complessivamente controllato. Nelle soluzioni biforcate, un corpo posteriore comune si divide in due rami, separando maggiormente le postazioni e adattandole alla morfologia o alle direttrici individuate. In tutti i casi rimane riconoscibile la cellula generativa, costituita da camera curva, feritoia principale e connessione con uno spazio retrostante.

Il Clot de Galvany (figg. 60-61) documenta chiaramente queste variazioni. Il bunker CG-BK03 presenta due seni paralleli, collegati a una zona posteriore di distribuzione e riposo e orientati nella stessa direzione. Le postazioni CG-BK06 e CG-BK08 dispongono invece le due camere secondo assi divergenti, ampliando il campo complessivo fino a circa 240° nei casi documentati. La variazione modifica il settore di tiro, ma conserva la struttura dell'organismo: due postazioni analoghe coordinate da un sistema distributivo comune (Sanna et al., 2025)
Una logica affine ricorre nella Marina Alta, dove i bunker della prima linea di Dénia e Xàbia sono manufatti a uno o due seni, predisposti rispettivamente per una o due mitragliatrici. Nei casi doppi, ciascuna cellula conserva la relazione diretta fra arma, feritoia e settore del fronte costiero; l'organismo nasce dal loro accoppiamento e dalla regolazione dell'orientamento reciproco (Martínez-Medina, Banyuls i Pérez, & Pirinu, 2020). A El Portitxol (fig. 59), il bunker EP-BK06 associa due camere curve con assi distinti e le collega a un accesso sviluppato in profondità, confermando la capacità della matrice di produrre organismi differenziati attraverso ripetizione, rotazione e adattamento al terreno.

Le casematte binate sarde (figg. 56-58) possono presentare una prossimità morfologica con questa soluzione, ma la presenza di due postazioni non stabilisce di per sé una corrispondenza tipologica. Le postazioni monoarma circolari binate possono essere rivolte verso direzioni opposte o complementari, partecipare al fiancheggiamento di uno sbarramento oppure concorrere alla copertura di intervalli differenti. La binatura descrive quindi una relazione fra postazioni, il cui significato dipende da orientamento, armamento e posizione nel raggruppamento. La distanza rispetto alle poliarma sarde è più netta. Nel doppio seno la molteplicità deriva dalla reiterazione di camere analoghe, generalmente predisposte per lo stesso tipo di arma; la poliarma integra invece componenti operative eterogenee. Camere per mitragliatrice leggera o pesante, postazioni controcarro, feritoie calibrate, spessori e accessi assumono configurazioni differenti perché rispondono a specifiche funzioni e direzioni di tiro. La pluralità delle aperture o delle postazioni non è sufficiente a definire la poliarma: questa emerge quando la specializzazione delle parti modifica l'organizzazione dell'intero manufatto.

Il confronto permette quindi di distinguere due modalità di semi-prototipazione. Nel campione valenciano essa agisce prevalentemente attraverso la combinazione di figure elementari — cerchio e quadrato, cellula di tiro e corpo di riparo — e mediante la duplicazione controllata di unità analoghe. La simmetria costituisce un principio ricorrente, corretto localmente dall'accesso, dalla pendenza e dall'orientamento del tiro. Nel sistema sardo, soprattutto nelle poliarma, la semi-prototipazione assume invece carattere adattivo: ricorrono camere, feritoie e dispositivi riconoscibili, ma la loro aggregazione viene ricalibrata rispetto all'armamento, al terreno e al ruolo dell'opera nel caposaldo.
La diffusione delle monoarma nel ciclo 1942–43 introduce una successiva concentrazione della grammatica sarda in una cellula maggiormente ripetibile. La complessità adattiva delle poliarma non viene riprodotta integralmente, ma ricondotta a un organismo più compatto, compatibile con tempi ridotti e con la necessità

di moltiplicare i punti di fuoco. La genealogia non procede quindi lungo una sequenza lineare dal semplice al complesso: alterna specializzazione, adattamento e serializzazione.

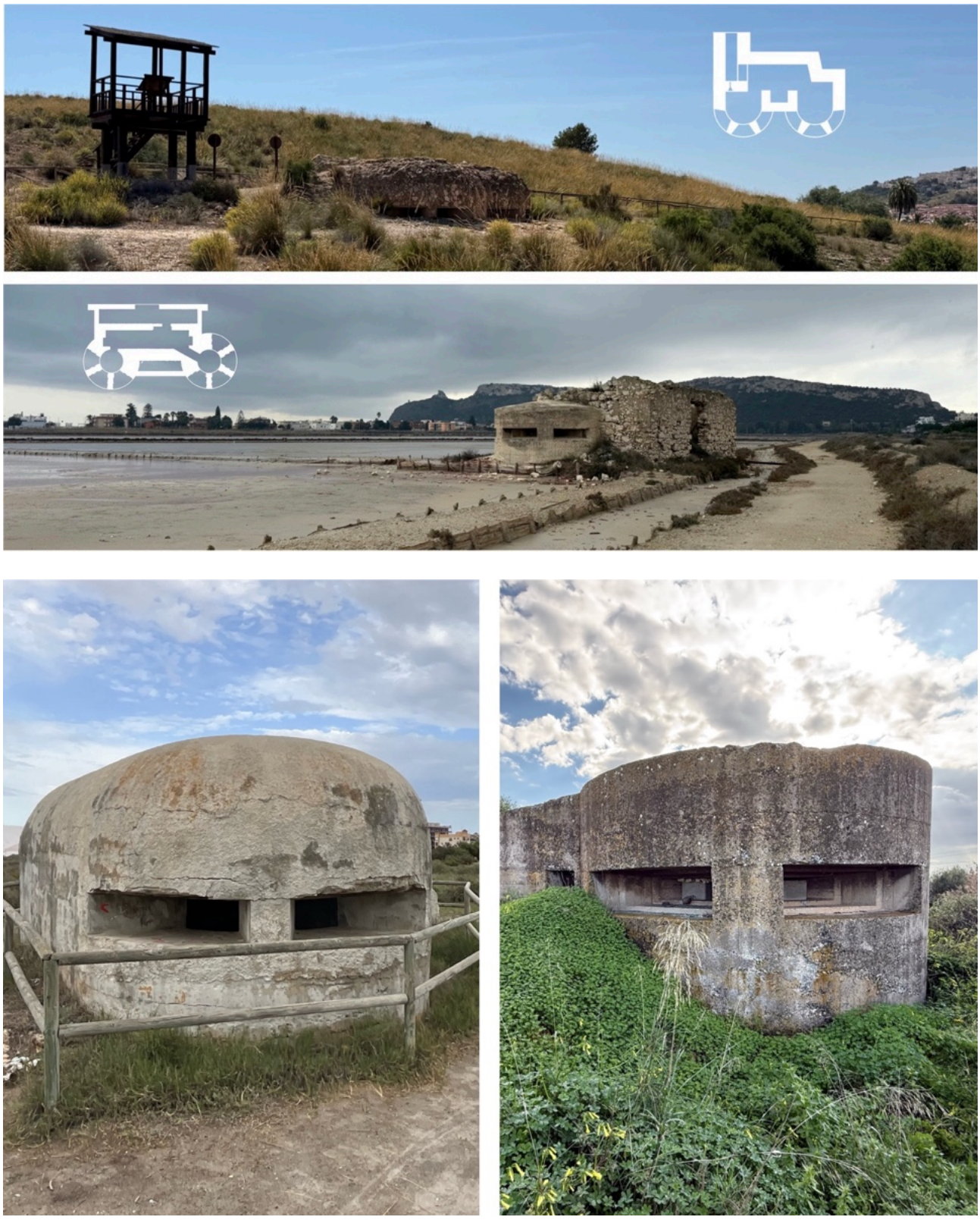


Fig. 56 — Confronto tra bunker. In alto due architetture difensive a doppia casamatta nei casi di Clot de Galvany in Spagna e Molentargius in Sardegna. In basso: confronto tra la postazione semicircolare orientata spagnola e la postazione monoarma circolare sarda.

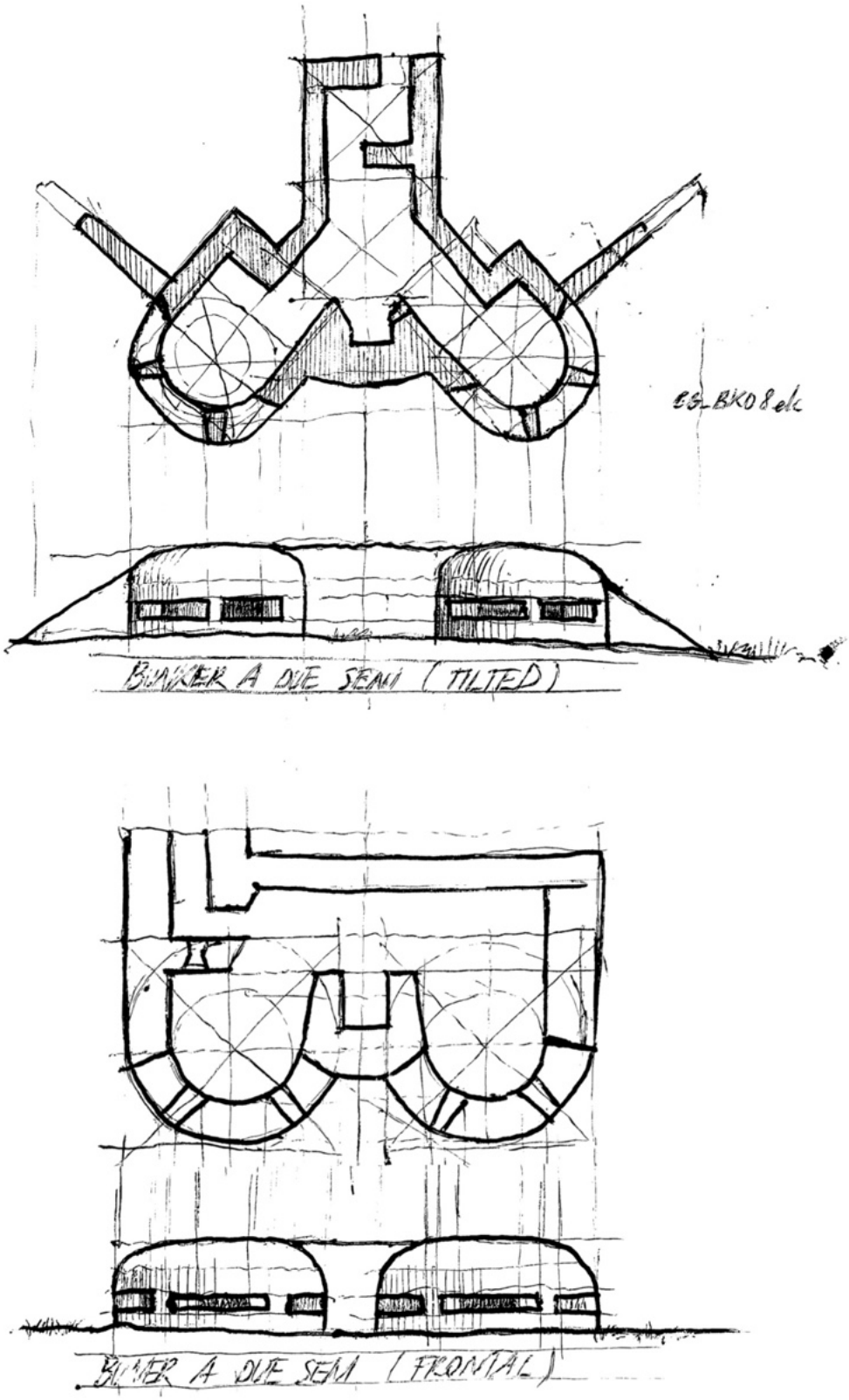


Fig. 57 — Dalla duplicazione all'organismo composto: doppio seno con cellule angolate ed in parallelo. Elaborazione dell'autore.

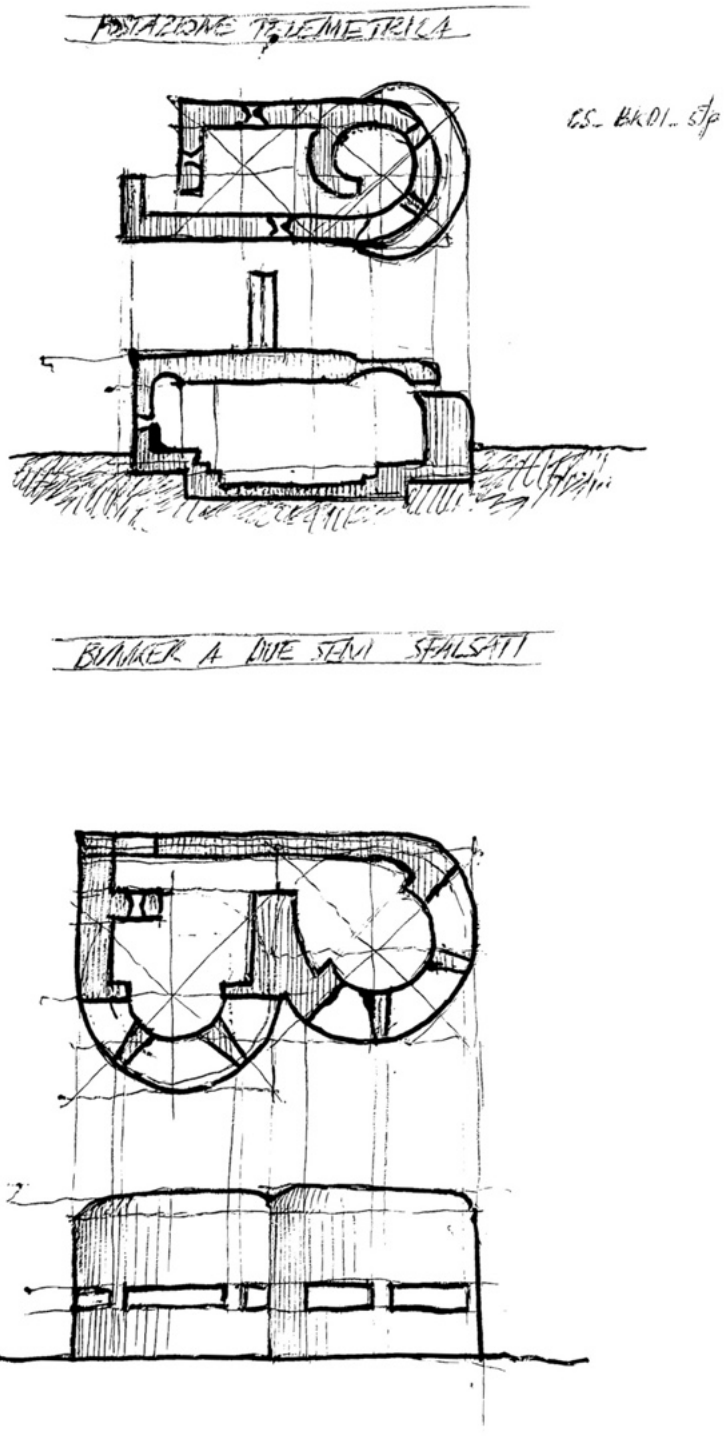


Fig. 58 — Postazione telemetrica e bunker repubblicano a doppia casamatta semicircolare tipico sulle coste valenciane. Confronto tra funzione specialistica di osservazione e dispositivo armato. Elaborazione dell'autore.

6.6.3 — Famiglie senza equivalenza e casi-limite

Le corrispondenze individuate non esauriscono la genealogia sarda. Nei campioni valenciani analizzati non emergono con analoga consistenza famiglie direttamente assimilabili alle casematte controcarro specialistiche, ai Tobruk o alle postazioni controcarro in barbetta con ricovero. Lo scarto riguarda il repertorio sottoposto a verifica e non implica la loro assenza dall'intero sistema difensivo spagnolo; delimita tuttavia il campo entro il quale la comparazione produce evidenze controllabili.

La postazione in barbetta richiede una distinzione specifica. Le batterie valenciane presentano piazzole aperte o circolari connesse alla rotazione dell'artiglieria, ma tali configurazioni appartengono a impianti di batteria antinave o antiaerea (fig. 62). La postazione in barbetta controcarro sarda associa invece una posizione aperta a un ricovero direttamente funzionale all'arma. La somiglianza della figura planimetrica segnala una comune esigenza di libera rotazione di un pezzo pesante, ma non produce equivalenza fra la piazzola d'artiglieria e la singola postazione controcarro.

Tobruk e casematte controcarro contribuiscono inoltre a una specializzazione della cellula sarda priva di un corrispettivo centrale nei campioni valenciani esaminati. Nel Tobruk, la geometria verticale e l'emersione ridotta definiscono un dispositivo distinto dalla camera semicircolare direzionale. Nella casamatta controcarro, il rapporto fra arma, feritoia e massa resistente impone un fronte di tiro vincolato e una conformazione specifica dello spazio operativo.

Il repertorio valenciano presenta, a sua volta, configurazioni laterali rispetto alla prevalenza delle forme semicircolari. Piccole postazioni quadrate o rettangolari, talvolta dotate di aperture su più lati, ricercano una capacità pluriorientata attraverso la compattezza del corpo anziché mediante una camera circolare. Organismi di dimensione maggiore (fig. 63) introducono compartimentazioni e sistemi distributivi più articolati. In questi casi, il ridisegno consente di registrare lo scarto morfologico, mentre l'attribuzione dell'armamento e della funzione resta subordinata alle evidenze documentarie e ai dispositivi interni riconoscibili.
Il bunker EP-BK02 ed EP-BK03 I bunker EP-BK02 ed EP-BK03 appartengono a questa linea di variazione (fig. 59). Il primo presenta un perimetro raccordato, due fronti armati e una distribuzione interna più complessa rispetto al doppio seno ordinario; il secondo sviluppa un corpo prevalentemente quadrangolare, collegato a un accesso allungato, e concentra le feritoie su un fronte definito. Nessuno dei due costituisce una famiglia autonoma: entrambi mostrano come la grammatica valenciana possa modificarsi attraverso raccordi, compartimentazioni e variazioni del corpo distributivo senza dissolvere il rapporto fra camera, accesso e fronte di tiro.

Nel Clot de Galvany, il bunker CG-BK07 (fig. 60) presenta una pianta quadrata suddivisa in quattro ambienti e orientata verso la strada nazionale. La compartimentazione lo colloca ai margini della sequenza formata da cellule singole e doppi seni. Ancora più marcata è la condizione della struttura difensiva CG-BK04. La scala maggiore, la distribuzione su più livelli, i vani di supporto, le parti emergenti per il tiro e l'elemento superiore assimilabile a una garitta configurano un organismo gerarchizzato, distinto dalle postazioni ordinarie del sito (Sanna, Martínez-Medina, & Pirinu, 2025).

Famiglie senza equivalenza e casi-limite definiscono così i confini della verifica. I primi impediscono di ricondurre l'intera genealogia sarda alle matrici condivise; i secondi evitano di ridurre il repertorio valenciano alla sola casamatta semicircolare. Il confronto non oppone pertanto un sistema semplice a uno complesso, ma distingue differenti modalità di produrre variazione, specializzazione e organizzazione dello spazio armato.



Fig. 59 — Rilievo strumentale e restituzione grafica dei manufatti difensivi di El Portichol. Elaborazione dell'autore.

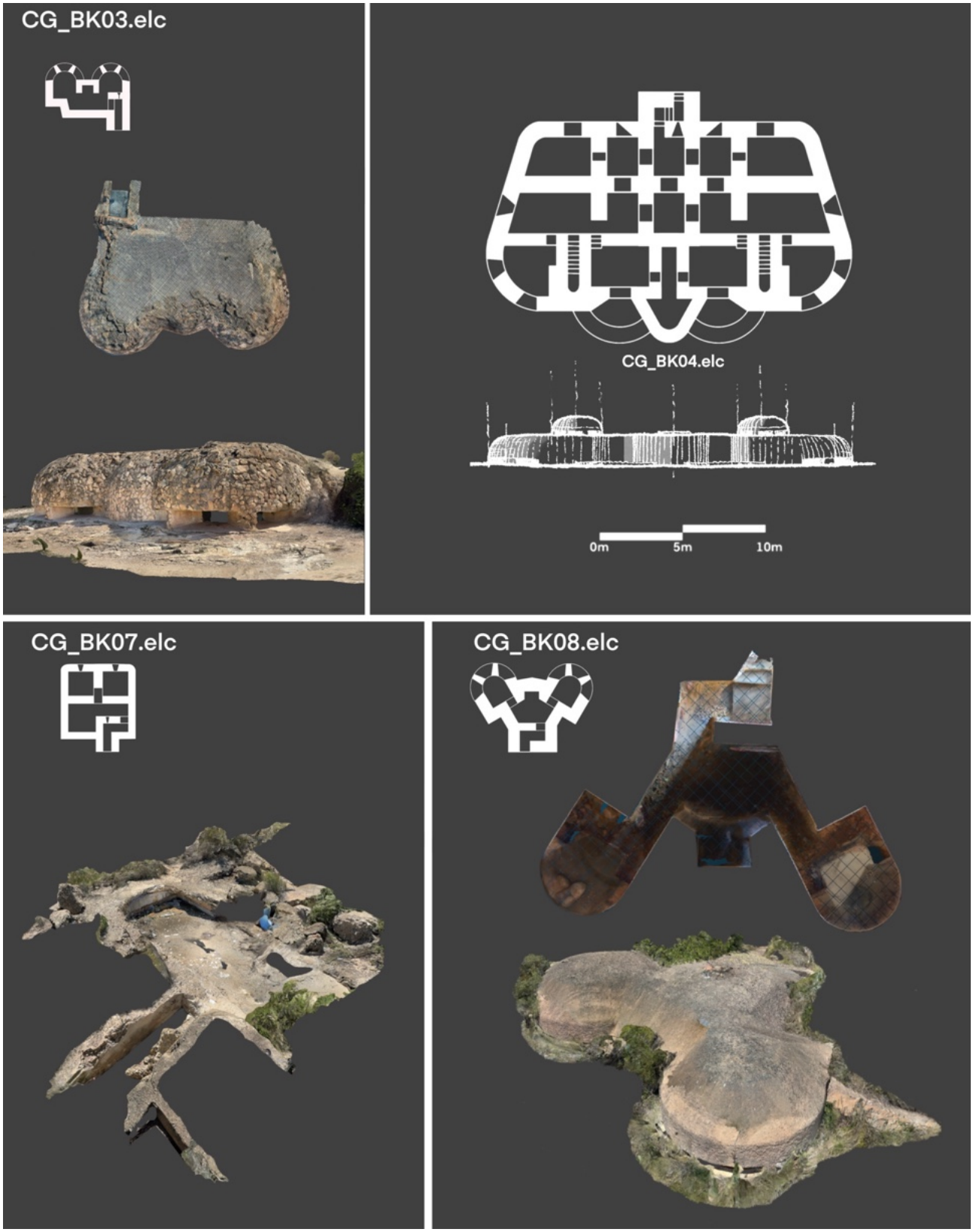


Fig. 60 — Rilievo strumentale e restituzione grafica dei manufatti difensivi di Clot de Galvany. Elaborazione dell'autore.



Fig. 61 — Rilievo strumentale e restituzione grafica dei manufatti difensivi di Clot de Galvany. Elaborazione dell'autore.



Fig. 62 — Repertorio dell'area valenciana; dall'alto verso il basso: una postazione per arma controaerea presso Clot de Galvany; una piccola postazione con camouflage litico e morfologico presso Clot de Galvany; una postazione sulla spiaggia a due seni presso Altea.

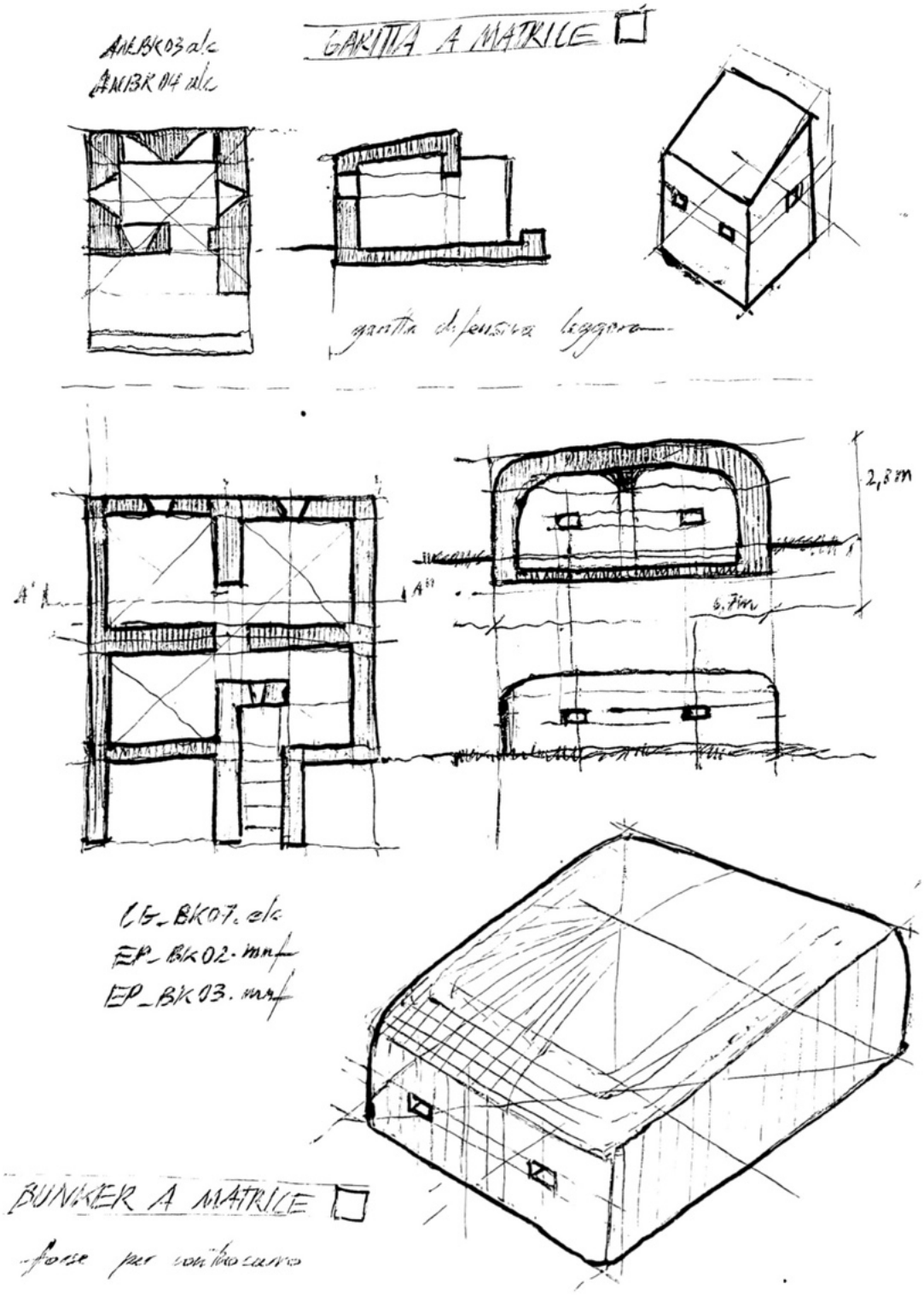


Fig. 63 —Configurazioni quadrangolari del campione valenciano. Elaborazione dell'autore.

6.6.4 — Massa resistente, costruzione e camouflage

La geometria planimetrica non esaurisce il funzionamento della cellula armata. Spessore, rapporto fra massa e spazio utile, tecnica del getto, grado di interramento e trattamento della superficie determinano la capacità protettiva, la dimensione dello spazio operativo e la riconoscibilità esterna. La massa resistente costituisce pertanto una componente tipologica: modifica il rapporto fra arma e feritoia e condiziona sia l'abitabilità interna sia l'aderenza dell'opera al terreno.

Nei manufatti valenciani rilevati direttamente, le parti esposte delle cellule armate presentano spessori generalmente compresi fra circa 0,65 e 1,00 m, con valori ricorrenti intorno a 0,75 m. Nei corpi posteriori, negli accessi e nei lati controterra, meno direttamente sottoposti al tiro, lo spessore può ridursi a circa 0,30–0,40 m. La massa non è quindi distribuita uniformemente, ma concentrata in rapporto al fronte operativo. Le cellule minime presentano una forte incidenza del pieno sull'impronta complessiva; negli organismi doppi o dotati di vani distributivi aumenta invece la quota di spazio interno. La configurazione registra un'economia selettiva della protezione, nella quale materiale e spessore vengono concentrati nelle parti maggiormente esposte.

Nelle monoarma e nelle poliarma sarde del ciclo 1942–43 la consistenza muraria costruisce un involucro più massivo. Gli spessori superano frequentemente il metro e possono raggiungere circa 1,30–1,40 m nelle parti maggiormente esposte. La differenza non corrisponde soltanto a un aumento quantitativo della protezione: la profondità della parete modifica la strombatura delle feritoie, allunga le soglie di accesso e intensifica la separazione fra interno ed esterno.

La tecnica costruttiva (figg.64-65) rafforza questa differenza. Nei bunker valenciani osservati, laterizio e calcestruzzo costituiscono i materiali primari. Il laterizio non interviene soltanto come tamponamento o rivestimento: viene disposto per definire pareti, curvature e volte e funziona come cassaforma a perdere, sulla quale o contro la quale viene eseguito il getto. Le superfici laterizie visibili negli interni registrano quindi una fase del processo costruttivo e rendono leggibile la geometria predisposta per contenere il calcestruzzo. Nei casi esaminati, il getto risulta scarsamente o per nulla armato. Le sezioni esposte di bunker demoliti, tagliati o parzialmente distrutti non mostrano gabbie metalliche diffuse; nei manufatti conservati non sono state riconosciute barre affioranti, espulsioni del copriferro o colature di ossidazione comparabili a quelle osservabili nel corpus sardo.

Nel sistema sardo il calcestruzzo armato assume invece un ruolo strutturale più evidente. Barre esposte, ossidazioni, espulsioni del copriferro e fessurazioni associate alla corrosione documentano la presenza di armature diffuse in numerosi manufatti. La diversa tecnica si associa alla maggiore consistenza delle monoarma e delle poliarma mature, ma produce anche differenti forme di degrado. Nei bunker valenciani osservati prevalgono erosione del getto, perdita degli strati superficiali e dissesti degli apparecchi laterizi o murari; nelle opere sarde la corrosione dei ferri concorre frequentemente alla disgregazione delle superfici.
Il repertorio valenciano integra, inoltre, materiali locali nel corpo e nel rivestimento delle opere. Pietra, frammenti rocciosi, ghiaia e malte materiche possono essere incorporati negli strati esterni o disposti in continuità con il terreno. Nei bunker di El Portitxol, la roccia partecipa al trattamento della superficie e interrompe la regolarità del volume gettato, avvicinandone colore e tessitura a quelli del rilievo circostante. Nei casi della Marina Alta, i rivestimenti lapidei svolgono una funzione analoga, riducendo il contrasto fra manufatto e supporto roccioso costiero (Martínez-Medina, Banyuls i Pérez, & Pirinu, 2020).

Materia e camouflage operano quindi come un unico dispositivo. Nel Clot de Galvany i volumi bassi, arrotondati, seminterrati o addossati alla pendenza assumono il carattere di protuberanze del suolo; pietra, ghiaia e malte irregolari attenuano la discontinuità fra opera e terreno. Questa integrazione deve essere riferita alla configurazione storica del sito: l'attuale paesaggio umido e la presenza del lago sono successivi, mentre il terreno originario risultava più secco e aperto. Il mascheramento riguardava la morfologia e la

consistenza materica del suolo, non la simulazione di un paesaggio lagunare già formato (Sanna, Martínez-Medina, & Pirinu, 2025).



Fig. 64 — Collage raffigurante il bunker CG_BK07 a Clot de Galvany: si nota la struttura interna in laterizio che funziona come una cassaforma a perdere prima del getto di calcestruzzo. Fotografie dell'autore.



Fig. 65 — Massa resistente e tecniche costruttive: in alto sezioni esposte prive di armature diffuse di una casamatta costiera presso Dénia. In basso una casamatta costiera nel settore di Quartu Sant'Elena in Sardegna con evidenti armature in ferro a vista. Fotografie dell'autore

El Portitxol rende ancora più esplicita l'azione congiunta di forma, materia e terreno. L'incassamento nella pendenza, la ridotta altezza dei fronti esposti, gli accessi protetti dal rilievo e l'integrazione di materiali rocciosi limitano la percezione dei manufatti dalle direttrici controllate. Le superfici curve riducono la nettezza delle ombre, mentre la rugosità materica attenua la riconoscibilità del getto. Il bunker tende così a essere percepito come affioramento, rilievo o prolungamento del suolo.

Nel sistema sardo ricorrono strategie analoghe di interramento e aderenza alla morfologia, ma il repertorio comprende anche forme più esplicite di mimesi architettonica e sostituzione semantica. Casematte e accessi vengono associati a cisterne, piccoli edifici, volumi rurali, strutture produttive o preesistenze, modificando la classificazione percettiva dell'opera. Il manufatto non viene soltanto attenuato nel terreno: assume l'aspetto di un oggetto architettonico in grado di confondersi con il contesto sia esso rurale come a Capoterra, sia esso industriale leggibile nei paesaggi produttivi ed idraulici di Molentargius.

In conclusione, nei campioni valenciani esaminati domina l'assimilazione topografica e materica; nel sistema sardo l'integrazione nel terreno si combina con la simulazione di manufatti edilizi o tecnici. Alla scala della cellula, gli scarti fra i due contesti riguardano quindi direzionalità, principio compositivo, distribuzione della massa, tecnica del getto, presenza delle armature e modalità del camouflage. Tali proprietà acquistano pieno significato quando il bunker viene ricollocato nelle relazioni attraverso cui le opere costruiscono fronti, batterie, raggruppamenti e profondità difensive.

6.7 — Impianti difensivi: dalla linea alla profondità di contenimento

Le proprietà della cellula armata acquistano pieno significato quando il manufatto viene ricollocato nel proprio impianto. Posizione, orientamento e armamento dipendono dalla relazione con coste, approdi, rilievi, strade, bacini idraulici e corridoi di penetrazione. Il passaggio dalla scala architettonica a quella territoriale consente pertanto di osservare come le singole opere concorrano alla formazione di fronti, batterie, raggruppamenti e capisaldi. Il confronto riguarda il modo in cui la minaccia viene tradotta in disposizione spaziale. La rete fronte mare e le batterie dominanti organizzano il controllo della costa; Clot de Galvany ed El Portitxol mostrano differenti configurazioni del fronte controterra; Molentargius e Simbirizzi documentano il passaggio dalla linea alla profondità organizzata per capisaldi. Direzionalità, fiancheggiamento, copertura reciproca e successione delle soglie costituiscono le relazioni attraverso cui leggere tali impianti.

6.7.1 — Fronte mare e batterie in posizione dominante

La difesa del margine costiero associa due dispositivi complementari. Il primo è costituito da postazioni distribuite presso spiagge, approdi, porti e varchi accessibili, con il compito di battere le aree nelle quali può verificarsi lo sbarco. Il secondo utilizza promontori e rilievi per estendere l'osservazione e l'azione dell'artiglieria sullo spazio marittimo. La rete fronte mare opera attraverso la successione dei punti di fuoco e la continuità funzionale dei settori controllati; la batteria concentra invece armamento, osservazione, telemetria, collegamenti e logistica entro un organismo specialistico.

La Bahía de Santa Pola rende leggibile il primo principio. I bunker disposti lungo il margine litoraneo controllano porzioni della spiaggia e direttrici di avvicinamento dal mare, trasformando le singole opere in elementi coordinati di un fronte. La continuità non deriva da una distribuzione geometricamente regolare, ma dalla relazione fra accessibilità del litorale, portata delle armi, ampiezza dei settori di tiro e morfologia del margine. La ripetizione della cellula armata permette così di estendere l'interdizione lungo la costa senza ricorrere a una struttura fortificata materialmente continua (Martínez-Medina, 2016).

Il Poetto presenta una matrice insediativa affine. Anche nel Golfo di Cagliari la spiaggia costituisce un fronte vulnerabile, presidiato da opere rivolte verso il mare e verso le principali direttrici di penetrazione. Il margine sabbioso, tuttavia, non rappresenta una linea difensiva autonoma. Alle sue spalle, stagni, canali, infrastrutture e rilievi condizionano il movimento e collegano la prima opposizione allo sbarco con gli sbarramenti e i capisaldi dell'arco di contenimento. La rete fronte mare costituisce quindi la soglia esterna di un dispositivo che prosegue nel retroterra, come ricostruito nei precedenti capitoli territoriali e nell'Atlante.

La batteria in posizione dominante risponde a un diverso rapporto fra arma e territorio. L'efficacia dell'impianto non dipende dalla sola potenza dell'artiglieria, ma dalla capacità di individuare il bersaglio,

determinarne posizione e movimento, trasmettere le informazioni e sostenere operativamente le postazioni. Piazzole, osservatori, telemetrie, riservette, ricoveri, collegamenti e accessi compongono pertanto una catena funzionale nella quale la quota e l'apertura del campo visuale costituiscono condizioni operative.

Il Cabo de Santa Pola (fig. 66) rappresenta il principale campione valenciano di questa configurazione. La posizione sul promontorio, in prossimità del faro, domina un ampio tratto costiero e permette di distribuire le componenti dell'impianto in relazione alle differenti quote. Piazzole d'artiglieria, postazioni di osservazione, bunker per la telemetria e strutture di servizio partecipano allo stesso organismo tecnico-territoriale pur occupando posizioni morfologiche distinte.

Is Mortorius e Calamosca (fig. 66) verificano la medesima matrice nel Golfo di Cagliari. La batteria Carlo Faldi di Is Mortorius associa piazzole, postazione telemetrica, cunicoli, riservette, ricoveri, strutture di servizio e percorsi entro la morfologia del promontorio. Le diverse componenti formano una sequenza operativa nella quale osservazione, tiro, protezione e approvvigionamento sono spazialmente coordinati. Calamosca partecipa invece al controllo dell'accesso marittimo e del sistema urbano-portuale di Cagliari, integrando la posizione dominante con gli altri presidi costieri e terrestri del settore.

Il confronto riconosce dunque una comune articolazione fra presidio ravvicinato e controllo da quota. Nei campioni valenciani essa appare soprattutto attraverso la relazione fra sequenze litoranee, fronti localizzati e impianti specialistici collocati sui rilievi; nel Golfo di Cagliari le medesime componenti risultano più stabilmente integrate con gli sbarramenti controterra e con la successione dei capisaldi. La differenza non consiste nell'assenza di un retroterra operativo nel sistema valenciano, ma nel diverso grado di formalizzazione della profondità e delle relazioni fra le sue soglie.



Fig. 66 — Fronte mare e batterie in posizione dominante. Confronto fra la rete di postazioni della Bahía de Santa e quelle della batteria C-135 di Calamosca. Visualizzazione delle postazioni con Google Earth. Elaborazione dell'autore.

6.7.2 — Fronti controterra e controllo delle direttrici: Clot de Galvany ed El Portitxol

Il fronte controterra intercetta la minaccia lungo una o più direttrici prevalenti. Le opere non seguono necessariamente il margine costiero, ma si dispongono presso soglie interne, strade, valichi e corridoi di avanzata. La linea difensiva non coincide pertanto con un tracciato geometricamente continuo: è una successione di posizioni selezionate in relazione alla praticabilità del terreno, alla visibilità e ai percorsi che l'avversario è prevedibilmente costretto a seguire.

Il sistema di Clot de Galvany (fig. 67), costruito fra il 1937 e il 1938, comprende otto bunker superstiti, due manufatti scomparsi e resti di trincee distribuiti in rapporto alla spiaggia di Carabassí, alla depressione retrostante, ai primi rialzi morfologici e alla direttrice della N-332 (Martínez-Medina et al., 2015; Martínez-Medina, 2016; Sanna, Martínez-Medina, & Pirinu, 2025). Le opere presidiano la soglia attraverso la quale una penetrazione dal litorale avrebbe potuto proseguire verso l'interno.

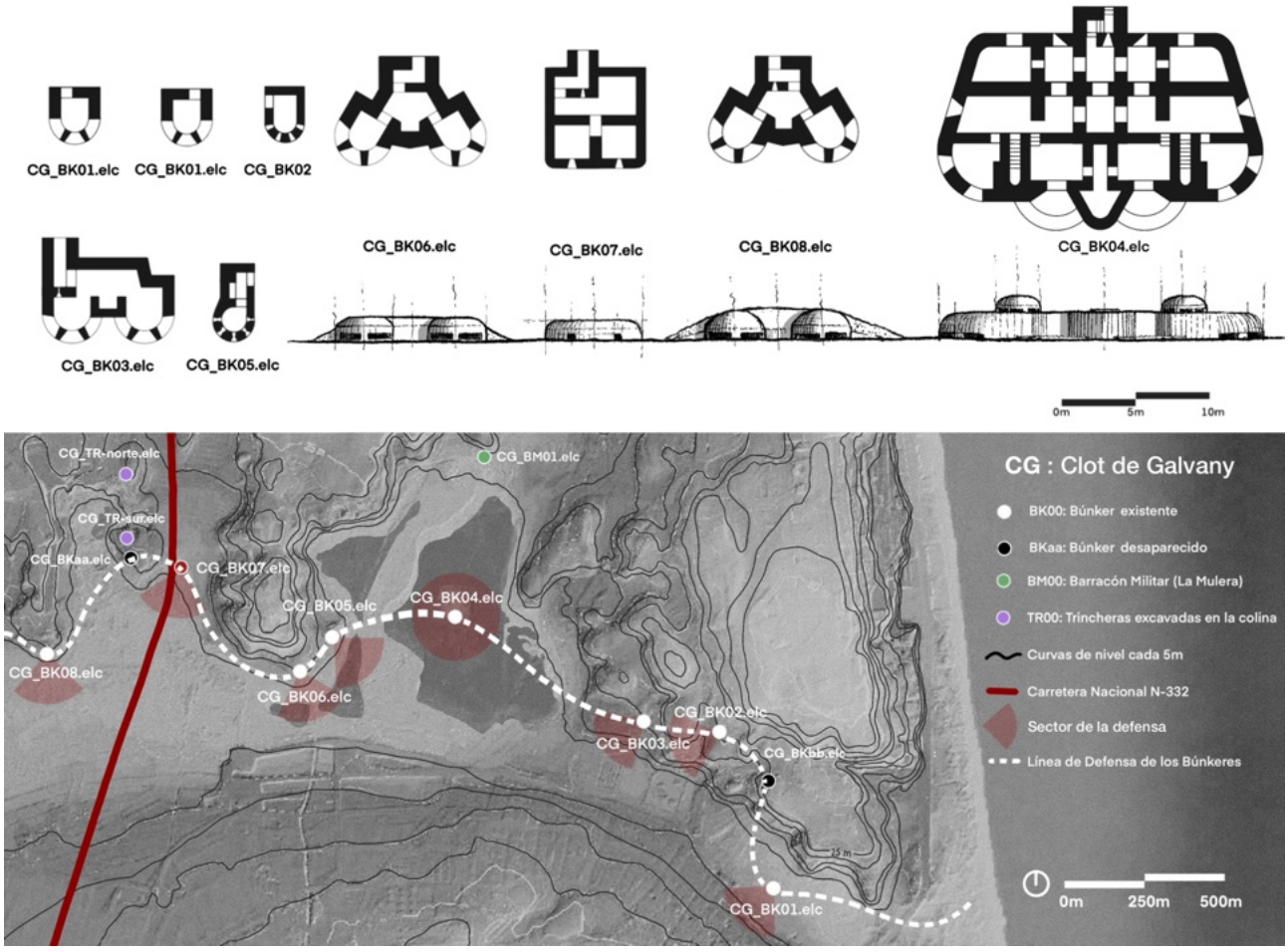


Fig. 67 — Inquadramento delle opere difensive di Clot de Galvany, in Spagna. Relazione fra morfologia, direttrici viarie, posizione delle opere e settori di tiro. Elaborazione dell'autore.

Tale disposizione deve essere letta in rapporto alla configurazione storica del terreno. L'attuale paesaggio lacustre e umido non può essere automaticamente retroproiettato alla fase di costruzione delle opere: fino agli anni Sessanta il settore presentava condizioni più asciutte e aperte rispetto a quelle odierne. Il dispositivo sfruttava quindi anzitutto la depressione topografica, i margini con differente praticabilità e i primi rialzi, utilizzati come posizioni di osservazione, occultamento e tiro. La zona umida costituisce oggi una componente fondamentale della condizione patrimoniale del sito, ma non coincide integralmente con l'originario campo operativo (Sanna, Martínez-Medina, & Pirinu, 2025). Le cellule semicircolari orientano il tiro verso settori selezionati, mentre le configurazioni a doppio seno ampliano o intensificano il fronte battuto. I doppi seni paralleli concentrano le armi verso una direzione concordante; quelli disposti radialmente estendono la copertura su settori divergenti. Le differenze dimensionali e distributive rispondono alla posizione assunta da ciascuna opera nella sequenza e impediscono di ridurre il sistema a una ripetizione uniforme della stessa casamatta. Il bunker centrale di maggiore dimensione costituisce il caso più evidente. La moltiplicazione delle camere e la loro distribuzione intorno a un organismo più esteso determinano una copertura pressoché avvolgente, sensibilmente più ampia rispetto a quella delle casematte ordinarie. Non si tratta tuttavia della rotazione radiale di una cellula compatta analoga alla monoarma sarda: l'ampliamento del campo di tiro è ottenuto attraverso la crescita dimensionale dell'organismo e l'aggregazione di più fronti armati. Il caso dimostra che il sistema di Clot ammette soluzioni pluriorientate, pur rimanendo nel complesso organizzato in rapporto alla direttrice di penetrazione dal litorale.

L'area di El Portichol (fig. 68) presso Monforte del Cid presenta un interessante caposaldo; esso appartiene alla difesa repubblicana controterra, ma opera in una condizione morfologica differente. Il fronte si sviluppa lungo una successione di rilievi attraversata dalla direttrice viaria verso Alicante. Le opere seguono l'andamento delle alture e presidiano il punto nel quale la strada statale N-332 attraversa il restringimento fra i versanti. Crinali, pendenze e discontinuità visuali trasformano così il percorso stradale nel principale asse di controllo.



Fig. 68 — Fronte controterra di El Portitxol. Relazione fra morfologia, direttrici viarie, posizione delle opere e settori di tiro. Elaborazione grafica dell'autore.

Il complesso comprende sette bunker, EP-BK01–EP-BK07, e il ricovero tubolare EP-BM01. I rilievi diretti hanno interessato EP-BK02–EP-BK06 ed EP-BM01. La relazione fra EP-BK02 ed EP-BK03 rende particolarmente evidente l'impiego tattico della morfologia. EP-BK02 è collocato in rapporto diretto con l'asse stradale e orienta il tiro lungo la direttrice di percorrenza, intercettando frontalmente l'avanzata nel punto in cui la strada nazionale attraversa il sistema dei rilievi. Il bunker EP-BK03 è invece disposto lateralmente e parzialmente schermato dal versante; il suo settore di tiro investe la direttrice dopo il superamento del passaggio. La coppia combina così interdizione assiale e azione di fianco.

Il dispositivo non distribuisce il tiro radialmente intorno a ogni opera, ma non si esaurisce neppure in un'unica opposizione frontale. La direttrice viene segmentata in momenti successivi: avvicinamento, attraversamento del restringimento ed esposizione laterale. Il rilievo protegge e ritarda l'individuazione della postazione di fianco, mentre la strada rende prevedibile il movimento del bersaglio. La morfologia opera pertanto come strumento di selezione e sequenziamento dell'ingaggio.

Clot de Galvany ed El Portitxol condividono la costruzione di fronti orientati verso traiettorie determinate, ma non rappresentano dispositivi uniformemente lineari. Nel primo caso, la sequenza estesa delle casematte comprende organismi capaci di ampliare considerevolmente la copertura; nel secondo, la cooperazione fra posizioni assiali e laterali introduce il fiancheggiamento entro il controllo di un corridoio. La direzionalità costituisce dunque il principio prevalente, non una regola esclusiva: può essere rafforzata mediante la moltiplicazione delle camere, la divergenza dei settori di tiro o la cooperazione fra postazioni diversamente orientate.

6.7.3 — Dalla linea al caposaldo: Molentargius e Simbirizzi

Nel sistema sardo il fronte direzionale si inserisce entro una profondità organizzata per capisaldi. Il caposaldo costituisce un'unità tattico-territoriale formata da più opere, armamenti e componenti complementari. Le postazioni principali controllano le direttrici di minaccia; quelle laterali e posteriori proteggono il raggruppamento, presidiano gli intervalli e riducono la vulnerabilità prodotta dall'aggiramento. L'impianto può così assumere una configurazione avvolgente, inserita nella gerarchia di settori, sbarramenti e archi di contenimento.

Molentargius (fig. 69) rappresenta una condizione di soglia. Le opere appartengono alla linea controterra predisposta per la difesa di Cagliari e si distribuiscono in più capisaldi all'interno di un territorio strutturato da stagni, canali, argini, vasche e infrastrutture produttive. Il censimento ha riconosciuto undici manufatti difensivi nel settore assunto come campione, mentre la ricostruzione storico-territoriale comprende presenze superstiti, opere interrate o trasformate e relazioni con manufatti distrutti, progettati o non realizzati (Grioni & Carro, 2014; Pirinu et al., 2020, 2022; Sanna, Martínez-Medina, & Pirinu, 2025).

La struttura idraulico-produttiva partecipa al dispositivo di ostacolo e canalizzazione. Vasche, canali e superfici non praticabili restringono il movimento verso argini, strade e passaggi consolidati, concentrando la percorrenza entro corridoi controllabili. Le opere non devono quindi produrre una barriera materiale continua: presidiano le soglie lasciate accessibili dall'organizzazione del terreno. Il paesaggio rallenta e indirizza l'avanzata; i bunker concentrano il tiro sulle direttrici risultanti. In questa porzione dell'arco cagliaritano il caposaldo avvolgente non si presenta sempre nella sua articolazione più completa. I raggruppamenti di due o tre opere conservano una disposizione relativamente lineare, condizionata dai corridoi praticabili. La copertura dei fianchi e delle retrovie dipende in misura significativa dalla geometria pluriorientata delle monoarma circolari, le cui feritoie distribuite lungo il perimetro estendono la capacità di controllo oltre il fronte principale. La singola opera compensa così, almeno parzialmente, la minore articolazione del raggruppamento.

Molentargius non è pertanto assimilabile alla linea di Clot. La presenza di una soglia morfologica e la canalizzazione del movimento producono condizioni comparabili, ma i manufatti sardi appartengono all'arco di contenimento di Cagliari e sono integrati in una successione territoriale più ampia. Il settore conserva la

leggibilità di un fronte controterra, ma lo articola in nuclei distinti, affidando alla pluriorientazione della cellula parte della difesa locale. Simbirizzi rende più evidente la configurazione nodale del caposaldo. Nei raggruppamenti ricostruiti nella Parte I e rappresentati nell'Atlante, opere principali e componenti complementari controllano direzioni differenti. Poliarma, monoarma, postazioni specializzate, punti di osservazione e trinceramenti documentati assumono funzioni specifiche nel presidio del settore e stabiliscono relazioni con i capisaldi contigui. La posizione della singola opera dipende quindi dal ruolo ricoperto nell'insieme.

Le poliarma concentrano le camere specializzate verso i corridoi più sensibili; le monoarma estendono il controllo sui fianchi e sulle retrovie; le postazioni complementari presidiano accessi e intervalli non direttamente battuti dalle opere principali. La sovrapposizione finalizzata dei settori permette inoltre a una postazione di intervenire sulle aree di avvicinamento a un'altra. Il caposaldo acquisisce così una capacità di difesa locale su più direzioni che non deriva dalla sola ampiezza visuale di una singola opera, ma dalla cooperazione fra componenti differenziate. La successione Molentargius–Simbirizzi non descrive due gradi cronologici o due livelli gerarchici di perfezionamento. Individua differenti condizioni d'impianto entro lo stesso sistema di contenimento. A Molentargius la struttura idraulica e la linearità dei corridoi condizionano la distribuzione delle opere e conferiscono maggiore peso alla capacità pluriorientata della monoarma; a Simbirizzi prevale una configurazione nodale, fondata sulla differenziazione funzionale e sulla cooperazione fra postazioni. Il passaggio dalla linea al caposaldo coincide quindi con l'incremento delle relazioni: dal presidio di una direttrice alla costruzione di un organismo capace di controllare fronte, fianchi e retrovie.

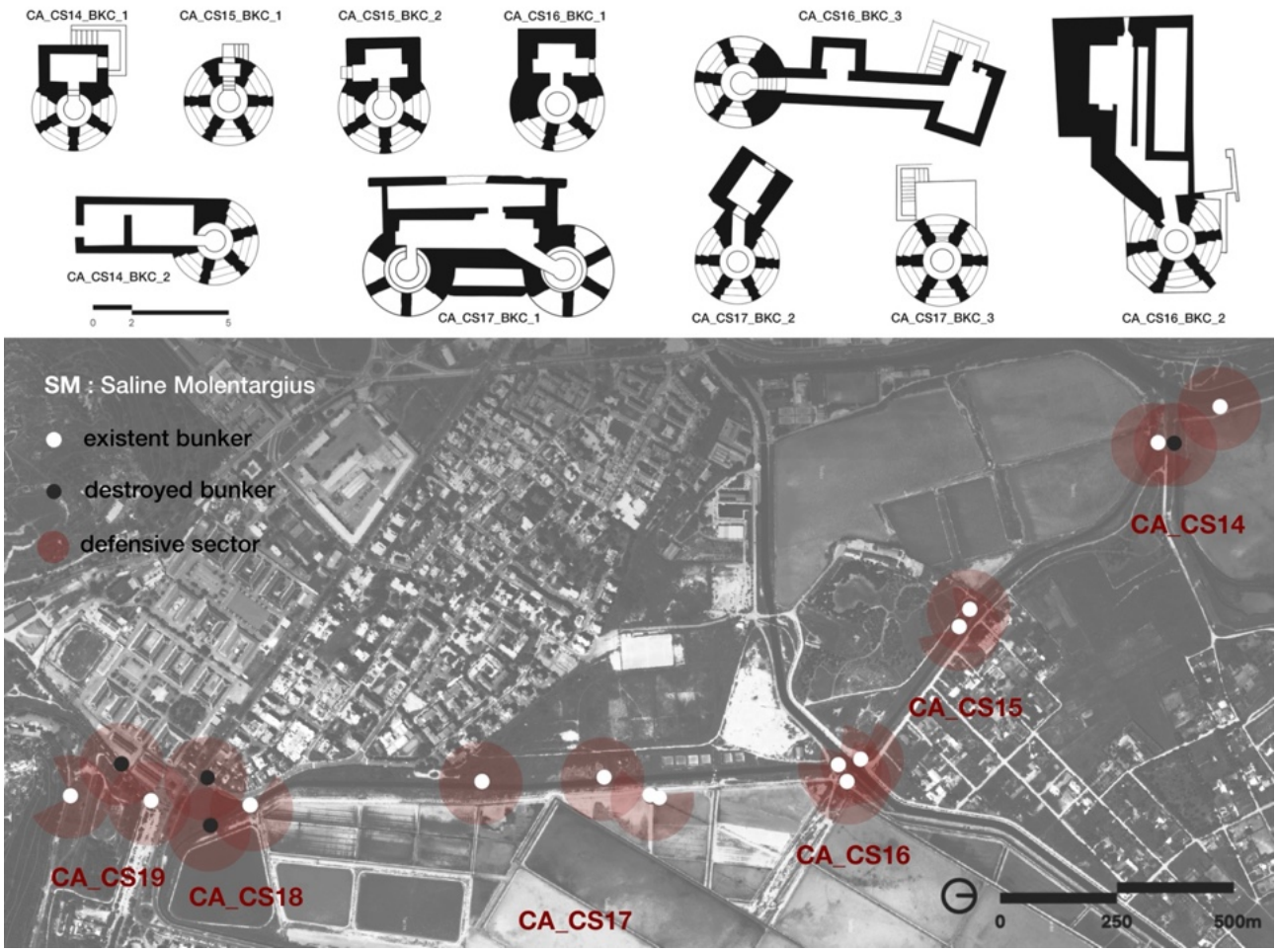


Fig. 69 — Fronti controterra di Molentargius, a Cagliari. Relazione fra morfologia, direttrici viarie, posizione delle opere e settori di tiro. Elaborazione grafica dell'autore.

6.7.4 — Geografia della minaccia: direzionalità, fiancheggiamento, copertura reciproca e profondità

La disposizione delle opere deriva dalla geografia della minaccia. Spiagge, porti, promontori, depressioni, strade, valichi, bacini idraulici e pianure determinano dove l'avversario può avvicinarsi, attraversare o manovrare e, di conseguenza, quali settori devono essere osservati e battuti. L'impianto difensivo costituisce la traduzione spaziale di questa previsione.

La direzionalità rappresenta la relazione fondamentale fra opera e traiettoria della minaccia. Una feritoia seleziona un settore; una casamatta concentra il tiro su un fronte; una successione di postazioni trasforma più orientamenti concordanti in una linea di interdizione. La Bahía de Santa Pola rivolge la rete verso lo spazio marittimo e gli approdi; Clot de Galvany costruisce un fronte interno destinato a contrastare la penetrazione dal litorale; El Portitxol concentra l'azione sulla direttrice che attraversa i rilievi. Direzionalità non significa tuttavia frontalità geometrica assoluta: indica la priorità assegnata a una traiettoria, entro la quale possono essere inserite aperture laterali, settori divergenti e coperture più ampie.

Il fiancheggiamento agisce lateralmente sul movimento avversario. La postazione viene disassata rispetto alla direttrice controllata per colpire il bersaglio mentre attraversa o supera una soglia. La relazione fra i bunker EP-BK02 ed EP-BK03 ne offre una dimostrazione puntuale: alla prima interdizione assiale si associa una postazione laterale, protetta dal rilievo e orientata verso il tratto successivo del percorso. L'efficacia dipende dalla combinazione fra occultamento, prevedibilità del movimento e differenziazione dei settori di tiro.

La copertura reciproca implica un coordinamento ulteriore. Due opere risultano reciprocamente coperte quando ciascuna può intervenire sulle aree di avvicinamento, sui fianchi o sugli intervalli vulnerabili dell'altra. Non è quindi sufficiente che i campi di tiro si sovrappongano genericamente: la loro intersezione deve proteggere il raggruppamento e ridurne i punti morti. Questa relazione assume particolare consistenza nei capisaldi di Simbirizzi, dove orientamenti e armamenti differenti concorrono alla difesa locale dell'insieme. Si distingue, pertanto, sia dall'ampliamento del campo di tiro ottenuto entro un organismo pluricellulare — come nel grande bunker centrale di Clot — sia dal fiancheggiamento prodotto da una coppia di postazioni lungo la stessa direttrice.

Nules mantiene la funzione di caso laterale di controllo (fig. 70). Le opere formano un blocco difensivo locale in rapporto con la pianura, le infrastrutture e un fronte terrestre stabilizzato. La prossimità delle postazioni e il coordinamento dei settori permettono di riconoscere un micro-sistema, confrontabile sul piano insediativo con il Caposaldo 18 di Via Italia. Nules dimostra che direzionalità e copertura reciproca possono essere organizzate anche entro un presidio circoscritto; non assume però la composizione, l'estensione e lo statuto territoriale del caposaldo inserito nell'arco di contenimento sardo.

La profondità non corrisponde alla semplice distanza dalla costa. Richiede soglie successive e relazioni capaci di mantenere operativa la difesa dopo il superamento del primo fronte. Rete litoranea, batterie, linee controterra, sbarramenti e capisaldi devono agire su tempi, quote e direttrici differenti. La profondità è pertanto una proprietà relazionale: deriva dalla capacità di rallentare e canalizzare l'avanzata, colpirla da posizioni diversificate e opporre ulteriori organizzazioni difensive oltre la linea iniziale.

Nei campioni valenciani la profondità si manifesta attraverso l'associazione fra margine costiero, posizioni dominanti e fronti controterra localizzati. Il sistema non è privo di variazioni: Clot comprende organismi con settori di tiro quasi avvolgenti; El Portitxol combina interdizione assiale e fiancheggiamento; Nules coordina un blocco locale. Tali configurazioni restano tuttavia prevalentemente leggibili in rapporto a fronti e direttrici determinati.



Fig. 70 — Geografia della minaccia e relazioni di direzionalità, fiancheggiamento, copertura reciproca e profondità nel caposaldo franchista di Nules, in Spagna. In basso nuvola di punti texturizzata del bunker collocato a Nord. Elaborazione grafica dell'autore.

Nel Golfo di Cagliari gli stessi principi sono integrati entro una successione territoriale più articolata. La difesa del litorale e le batterie costituiscono le soglie esterne; stagni, saline, infrastrutture e rilievi condizionano il movimento; sbarramenti e capisaldi controterra organizzano ulteriori livelli di opposizione. Molentargius combina canalizzazione del terreno e capacità pluriorientata delle opere; Simbirizzi coordina postazioni differenziate entro organismi capaci di proteggersi localmente su più lati. Gli archi di contenimento collegano infine tali raggruppamenti in una difesa strategicamente continua, pur materialmente discontinua.

Il confronto non oppone quindi una linearità valenciana assoluta a una radialità sarda altrettanto uniforme. Individua differenti gradi e modalità d'integrazione fra cellula, impianto e territorio. È su questo scarto — più che sulla presenza isolata di una determinata forma o relazione tattica — che può essere verificata la collocazione della genealogia sarda entro la cultura fortificatoria mediterranea.

6.8 — Affinità mediterranea e specificità del sistema sardo

La parentela mediterranea risiede nella ricorrenza di un insieme di problemi: proteggere una postazione armata; controllare spiagge, approdi e direttrici di penetrazione; utilizzare rilievi, depressioni e ostacoli; coordinare osservazione e tiro; ridurre la riconoscibilità delle opere; costruire rapidamente manufatti compatti capaci di trasformare il terreno in campo operativo. Sardegna e costa valenciana condividono queste esigenze, ma le traducono attraverso differenti relazioni fra geometria, armamento, materia e impianto.

Alla scala della cellula armata, nei campioni valenciani prevale una casamatta semicircolare che concentra le aperture verso un settore prioritario. La duplicazione delle camere, la divergenza dei loro orientamenti e l'aumento dimensionale dell'organismo possono tuttavia ampliare considerevolmente il campo controllato. La direzionalità costituisce quindi una logica prevalente, non esclusiva. Nel sistema sardo, invece, la monoarma circolare integra la pluriorientazione nella matrice compatta della cellula, distribuendo più feritoie lungo il perimetro. Lo scarto non riguarda la presenza assoluta del tiro su più direzioni, ma il modo in cui esso viene prodotto e reso ricorrente.

La differenza si precisa negli organismi composti. Il doppio seno valenciano mantiene riconoscibili le cellule generative e costruisce la complessità mediante accoppiamento, rotazione o divergenza di camere analoghe. La poliarma sarda integra invece camere specializzate, armamenti differenti, feritoie calibrate, accessi e spessori disposti in funzione del sito e del ruolo tattico. La prima grammatica assume prevalentemente un carattere geometrico-combinatorio; la seconda funzionale-adattiva. Entrambe ammettono variazioni, ma differisce il principio attraverso cui le componenti vengono ricondotte a un organismo unitario.

Le tecniche costruttive documentano differenti economie materiali. Nei campioni valenciani, laterizio e calcestruzzo formano un sistema nel quale gli apparecchi laterizi definiscono pareti e curvature e funzionano come cassaforma a perdere per il getto. L'armatura metallica risulta ridotta o assente nelle opere osservate, comprese quelle sezionate o parzialmente distrutte; pietra, ghiaia e materiali locali possono essere incorporati nella massa o nel rivestimento. Nelle opere sarde del ciclo 1942–1943 le armature risultano invece più frequentemente documentate e materialmente visibili, entro masse resistenti generalmente più consistenti e oggi spesso interessate dalla corrosione dei ferri.

Anche il camouflage combina strategie comuni in proporzioni differenti. Nei casi valenciani analizzati prevalgono l'interramento, il raccordo con il profilo del suolo, la riduzione dell'altezza emergente e la continuità materica con il rilievo. Nel sistema sardo l'integrazione morfologica si associa più frequentemente alla simulazione architettonica: cisterne, piccoli edifici e strutture rurali o produttive modificano la classificazione percettiva della casamatta. La differenza non riguarda la capacità di occultare l'opera, ma il rapporto fra assimilazione topografica e dissimulazione semantica.

Alla scala territoriale, i campioni valenciani combinano sequenze fronte mare, batterie dominanti, fronti controterra e blocchi locali organizzati rispetto a direttrici determinate. Tali dispositivi possono includere pluriorientamento, fiancheggiamento e coperture coordinate, ma restano prevalentemente leggibili attraverso la relazione con uno specifico margine, corridoio o fronte di minaccia. Nel Golfo di Cagliari, gli stessi principi vengono integrati entro una profondità più sistematica: rete costiera, batterie, sbarramenti e capisaldi organizzano soglie successive, mentre gli archi di contenimento collegano i raggruppamenti in una struttura strategicamente continua, pur materialmente discontinua.

La parentela mediterranea non coincide dunque con la circolazione dimostrata di un unico modello né con la ripetizione di forme equivalenti. Definisce un campo nel quale problemi analoghi producono risposte determinate da cronologia, dottrina, armamenti, risorse costruttive e morfologia. Il Muro Mediterraneo conserva così la propria validità come categoria plurale: non una linea omogenea di manufatti, ma un insieme di sistemi costieri comparabili attraverso relazioni, variazioni e scarti (Martínez-Medina & Sanjust, 2013; Sanjust & Martínez-Medina, 2014).

Il confronto tipologico ha precisato innanzitutto lo statuto delle categorie delle opere difensive. bunker monoarma circolare, poliarma, postazioni nucleo fisso, casamatta controcarro circolare, Tobruk e postazione in barbetta non costituiscono semplici denominazioni inventariali, ma identificano differenti relazioni fra arma, camera operativa, feritoia, massa, accesso ed emersione dal terreno. La monoarma non coincide con una generica casamatta a cellula unica: la sua identità risiede nella combinazione fra geometria radiale, pluralità delle aperture e massa resistente. Il nucleo fisso individua una soglia distinta, caratterizzata da dimensioni e protezione più contenute. La poliarma, a sua volta, non è definita dal semplice numero delle armi, ma dalla specializzazione delle camere e dalla loro integrazione entro una composizione calibrata sul caposaldo.

Si riscontra, tra il caso spagnolo e quello italiano una vicinanza sul punto dell'idea del progetto difensivo. Semi-prototipazione geometrico-combinatoria e funzionale-adattiva sono presenti in entrambi i corpus di manufatti. Nei campioni valenciani la variazione procede prevalentemente dalla reiterazione e dalla diversa disposizione di cellule riconoscibili. Nel corpus sardo, soprattutto nelle poliarma, componenti ricorrenti vengono ricomposte in rapporto ad armamento, morfologia e settore controllato.

Alla scala territoriale, tale genealogia supera definitivamente il limite della classificazione planimetrica. Una stessa cellula assume significati differenti quando appartiene a una sequenza fronte mare, controlla una direttrice, protegge il fianco di un'altra postazione o concorre a un caposaldo. Nel sistema sardo la forma del manufatto viene calibrata rispetto al raggruppamento; il raggruppamento rispetto allo sbarramento; lo sbarramento rispetto all'arco di contenimento. La genealogia è pertanto architettonica e territoriale: lega la configurazione della cellula alla geografia della minaccia e alla costruzione della profondità.

I limiti del confronto circoscrivono la portata di questi risultati. Il corpus sardo dispone di una copertura territoriale, documentaria e metrica più ampia, mentre il campione valenciano è selettivo e comprende casi rilevati con differenti livelli di approfondimento. I due sistemi appartengono inoltre a contesti distinti: la difesa repubblicana durante la Guerra civile spagnola e la fortificazione di un'isola strategica italiana durante la Seconda guerra mondiale. Le conclusioni riguardano quindi le matrici esaminate e non autorizzano una genealogia comune, una trasmissione diretta dei modelli o una caratterizzazione esaustiva delle difese valenciane. Questa delimitazione rende più preciso, non più debole, l'esito della verifica. La comparazione ha separato le proprietà generali della fortificazione dalle soluzioni specifiche del corpus e ha mostrato che la Sardegna non costituisce né un caso isolato dal quadro mediterraneo ma un caso comparabile a quello della costa valenciana.

CAPITOLO 7
La valorizzazione del paesaggio militare in Sardegna

I capitoli precedenti hanno costruito un'infrastruttura conoscitiva multiscalare per l'analisi delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale in Sardegna. Il censimento e la banca dati georeferenziata hanno identificato e correlato le presenze; il GIS ne ha interrogato distribuzione, relazioni e ambiti territoriali; il rilievo e il protocollo grafico ne hanno verificato forma, consistenza e condizioni percettive; l'Atlante ha ordinato le evidenze entro una sequenza comparabile; l'analisi genealogica ha ricostruito famiglie, variazioni e logiche compositive, collocando il sistema sardo entro il più ampio campo mediterraneo. Questa costruzione non esaurisce il proprio valore nella disponibilità di un repertorio documentario: consente di passare dalla percezione episodica dei manufatti alla comprensione del paesaggio militare come sistema di relazioni tipologiche, strategiche e territoriali.

Su questa base, il capitolo affronta una domanda ulteriore: in quali condizioni tale infrastruttura può orientare la conservazione e la valorizzazione di un patrimonio diffuso, mimetico, dismesso, materialmente trasformato e solo parzialmente riconosciuto? La domanda non conduce a un progetto unitario né presuppone che ogni manufatto debba essere recuperato, reso accessibile o rifunzionalizzato. Interroga piuttosto la possibilità di costruire decisioni proporzionate alle differenze rilevate: consistenza materiale, appartenenza tipologica e sistemica, rapporto con il paesaggio, permanenza delle visuali, accessibilità, densità documentaria, valore memoriale e capacità di gestione.

La conoscenza non produce automaticamente la valorizzazione, ma consente di definirne criticamente le condizioni. Il problema non consiste quindi nel far corrispondere a ciascun manufatto un intervento, ma nel comprendere quali valori, relazioni e condizioni rendano pertinente una determinata forma di cura, accessibilità, interpretazione o riattivazione. Prima dell'azione occorre stabilire che cosa permane, che cosa rende il bene significativo, a quale scala tale significato diventa leggibile e quali limiti materiali, paesaggistici e gestionali ne condizionano la trasmissione. La valorizzazione viene così assunta come esito selettivo della conoscenza: non come applicazione automatica di un repertorio di soluzioni, ma come capacità di trasformare la diagnosi e il confronto in scelte proporzionate alla specificità dei manufatti e dei sistemi.

7.1 — Il patrimonio militare sardo: continuità intermittente e riconoscimento collettivo

Il patrimonio militare sardo presenta condizioni che impediscono di applicare indistintamente i modelli consolidati per il monumento, il museo o il riuso architettonico. La diagnosi riguarda pertanto la natura dell'oggetto prima delle azioni da intraprendere: distribuzione e leggibilità del sistema, regime della memoria, permanenza della materia e processo attraverso cui il resto militare può essere riconosciuto come patrimonio.

7.1.1 — Sistema diffuso e "continuità intermittente"

Il sistema difensivo sardo della Seconda guerra mondiale, ricostruito nei capitoli precedenti nelle sue articolazioni territoriali e funzionali, non si presenta oggi come una grande infrastruttura monumentale immediatamente riconoscibile. Bunker, capisaldi, batterie, osservatori, postazioni, ricoveri e opere complementari appartengono a una rete storicamente organizzata, ma la loro percezione contemporanea è discontinua. La scala contenuta dei manufatti, il rapporto con la morfologia e il carattere frequentemente mimetico delle opere fanno sì che la struttura del sistema emerga soprattutto attraverso le relazioni fra presenze minute, raggruppamenti difensivi e condizioni locali del territorio.

Questa condizione è coerente con il carattere plurale del Muro Mediterraneo**,** assunto come cornice interpretativa di dispositivi costieri adattati a contesti geografici e strategici differenti (Martínez-Medina & Sanjust, 2013). Nel caso sardo, la discontinuità materiale e la dipendenza dal sito prevalgono sulla monumentalità del singolo manufatto: una casamatta seminterrata, un osservatorio mimetizzato o una

piccola postazione acquistano piena intelligibilità quando vengono ricondotti al raggruppamento e al campo territoriale (fig. 1) che ne determinavano posizione, orientamento e funzione (Sanna et al., 2025b). Spiagge, stagni, rilievi, margini agricoli, infrastrutture e territori periurbani conservano così le tracce di una precedente organizzazione strategica, spesso poco evidente nel paesaggio contemporaneo.



Fig. 1 — In alto: bunker del caposaldo di sbarramento lungo la strada Bosa-Suni: relazione fra manufatto difensivo, campo visuale, territorio costiero e panorama urbano. In basso: vista dalla feritoia del QSE_CS14_BKC_58. Fotografie dell'autore.

La condizione attuale deve tuttavia essere distinta dall'organizzazione storica del dispositivo. Demolizioni, interramenti, trasformazioni urbane e infrastrutturali, proprietà private, vegetazione e perdita degli apparati complementari hanno separato, occultato o cancellato elementi originariamente coordinati; a questa frammentazione successiva si somma una discontinuità già inscritta nel progetto, fondato non sulla presenza continua di una muraglia, ma sulla cooperazione fra opere distanti, campi visuali, settori di tiro, ostacoli e soglie territoriali. Il sistema era continuo nella propria logica, non nella propria materia. La sua presenza contemporanea accentua questa condizione: ciò che un tempo operava attraverso relazioni coordinate emerge oggi per frammenti, intervalli e assenze, mentre la struttura che li connette rimane in parte ricostruibile attraverso posizione, orientamento, ricorrenze tipologiche e appartenenza ai raggruppamenti.

Per definire questa condizione si propone qui la categoria di "continuità intermittente". La continuità appartiene alla struttura territoriale del patrimonio: alla diffusione delle opere, alla reiterazione delle cellule difensive, alla relazione con coste, rilievi, zone umide e infrastrutture, alla concatenazione fra manufatto, raggruppamento e settore. L'intermittenza riguarda invece il modo in cui tale struttura si manifesta nel paesaggio presente. Il sistema affiora e scompare: una casamatta emerge dal terreno mentre quella successiva è inglobata, demolita o soltanto documentata; una visuale permane mentre un'altra è interrotta; un caposaldo conserva alcune cellule e ne perde altre. La continuità non coincide quindi con la permanenza ininterrotta della materia, ma con la persistenza — o la ricostruibilità — delle relazioni che rendevano quei frammenti parti di uno stesso dispositivo. Permanenze, lacune e assenze non interrompono necessariamente il sistema: ne costituiscono oggi il regime di leggibilità. La non monumentalità acquista, in questa prospettiva, un significato più preciso. Il patrimonio difensivo non concentra il proprio valore soltanto nelle singole architetture che sopravvivono con maggiore integrità, ma permea il territorio attraverso una trama discontinua di presenze e relazioni. Riconoscerlo significa quindi imparare a leggere insieme ciò che emerge e ciò che manca, il manufatto e la distanza che lo separa dal successivo, la feritoia e il campo verso cui era orientata, la permanenza materiale e l'assenza documentabile. La continuità intermittente descrive così tanto una condizione attuale quanto un problema conoscitivo: il sistema permane senza offrirsi più come totalità visibile e deve essere ricomposto attraversando le soglie fra presenza e assenza, materia e relazione, evidenza e ricostruzione. È precisamente in questa alternanza di affioramenti e vuoti che il paesaggio militare continua a rendersi leggibile come sistema.

7.1.2 — Dissonanza, marginalità e memoria

La condizione non monumentale del sistema incide direttamente sul suo riconoscimento culturale. Le architetture difensive della Seconda guerra mondiale appartengono a un'eredità prodotta per il controllo, l'interdizione, la protezione e la guerra; non furono concepite per rappresentare una comunità o costruire una memoria pubblica condivisa. Le categorie di *dissonant heritage* e *difficult heritage* (Tunbridge & Ashworth, 1996; Macdonald, 2009) permettono di inquadrare questa origine problematica, purché siano contestualizzate specificamente sul contesto sardo.

In Sardegna, la dissonanza non coincide sempre con una memoria traumatica apertamente conflittuale o con luoghi segnati da battaglie, occupazioni e violenze sedimentate nella coscienza pubblica. Il sistema documenta prevalentemente una guerra attesa, preparata e territorialmente infrastrutturata. La sua condizione contemporanea si manifesta quindi soprattutto come marginalità: manufatti presenti ma non nominati, visibili ma non riconosciuti, censibili ma esclusi dalle narrazioni storiche e paesaggistiche ordinarie. Il bunker può essere percepito come rudere tecnico, ingombro, deposito, pericolo o curiosità; la permanenza materiale non ne garantisce l'ingresso nel campo del patrimonio.

Questa marginalità prolunga una caratteristica originaria delle opere. Molti manufatti furono progettati per sottrarsi all'osservazione, aderire alla morfologia del suolo, assumere l'aspetto di edifici ordinari o confondersi con vegetazione, roccia e rilievi artificiali. L'invisibilità militare, inizialmente funzionale alla sopravvivenza del dispositivo, può trasformarsi in invisibilità patrimoniale. Il camouflage continua così a condizionare individuazione, percezione e interpretazione: ciò che doveva sfuggire allo sguardo nemico tende ancora a rimanere ai margini dello sguardo pubblico.

La memoria di queste architetture è anch'essa intermittente. Non si trasmette attraverso un racconto pubblico continuo, ma riaffiora per frammenti: testimonianze locali, toponimi, fotografie, documenti d'archivio, usi postbellici e interventi occasionali di recupero. Questa intermittenza non coincide con quella materiale del sistema, ma vi si sovrappone: opere ancora leggibili possono restare ai margini della memoria collettiva, mentre manufatti scomparsi continuano a permanere attraverso immagini, racconti e fonti. La memoria, come il sistema, sopravvive dunque per affioramenti e lacune. Presenze e assenze partecipano pertanto allo stesso campo patrimoniale. Le tracce materiali comprendono manufatti superstiti, fondazioni, muri, accessi, trincee, lacune e trasformazioni; quelle immateriali includono testimonianze, denominazioni, immagini, usi e forme locali di appropriazione. Le assenze riguardano opere demolite, inglobate, interrate o non più riconoscibili, la cui posizione e funzione possono tuttavia essere ricostruite attraverso le fonti. Limitare la valorizzazione alle sole strutture integre e accessibili produrrebbe una lettura selettiva e falsamente continua del dispositivo storico.

Gli studi sulla *conflict archaeology* e sui paesaggi archeologici dei conflitti hanno contribuito a legittimare l'attenzione verso tracce recenti, diffuse e non monumentalizzate, considerando insieme evidenze materiali, trasformazioni e mutamenti di significato (Schofield, 2005; Bassanelli & Postiglione, 2011). La distanza fra presenza e riconoscimento costituisce il problema centrale. Un bunker può sopravvivere ed essere culturalmente muto; una batteria può conservare diverse componenti senza essere compresa come organismo; una postazione può essere tipologicamente riconoscibile ma privata del proprio campo visuale. Rendere leggibile il patrimonio significa ricostruire i rapporti che attribuiscono senso alle tracce, mantenendo insieme funzione militare, storia, materia, paesaggio e trasformazioni successive. La mediazione critica deve evitare sia la neutralizzazione tecnica dell'opera sia la sua riduzione a immagine suggestiva del degrado o del conflitto.

Gli studi sui luoghi del conflitto hanno ricondotto parte di queste eredità anche alle categorie del *dark tourism* e dei *places of pain and shame* (Lennon & Foley, 2000; Logan & Reeves, 2009). Nel caso sardo, tuttavia, tali categorie possiedono una pertinenza limitata. I sistemi fortificati dell'isola non insistono prevalentemente su luoghi divenuti emblematici per battaglie, stragi o episodi bellici sedimentati nella memoria collettiva, ma documentano soprattutto una guerra attesa, preparata e territorialmente infrastrutturata, la cui materializzazione più evidente è costituita proprio dalle opere predisposte in previsione del conflitto. La valorizzazione non può quindi fondarsi sull'eccezionalità dell'evento traumatico o sulla sua messa in scena, ma sulla capacità di rendere leggibili il dispositivo difensivo, le condizioni che ne determinarono la costruzione e le relazioni che esso instaurò con il territorio. Il *dark tourism* individua semmai una possibile deriva della comunicazione: quando il bunker viene separato dal proprio contesto storico e paesaggistico e trasformato in oggetto spettacolare, la dissonanza che ne giustifica il riconoscimento rischia di essere ridotta a semplice attrazione.

7.1.3 — Obsolescenza, tracce e riconoscimento

Le architetture difensive sarde sono caratterizzate da una separazione precoce fra cessazione della funzione e permanenza della materia. Terminata l'utilità militare, bunker, casematte, batterie e osservatori hanno continuato a occupare il territorio come masse resistenti, spazi residuali, ripari, ostacoli e tracce tecniche. L'obsolescenza funzionale non ha determinato la loro scomparsa, ma una condizione intermedia: il dispositivo bellico risulta disattivato, mentre il manufatto permane senza acquisire automaticamente un nuovo statuto culturale.

Il bunker può essere interpretato, in questo senso, come rovina contemporanea. La sua condizione non deriva da una lunga distanza temporale né da un processo consolidato di monumentalizzazione, ma dalla rapida perdita della funzione e dalla prolungata assenza di cura. La resistenza del calcestruzzo contrasta con l'instabilità culturale dell'oggetto: troppo recente per essere spontaneamente assimilato al rudere storico, troppo tecnico per entrare nei repertori monumentali tradizionali, troppo legato alla guerra per essere accolto senza una mediazione capace di esplicitarne origine e funzionamento.

Le trasformazioni materiali assumono forme differenti. Le opere possono presentare erosioni, lesioni, infiltrazioni, alterazioni prodotte dall'ambiente marino, occlusioni, vandalismi e riusi impropri; possono essere inglobate in proprietà, recinzioni, infrastrutture o trasformazioni edilizie; possono risultare parzialmente sepolte, invase dalla vegetazione, inondate da rifiuti o integrate in nuovi assetti del suolo. Questi processi modificano contemporaneamente materia, accessibilità e percezione. La diagnosi deve pertanto distinguere il danno che compromette la permanenza dagli strati che documentano la durata postbellica.

La patina comprende alterazioni superficiali dovute all'esposizione, residui di finitura, colonizzazioni biologiche e altre trasformazioni che testimoniano il rapporto del manufatto con il tempo e con il paesaggio; a queste possono sovrapporsi tracce d'uso e alterazioni antropiche successive, come scritte e graffiti (fig. 2). Quando un processo compromette stabilità, riconoscibilità tipologica, accessi, aperture o superfici significative, entra nel campo della perdita. La distinzione non dipende dall'aspetto pittoresco della rovina, ma dalla capacità della materia trasformata di conservare o cancellare gli attributi necessari alla comprensione dell'opera.

La naturalizzazione presenta la medesima ambivalenza (fig. 3). Vegetazione, sabbia, terreno, licheni e colonizzazioni biologiche possono attenuare l'emergenza del bunker e produrre una nuova continuità con il paesaggio. In alcuni casi rendono percepibile il carattere postmilitare della rovina; in altri occultano profili, feritoie, ingressi e relazioni con il suolo, accelerando il deterioramento o impedendo la lettura dell'architettura militare. La loro presenza deve essere valutata in rapporto alla consistenza materiale, alla sicurezza, agli equilibri ecologici e alla funzione interpretativa del manufatto. L'abbandono non costituisce una forma neutrale di conservazione. Può operare come demolizione lenta, rendendo inaccessibili gli spazi, dissolvendo i profili, favorendo crolli e vandalismi e interrompendo le relazioni con il contesto. La critica del restauro eccessivo non può quindi tradursi nell'accettazione indistinta dell'incuria. La nozione di *Curated Decay* segnala la possibilità di gestire il cambiamento materiale senza ripristinare una condizione originaria; la sua applicazione richiede tuttavia monitoraggio, controllo del rischio e responsabilità gestionale, che la distinguano dalla semplice permanenza non governata della rovina (DeSilvey, 2017).

In questo quadro, il riconoscimento costituisce il passaggio preliminare attraverso cui la permanenza materiale può acquisire uno statuto patrimoniale leggibile. Identificare un manufatto, stabilirne posizione e appartenenza, descriverne la configurazione, distinguere tracce e lacune e ricostruirne le relazioni significa sottrarlo alla condizione di residuo opaco e verificare quali caratteri rimangano ancora riconoscibili. Il processo riguarda quindi tanto le opere materialmente conservate quanto le presenze parziali o documentate indirettamente, purché le evidenze disponibili permettano di qualificarne con chiarezza consistenza, ruolo e grado di conoscenza. Il riconoscimento non prescrive ancora una forma d'intervento: definisce ciò che permane e ciò che può essere fondatamente interpretato.



Fig. 2 — Il bunker QSE_CS18_BKC_68 localizzato in un piccolo parco di quartiere. Esempio di degrado urbano. Fotografia dell'autore.



Fig. 3 — Condizioni differenziate di permanenza e degrado. In alto: bunker poliarma del CS XVI di Oristano, mantenuto in condizioni di non intervento compatibili con la tutela di un sito di nidificazione del barbagianni; in basso: QSE_CS17_BKC_68, con evidenti fenomeni di cedimento strutturale. Fotografie dell'autore.

7.2 — Valori patrimoniali e condizioni di valorizzazione

La diagnosi definisce lo statuto del patrimonio, ma non fornisce da sola i criteri per orientarne il futuro. Il passaggio successivo consiste nel precisare perché le opere siano significative, attraverso quali evidenze tale significato possa essere riconosciuto e in quale campo territoriale debba essere valutato. La cornice teorico-operativa assume quindi la specificità del patrimonio fortificato, articola le diverse dimensioni del valore e verifica la trasferibilità dei riferimenti internazionali alle condizioni materiali, paesaggistiche e gestionali della Sardegna.

7.2.1 — Patrimonio fortificato e approccio value-based

Le architetture militari del XX secolo condividono alcune condizioni con i patrimoni tecnici, industriali e infrastrutturali dismessi. Entrambi derivano da programmi funzionali specializzati, ricorrono a processi di standardizzazione, instaurano relazioni estese con il territorio e diventano difficili da riconoscere quando il ciclo operativo che ne giustificava l'esistenza termina. Il loro valore documentario non risiede necessariamente nella singolarità formale, ma nella capacità di registrare tecniche, organizzazioni, processi e trasformazioni territoriali.

La *Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage* offre un riferimento utile per questa analogia. La Carta attribuisce rilievo all'identificazione, alla registrazione, alla ricerca, agli inventari accessibili e alla valutazione congiunta di strutture, sistemi, paesaggi e memorie connesse ai processi tecnici (TICCIH, 2003). Tali principi aiutano a riconoscere il carattere seriale e sistemico delle opere militari, ma non ne esauriscono lo statuto.

Questa differenza colloca chiaramente il sistema sardo nel campo specifico del patrimonio fortificato. Le *ICOMOS Guidelines on Fortifications and Military Heritage* riconoscono che fortificazioni e paesaggi militari presentano valori e problemi distinti rispetto ad altre categorie patrimoniali, poiché materia, funzione, assetto spaziale, territorio e memoria concorrono alla loro significatività (International Council on Monuments and Sites [ICOMOS], 2021). La conservazione del solo volume costruito non garantisce quindi l'integrità del bene: occorre verificare anche la leggibilità dell'impianto, delle relazioni fra le parti, degli orientamenti e del paesaggio culturale che ne ha determinato la posizione. Nel patrimonio militare moderno, autenticità e integrità assumono una dimensione relazionale.

Le Guidelines estendono inoltre il campo patrimoniale oltre le strutture direttamente armate. Infrastrutture di accesso, edifici di servizio, sistemi di comunicazione, ostacoli, aree di osservazione e paesaggi associati partecipano alla comprensione della fortificazione. Questa impostazione è particolarmente pertinente per il sistema sardo, nel quale la scala minuta delle singole opere e la loro distribuzione per raggruppamenti rendono insufficiente una valutazione basata esclusivamente sull'eccezionalità architettonica.

Il riconoscimento della specificità fortificata conduce a un approccio *value-based* (Avrami et al., 2000). La valutazione non parte dalla disponibilità fisica del manufatto né dalla ricerca immediata di una nuova funzione; individua i valori che il bene conserva e le evidenze attraverso cui essi possono essere verificati. Tale approccio permette di confrontare opere diverse senza imporre una graduatoria fondata soltanto su integrità materiale, dimensione o accessibilità. Una traccia incompleta può risultare decisiva per comprendere un sistema; una struttura ben conservata può avere un ruolo limitato se isolata da ogni relazione documentabile. L'approccio *value-based* costruisce il terreno sul quale condizioni e compatibilità potranno essere valutate, mantenendo distinto il significato patrimoniale dalla possibilità di intervento

7.2.2 — Il valore del bunker tra materia, sistema e paesaggio

Il valore patrimoniale del bunker non deriva automaticamente dalla sua sopravvivenza materiale né da una qualità isolata. Emerge dalla capacità dell'opera di conservare e rendere leggibili le condizioni che ne spiegano costruzione, funzione e posizione nel territorio. Materia, configurazione architettonica, appartenenza al sistema difensivo, relazione con il paesaggio e permanenza nella memoria concorrono con intensità differenti alla significatività del manufatto. Una struttura integra può risultare poco comprensibile

se privata delle relazioni che la legavano al dispositivo; al contrario, un'opera compromessa o parziale può conservare un forte valore documentario quando consente di ricostruirne cronologia, funzione e appartenenza.

La materia costruita costituisce innanzitutto una fonte. Tecniche costruttive, tracce d'uso, iscrizioni e trasformazioni, confrontate con documenti archivistici, cartografie e fotografie, restituiscono la preparazione difensiva della Sardegna e il rapporto fra decisioni militari e organizzazione del territorio. A questa dimensione si associa quella tipologica: impianto, feritoie, accessi, camere armate, ricoveri, spessori e soluzioni di mascheramento permettono di riconoscere famiglie, varianti e adattamenti. La serialità non attenua il valore delle opere; rende invece leggibili gli scarti attraverso cui uno stesso principio difensivo viene modificato in relazione all'armamento, alla funzione e alle condizioni del sito.

Il significato del bunker supera tuttavia il proprio perimetro costruito. Posizione, orientamento, distanza dalle altre opere, coperture reciproche, direttrici controllate e rapporto con gli obiettivi strategici lo riconducono al caposaldo, alla batteria, alla rete costiera o al settore cui apparteneva. Una parte decisiva del suo valore risiede precisamente in queste relazioni. Una postazione apparentemente ordinaria può risultare essenziale perché completa un campo di tiro o rende comprensibile l'impianto di un raggruppamento; anche una lacuna documentata può ricostruire la continuità di un dispositivo oggi leggibile soltanto per frammenti. Il valore del singolo manufatto dipende quindi anche dal ruolo che esso assume entro il sistema.

Lo stesso principio governa il rapporto con il paesaggio. Il bunker non acquista valore perché inserito in un luogo scenicamente rilevante, ma perché la sua forma e la sua posizione rivelano un modo specifico di interpretare militarmente il territorio. Morfologia, suolo, vegetazione, infrastrutture, interramento, mimetizzazione, orizzonte e campo visuale partecipano alla logica dell'opera: la feritoia seleziona una direzione, il terreno protegge e occulta, la quota amplia il controllo. Il paesaggio entra così nella costruzione funzionale dell'architettura. Quando queste relazioni permangono, il manufatto conserva la capacità di rendere leggibile una precedente organizzazione strategica del territorio; quando vengono interrotte, può sopravvivere la materia mentre si indebolisce la comprensione del dispositivo.

A queste dimensioni si sovrappone quella memoriale. Nel caso sardo essa non dipende prevalentemente dalla coincidenza con grandi luoghi-evento del conflitto, ma dalla capacità delle permanenze di rendere materialmente presente una guerra preparata e attesa. Testimonianze, toponimi, usi successivi, immagini e racconti locali possono mantenere o riattivare tale memoria con intensità diseguali. Come osservato nella sezione precedente, un'opera ancora evidente può restare culturalmente marginale, mentre un manufatto scomparso può continuare a permanere attraverso fonti e testimonianze. Il valore memoriale non coincide quindi con la notorietà del bene, ma con la possibilità di ricondurne presenza o assenza alla storia che l'ha prodotta.

Queste dimensioni non si distribuiscono uniformemente. Un bunker ordinario può essere decisivo per comprendere una serie; una struttura rara può conservare elevato interesse tipologico ma aver perso gran parte delle proprie relazioni territoriali; una batteria può associare materia, percorsi, visuali e memoria; una rovina può restare documentariamente rilevante pur essendo materialmente compromessa. Il valore non coincide pertanto con l'eccezionalità del singolo oggetto, ma con la qualità e la densità delle relazioni che esso permette ancora di riconoscere. L'infrastruttura conoscitiva sviluppata dalla ricerca consente di verificare tali relazioni attraverso fonti, censimento, database, GIS, rilievo, ridisegno e Atlante, mantenendo distinguibili permanenza, documentazione e interpretazione. L'approccio *value-based* permette così di stabilire quali caratteri e quali relazioni debbano essere preservati o resi nuovamente leggibili; condizioni materiali, ambientali e gestionali determineranno successivamente fino a che punto e attraverso quali forme sia possibile intervenire.

7.2.3 — Paesaggio fortificato e ambito funzionale

La valutazione del patrimonio militare non può arrestarsi al perimetro costruito. Gli studi sul rapporto fra fortificazione e paesaggio forniscono un riferimento specifico per definire tale campo. Fernando Cobos

interpreta la fortificazione come un'architettura capace di gerarchizzare il territorio attraverso regole di controllo visuale e balistico, rendendo leggibile un paesaggio organizzato secondo le stesse logiche del dispositivo difensivo (Cobos Guerra et al., 2025). Su questa base, nel presente lavoro si assume come ambito funzionale l'insieme delle relazioni spaziali e operative necessarie affinché la funzione e la posizione dell'opera rimangano comprensibili. Esso non coincide con un intorno geometrico del manufatto né con una fascia determinata dalla sola prossimità.

L'ambito funzionale comprende, secondo il caso, l'area osservata o battuta, la direttrice interdetta, l'accesso protetto, l'obiettivo strategico, le visuali attive e passive, l'intervisibilità con altre postazioni e le condizioni morfologiche utilizzate dal dispositivo. La sua estensione varia quindi in rapporto alla funzione e alla scala dell'opera. Per una casamatta costiera può riguardare un approdo, un tratto di litorale o una direttrice di penetrazione; per un osservatorio assume particolare rilievo il campo visuale e il rapporto con il sistema cui forniva informazioni; nel caposaldo comprende le relazioni fra postazioni, quote, ostacoli e coperture reciproche; nella batteria coinvolge la connessione fra piazzole, osservazione, strutture di servizio e fronte di tiro. In ciascun caso, l'ambito non aggiunge genericamente "paesaggio" al manufatto, ma identifica la porzione di territorio che ne rende intelligibile il ruolo**.**

Le relazioni visuali costituiscono una componente particolarmente rilevante di questo campo. Feritoie, aperture, quote e orientamenti selezionano lo sguardo e costruiscono settori determinati di osservazione e tiro; la visuale appartiene quindi alla logica architettonica dell'opera e non costituisce un attributo paesaggistico aggiunto successivamente. La trasformazione del contesto può conseguentemente modificare la leggibilità del bene anche quando il corpo costruito permane: edificazione, vegetazione, infrastrutture, recinzioni o alterazioni del suolo possono interrompere il rapporto con ciò che l'opera osservava, proteggeva o interdiceva. In senso inverso, anche una permanenza materiale parziale può conservare valore quando posizione, orientamento e relazione con una soglia territoriale rimangono riconoscibili.

Assumere l'ambito funzionale come unità critica permette quindi di qualificare il paesaggio fortificato senza identificarlo né con il semplice contesto ambientale né con un'estensione indiscriminata del bene. La fortificazione utilizza il paesaggio come componente operativa — quote, depressioni, margini d'acqua, promontori, infrastrutture e condizioni di occultamento — e contemporaneamente ne modifica la lettura attraverso visuali, soglie, distanze e gerarchie. Gli strumenti conoscitivi sviluppati nella ricerca consentono di verificare queste relazioni anche quando non sono più immediatamente percepibili, mantenendo distinguibili persistenza effettiva, ricostruzione documentaria e interpretazione.

La valutazione deve pertanto considerare, accanto all'integrità materiale (fig. 4), un'integrità relazionale (fig. 5): la permanenza o la ricostruibilità degli attributi che collegano il manufatto al proprio ambito funzionale. Visuali, rapporto con l'obiettivo, leggibilità del raggruppamento e trasformazioni del contesto concorrono così a stabilire quali componenti territoriali sostengano ancora il significato del bene.



Fig. 4 — Resti fortemente compromessi di un probabile ricovero tubolare in viale Marconi, Cagliari, ormai quasi privo di leggibilità morfologica. Fotografia dell'autore.







Fig. 5 — Visuali urbane da postazioni difensive sopraelevate di Cagliari. In alto: vista dalla batteria antiaerea di Monte Urpinu; al centro: vista dal CAG_CS08 verso il centro urbano; in basso: margine periferico osservato da una postazione monoarma del CAG_CS02. Fotografie dell'autore.

7.2.4 — Sostenibilità e governance nel contesto sardo

L'estensione della valutazione al paesaggio fortificato richiede di verificare come principi e riferimenti internazionali possano essere tradotti nelle condizioni del territorio sardo. La sostenibilità costituisce, in questo quadro, un criterio di trasferibilità: riguarda la possibilità di conservare, rendere leggibile e reintegrare il patrimonio mantenendo proporzionato il rapporto fra valori riconosciuti, consistenza materiale, fragilità del contesto e capacità di gestione. La trasferibilità non coincide pertanto con l'applicazione di soluzioni già sperimentate altrove, ma con la verifica delle condizioni che ne rendono pertinente l'adattamento.

Le *Linee guida per il recupero e la valorizzazione delle architetture militari nelle piccole isole del Mediterraneo*, elaborate nell'ambito del progetto ISOS, offrono un riferimento metodologico per mettere in relazione quadro conoscitivo, patrimonio costruito, paesaggio, comunità e gestione territoriale (Colavitti, 2019). Il riferimento opera per affinità e non per equivalenza. La Sardegna presenta una scala, un'articolazione insediativa e una complessità amministrativa differenti da quelle delle piccole isole, ma condivide condizioni mediterranee quali fragilità costiera, pressione stagionale, dispersione delle presenze e frequente sovrapposizione fra valori ambientali e culturali. Il trasferimento dei principi richiede quindi di assumere queste differenze come parte della valutazione.

Una prima condizione riguarda la compatibilità materiale e paesaggistica**.** Gli attributi che rendono leggibile il manufatto e il suo ambito funzionale devono essere considerati insieme alle caratteristiche del luogo nel quale esso permane. Nei contesti costieri, lagunari o naturalistici, conservazione e valorizzazione interferiscono con habitat, vegetazione, morfologia, regimi di accesso e capacità di carico; nei contesti urbani, agricoli o infrastrutturali devono invece confrontarsi con trasformazioni del suolo, usi contemporanei (fig. 6) e perdita delle relazioni originarie. La sostenibilità richiede pertanto che l'aumento della riconoscibilità del patrimonio non avvenga a scapito degli attributi materiali e territoriali che ne sostengono il significato. Il paesaggio non costituisce un supporto neutro dell'intervento, ma una componente della stessa integrità patrimoniale definita nella sezione precedente.

Una seconda condizione riguarda la fattibilità gestionale e istituzionale. La distribuzione delle opere fra amministrazioni, aree naturali, proprietà private e territori soggetti a usi differenti rende la gestione parte integrante della valutazione. Responsabilità, risorse, manutenzione e continuità nel tempo devono risultare commisurate all'intensità delle azioni previste; in assenza di tali condizioni, anche un intervento inizialmente efficace può produrre nuove forme di abbandono o perdita di leggibilità (QSE_CS17). La governance assume quindi un carattere necessariamente plurale, coinvolgendo, secondo i contesti, amministrazioni, enti di tutela, gestori territoriali, ricerca, associazioni, comunità e proprietari. Non richiede un modello organizzativo unico, ma capacità di coordinamento e criteri condivisi sufficienti a sostenere nel tempo le decisioni assunte.

La sostenibilità possiede infine una dimensione interpretativa. Un'azione mantiene coerenza quando rafforza la comprensione degli attributi del bene, della sua funzione e delle relazioni con il paesaggio; la perde quando la nuova visibilità diventa autonoma rispetto alle evidenze o semplifica la complessità del luogo. Dati, fonti e rappresentazioni costituiscono pertanto il limite conoscitivo entro cui qualsiasi forma di valorizzazione deve mantenere distinguibili permanenza, trasformazione, ricostruzione e interpretazione. La trasferibilità assume così la forma di una traduzione critica: riferimenti teorici, linee guida ed esperienze realizzate forniscono principi e possibilità, mentre consistenza del bene, integrità dell'ambito funzionale, condizioni ambientali e capacità gestionale determinano la loro pertinenza rispetto al caso sardo.



Fig. 6 — Forme spontanee di riuso delle architetture difensive nel settore di Cagliari. In alto a sinistra: bunker adibito a deposito per attività di pesca; sotto: postazione presso Su Siccu riutilizzata come segnale luminoso per la navigazione; a destra: postazione trasformata in piccolo spazio devozionale con Madonna col Bambino; in basso: postazione della rete difensiva del Poetto incorporata in uno stabilimento balneare e utilizzata come scivolo per bambini. Fotografie dell'autore.

7.3 — Strategie e casi di riferimento

Il confronto con esperienze già realizzate o elaborate in altri contesti consente di verificare come il patrimonio militare dismesso sia stato riconosciuto, conservato, interpretato e reintegrato entro territori contemporanei. I casi esaminati non formano un repertorio di soluzioni da trasferire direttamente alla Sardegna. Costituiscono piuttosto un campo critico nel quale osservare il rapporto tra scala del bene, intensità della trasformazione, accessibilità, costruzione del racconto e capacità di gestione.

Le esperienze considerate presentano statuti differenti. Accanto a sistemi territoriali istituzionalmente riconosciuti compaiono progetti museografici, musei in situ, riusi architettonici realizzati, interventi artistici temporanei, strategie di gestione della rovina, proposte sperimentali e casi sottoposti a studio. L'analisi considera quindi cinque aspetti: l'oggetto e la scala dell'azione; la strategia adottata; le condizioni che ne hanno consentito l'attuazione; i limiti riscontrabili; il principio eventualmente trasferibile al caso sardo e del Muro Mediterraneo.

7.3.1 — Sistemi territoriali e reti fortificate

La valorizzazione di un sistema fortificato esteso non deriva dalla semplice sommatoria delle opere recuperate. Richiede un'infrastruttura comune di identificazione, documentazione, interpretazione e gestione, capace di collegare manufatti differenti senza cancellare le discontinuità storiche e territoriali. Il primo oggetto dell'intervento non è quindi il bunker isolato, ma la relazione tra opere, luoghi, percorsi, documenti e istituzioni.

L'*Atlantic Wall Linear Museum* costituisce un riferimento centrale per questa impostazione. Il progetto ha proposto di interpretare l'Atlantikwall come museo territoriale distribuito lungo la costa europea, spostando l'attenzione dal singolo manufatto alla dimensione transnazionale del sistema e al paesaggio di archeologia militare prodotto dalla sua presenza (Postiglione, 2005; Bassanelli & Postiglione, 2011). Il suo statuto deve tuttavia essere precisato: non si tratta di una struttura gestionale applicata uniformemente all'intera linea, ma di un progetto interpretativo e museografico capace di fornire un quadro unitario a siti amministrati, conservati e narrati secondo modalità differenti.

La sua principale acquisizione consiste nell'avere individuato una forma di continuità non necessariamente fondata sul recupero materiale di tutte le opere. Inventari, archivi, cartografie, itinerari e dispositivi narrativi possono rendere percepibile un sistema anche quando la sua consistenza fisica risulta lacunosa. La distanza rispetto alla Sardegna rimane sostanziale: l'Atlantikwall possiede un'estensione, una densità costruttiva e una riconoscibilità storica che non trovano equivalenti nel sistema sardo. Il principio di rete conserva però validità se liberato dall'idea di linea continua. Nel caso mediterraneo, la connessione deve restituire settori, capisaldi, batterie, nuclei separati e vuoti territoriali, senza ricomporli in una sequenza monumentale che non è mai esistita.

Il Vallo Alpino introduce una condizione diversa. La distribuzione delle opere lungo passi, vallate e direttrici infrastrutturali, insieme alla frequente presenza di strutture ipogee o seminterrate, determina problemi di localizzazione, accessibilità e percezione analoghi a quelli riscontrabili in parte del patrimonio sardo. Le ricerche condotte sul Vallo Alpino dell'Alto Adige mostrano il ruolo preliminare di censimenti, rilievi, ricognizioni e sistemi di ordinamento nella costruzione del riconoscimento patrimoniale (Prünster, 2021). Il caso opera pertanto soprattutto come riferimento analitico: dimostra che la valorizzazione di un sistema parzialmente occulto comincia dalla sua restituzione conoscitiva e dalla selezione delle opere effettivamente accessibili, non dall'apertura indiscriminata dell'intero complesso.

Una condizione maggiormente istituzionalizzata è offerta dalle *Dutch Water Defence Lines*, comprendenti la New Dutch Waterline e la Defence Line of Amsterdam. Il sistema integra forti, chiuse, canali, dighe, stazioni di pompaggio e aree predisposte all'inondazione, rendendo inseparabili architettura militare, infrastruttura idraulica e costruzione del paesaggio. Il riconoscimento UNESCO riguarda precisamente questa relazione

territoriale e non una collezione di edifici autonomi (UNESCO World Heritage Centre, s.d.). L'efficacia della valorizzazione dipende qui dalla presenza di una struttura di governo, dalla continuità delle politiche di tutela e dalla capacità di coordinare beni, paesaggi e usi contemporanei.

Le tre esperienze definiscono altrettanti livelli: l'*Atlantic Wall Linear Museum* costruisce un'ipotesi interpretativa sovralocale; il Vallo Alpino mostra il ruolo della conoscenza nella riemersione di un sistema occulto; le *Dutch Water Defence Lines* dimostrano gli effetti di una governance territoriale consolidata. Il principio comune non risiede nella forma lineare delle fortificazioni, ma nell'esistenza di un'infrastruttura che renda riconoscibili le relazioni. Senza inventario, codificazione, cartografia, apparati interpretativi e responsabilità gestionali, la rete rimane una figura descrittiva; quando tali componenti operano congiuntamente, anche un patrimonio intermittente può acquisire unità culturale.

7.3.2 — Musei, memoria e racconto

La musealizzazione in situ assume il manufatto militare come luogo e medium del racconto. Lo spazio interno, la consistenza materiale, il rapporto con il terreno e le visuali originarie partecipano alla comprensione dell'esperienza storica. Tale modalità presenta una forza interpretativa specifica, ma richiede condizioni che non ricorrono in ogni opera: dimensioni sufficienti, accesso controllabile, stabilità strutturale, collezioni di reperti o documenti adeguati, un progetto scientifico e una gestione continuativa.

Il sistema memoriale della Normandia costituisce il quadro europeo di maggiore intensità. Spiagge dello sbarco, cimiteri, memoriali, musei, batterie e resti dell'Atlantikwall formano un paesaggio nel quale la rilevanza internazionale dell'evento storico sostiene una rete articolata di istituzioni e luoghi di visita (Normandie Tourisme, s.d.). Questa condizione non è trasferibile alla Sardegna, dove il patrimonio difensivo rinvia prevalentemente alla preparazione di una guerra attesa e alla costruzione di un dispositivo di interdizione, più che alla memoria di una battaglia terrestre combattuta nei medesimi luoghi. La Normandia dimostra tuttavia come la comprensione delle fortificazioni dipenda dalla connessione fra tracce materiali, fonti, testimonianze e geografia degli eventi.

Hanstholm, in Danimarca, e Atlantikwall Raversyde, presso Ostenda (fig. 7), mostrano una forma più circoscritta di museo all'aperto. Le batterie, i bunker, le trincee e le infrastrutture di servizio sono integrati entro percorsi che consentono di leggere il funzionamento del complesso attraverso l'esperienza diretta degli spazi (Bunker Museum Hanstholm, s.d.; Raversyde, s.d.). In questi casi, la musealizzazione non sostituisce il manufatto con un apparato espositivo autonomo: usa la successione degli ambienti, la compressione degli interni, lo spessore delle murature e la relazione con il fronte costiero come parti del racconto. La visita permette di comprendere contemporaneamente l'oggetto e il dispositivo al quale apparteneva.

La capacità immersiva di tali luoghi comporta però un rischio. La ricostruzione scenografica può rendere intuitiva la vita quotidiana nelle installazioni militari, ma può anche trasformare il bunker in un ambiente spettacolare, isolando l'esperienza sensoriale dalle responsabilità storiche e politiche del sistema difensivo. Oggetti, ricostruzioni e tecnologie narrative devono pertanto rimanere subordinati alla documentazione e alla leggibilità dell'architettura.

Il Musée Mémoires 39-45 di Plougonvelin (fig. 7) definisce una soglia particolarmente significativa. Il museo occupa un grande blockhaus di comando tedesco situato nei pressi della Pointe Saint-Mathieu, appartenente alla batteria di artiglieria navale Graf Spee. L'organismo si sviluppa su cinque livelli e accoglie circa 500 m² di esposizione, articolati attraverso migliaia di oggetti, documenti e fotografie, testimonianze e racconti riferiti tanto ai militari quanto alla popolazione civile. Il percorso interno utilizza la profondità verticale e la compartimentazione della struttura per costruire una narrazione della guerra in Bretagna; la terrazza sommitale ristabilisce infine la relazione fra il racconto museale, la posizione strategica dell'opera e il paesaggio della rada di Brest e del mare d'Iroise (Tourisme Bretagne, s.d.).



Fig. 7 — Modelli di musealizzazione e fruizione dell'Atlantikwall. A sinistra: Bunker Museum Hanstholm e Atlantikwall Raversyde; a destra: Musée Mémoires 39-45, Plougonvelin, blockhaus di comando della batteria Graf Spee. Fonti: Bunker Museum Hanstholm; Raversyde; Tourisme Bretagne.

L'interesse del caso risiede nella coincidenza fra contenitore, collezione e posizione. Il museo non potrebbe essere trasferito indifferentemente in un edificio diverso senza perdere parte della propria efficacia, perché il blockhaus costituisce contemporaneamente il luogo degli eventi, l'oggetto principale della visita e la struttura spaziale del racconto. Questa coincidenza è resa possibile dalle dimensioni dell'opera, dalla sua articolazione interna, dalla disponibilità di collezioni e da una gestione stabile. Il Musée Mémoires 39-45 rappresenta quindi una soglia alta di intensità museale, praticabile soltanto quando il manufatto può sostenere fisicamente e semanticamente un programma complesso.

La maggioranza delle casematte sarde presenta condizioni differenti: spazi ridotti, accessi difficili, illuminazione e ventilazione limitate, percorsi interni brevi e distribuzione territoriale frammentaria. La differenza non diminuisce il loro valore, ma modifica la forma possibile della mediazione. Dove il bunker non può accogliere un museo, il racconto può essere collocato all'esterno, distribuito lungo un percorso o integrato nella banca dati e negli strumenti digitali. La musealizzazione in situ non coincide dunque con l'inserimento sistematico di contenuti negli interni: consiste nel mantenere una relazione verificabile fra racconto, materia, posizione e paesaggio.

7.3.3 — Riuso e addizioni

Nel patrimonio militare del XX secolo la riconversione funzionale è condizionata dalla scala, dall'accessibilità, dalla compartimentazione interna e dalla resistenza delle strutture. Non tutti i bunker possiedono la medesima capacità di trasformazione: grandi basi, batterie e centri di comando possono sostenere programmi complessi; le casematte minute richiedono funzioni più leggere o una valorizzazione affidata al contesto esterno.

Le basi per sommergibili di Lorient (fig. 8) e Saint-Nazaire rappresentano il livello massimo di trasformabilità. Le grandi masse in calcestruzzo, la posizione nei sistemi portuali, la disponibilità di vasti spazi e la difficoltà della demolizione hanno favorito programmi di rigenerazione urbana e culturale. A Lorient, la base è stata progressivamente reintegrata entro un distretto dedicato alla cultura marittima, alla nautica e alla fruizione pubblica; a Saint-Nazaire, la struttura è entrata nel sistema culturale e turistico della città portuale (Lorient Bretagne Sud Tourisme, s.d.; Saint-Nazaire Renversante, s.d.). Il riuso è sostenuto in entrambi i casi da condizioni eccezionali: consistenza edilizia, accessibilità infrastrutturale, posizione urbana, disponibilità economica e capacità gestionale.

Queste esperienze dimostrano che una funzione compatibile può sottrarre una grande struttura all'isolamento e restituirle un ruolo urbano. Evidenziano però anche la distanza rispetto ai bunker sardi, la cui ridotta dimensione non consente programmi equivalenti. Il principio trasferibile non è il tipo di funzione insediata, ma la necessità di verificare preliminarmente la capacità spaziale e gestionale dell'opera. Il riuso diventa efficace quando la nuova attività sfrutta qualità già presenti e mantiene leggibili materia, geometria e organizzazione originarie; diventa sovrascrittura quando richiede trasformazioni sproporzionate rispetto alla consistenza del bene.

Il Bunker 599, realizzato da RAAAF e Atelier de Lyon lungo la New Dutch Waterline (fig. 8), affronta il problema mediante un gesto radicale. Il bunker è stato sezionato e attraversato da un percorso che rende immediatamente visibili lo spessore della massa, la sezione interna e il rapporto fra fortificazione e paesaggio idraulico (RAAAF & Atelier de Lyon, 2010; Dutch Design Awards, s.d.). L'intervento di grande forza simbolica produce un'elevata intelligibilità spaziale: ciò che era chiuso, compatto e intenzionalmente poco visibile viene trasformato in dispositivo di attraversamento.

La sua efficacia coincide tuttavia con la sua irreversibilità. Il taglio modifica materialmente il manufatto e sostituisce alla logica originaria dell'occultamento una nuova condizione espositiva. Per questo il *Bunker 599* costituisce un caso-limite, utile a definire la soglia oltre la quale l'interpretazione diventa trasformazione autoriale. Non rappresenta un modello ordinario per la Sardegna ma dimostra piuttosto che anche una trasformazione di grande qualità progettuale deve essere valutata rispetto alla perdita prodotta, oltre che alla nuova leggibilità acquisita.

All'estremo opposto si colloca *Concrete Mushrooms*, ricerca dedicata alla riconversione dei bunker albanesi. Il progetto ha esplorato un repertorio di riconversioni funzionali (fig. 8) e possibili usi turistici per un patrimonio seriale e sovrabbondante (Stefa & Mydyti, 2012; Redazione Abitare, 2010). Il suo contributo non consiste nella dimostrazione di un programma applicato unitariamente, ma nell'avere spostato la riflessione dal grande riuso alla trasformazione puntuale e distribuita. La piccola dimensione dell'opera può essere affrontata mediante dispositivi reversibili, appoggi esterni o funzioni temporanee, evitando di forzare gli spazi interni. La libertà sperimentale del progetto rende visibile anche un rischio: la domesticazione ludica o turistica del bunker può attenuarne la specificità storica, riducendolo a involucro disponibile. La nuova funzione non deve quindi occupare semplicemente uno spazio residuale, ma contribuire alla comprensione dell'opera o risultare almeno compatibile con la sua conservazione e con il carattere del luogo.

Fra le grandi e piccole riconversioni si colloca il riuso per prossimità. In questa modalità, l'attività contemporanea non è necessariamente ospitata dentro il bunker, ma si dispone accanto ad esso: un punto informativo, una sosta, una piattaforma di osservazione, un'attrezzatura temporanea o un piccolo presidio possono rendere il manufatto accessibile e interpretabile senza alterarne gli interni. La funzione agisce sul sistema di accesso e di permanenza, mentre l'opera conserva la propria autonomia materiale. Tale soluzione non elimina il problema del progetto; lo trasferisce sulla relazione fra addizione, manufatto e paesaggio. Le esperienze considerate delineano così tre condizioni di riuso caratterizzate da differenti intensità trasformative. La comparazione mostra come scala, articolazione spaziale, permanenza delle caratteristiche architettoniche e rapporto con il paesaggio condizionino la compatibilità della nuova funzione. Il confronto definisce pertanto un campo differenziato di possibilità, la cui pertinenza rispetto al patrimonio sardo dovrà essere verificata.



Fig. 8 — Tre condizioni di riuso a diversa intensità trasformativa. In alto a sinistra: riconversione della base per sommergibili di Lorient; in alto a destra: micro-riuso commerciale di un bunker albanese; in basso: sezione irreversibile di *Bunker 599*. Fonti: Lorient Bretagne Sud Tourisme, fotografia © Emmanuel Lemée; Stefa e Mydyti, 2012; Verschuure-Stuip, 2016, fig. 9.1.

7.3.4 — Azioni artistiche e temporanee

L'efficacia di un intervento artistico sul patrimonio architettonico della Seconda guerra mondiale dipende dalla capacità di rendere percepibile un carattere dell'opera, una memoria o una relazione spaziale altrimenti difficili da riconoscere. Temporaneità, reversibilità e distinguibilità permettono di attivare il sito limitando la trasformazione materiale; non garantiscono tuttavia, da sole, la pertinenza dell'azione.

Tarnrasen di Catrin Bolt (fig. 9), realizzata in relazione a un bunker del Vallo Alpino nell'area di Bolzano Sud, assume il camouflage come oggetto dell'intervento. L'azione non introduce un racconto estraneo, ma lavora sulla contraddizione fra presenza materiale e invisibilità programmata. Il bunker, incorporato nel rilievo e ricoperto dalla vegetazione, viene rivelato attraverso un trattamento della superficie erbosa che rende percepibile la forma sottostante (Kasematte, 2017). L'opera non espone direttamente l'interno né converte il manufatto in supporto scultoreo: agisce sul margine fra ciò che affiora e ciò che rimane occulto. Il caso mostra come un'azione contemporanea possa produrre conoscenza quando interpreta un attributo specifico dell'architettura. Il camouflage cessa temporaneamente di essere soltanto una tecnica storica e diventa esperienza percettiva: il visitatore riconosce che l'invisibilità non dipende dalla scomparsa del bunker, ma dalla costruzione intenzionale di una continuità con il terreno. L'intervento artistico opera quindi come dispositivo di rivelazione.



Fig. 9 — Catrin Bolt, *Tarnrasen*, Bolzano Sud: intervento temporaneo sul manto erboso sovrapposto a un bunker del Vallo Alpino. Fonte: Kasematte, 2017.

La stessa strategia diverrebbe problematica se il gesto acquisisse autonomia rispetto all'opera, trasformando il bunker in sfondo per un'installazione indipendente. Il rischio di sovrascrittura non dipende solo dalla permanenza o dalla quantità di materia aggiunta, ma dalla relazione semantica istituita. Un'azione reversibile può essere invasiva sul piano interpretativo; un gesto visivamente intenso può invece risultare pertinente quando rende leggibile una qualità già presente. L'attivazione artistica richiede perciò una condizione precisa: deve produrre una conoscenza del luogo che non potrebbe essere ottenuta con la stessa efficacia attraverso una semplice spiegazione. Nel patrimonio militare sardo questo principio può riguardare l'occultamento, le direzioni di tiro, la scomparsa di opere demolite, la relazione con le visuali o la trasformazione della memoria. L'azione rimane sperimentale e circoscritta e può costruire una soglia temporanea di riconoscimento.

7.3.5 — Gestione della rovina

Assunta la nozione di *Curated Decay* introdotta nella diagnosi patrimoniale, il problema riguarda qui le condizioni attraverso cui l'accettazione del cambiamento materiale può diventare una scelta gestionale effettiva e non una forma di abbandono. Orford Ness, sulla costa del Suffolk, offre un caso particolarmente utile per questa verifica. L'area, utilizzata nel XX secolo come sito militare sperimentale e acquisita dal National Trust nel 1993, è oggi una riserva naturale nella quale infrastrutture della Guerra fredda, processi di dismissione e habitat di elevata fragilità appartengono allo stesso paesaggio.

Le strutture note come *pagodas* (fig. 10), corrispondenti ai laboratori 4 e 5 costruiti nel 1960 per prove ambientali sugli armamenti atomici, costituiscono una delle presenze più riconoscibili del sito. Classificate come *scheduled monuments*, non sono accessibili né ai visitatori né al personale per ragioni di sicurezza. La loro esclusione dalla visita diretta non coincide tuttavia con una sospensione della gestione: le strutture sono comprese nella politica di *curated decay* adottata dal National Trust e rimangono esposte all'azione del clima costiero e dei processi naturali, mentre il loro stato viene seguito attraverso forme di documentazione e monitoraggio a distanza. Le coperture sono inoltre divenute siti di nidificazione, introducendo una relazione ulteriore fra permanenza militare ed evoluzione ecologica del luogo.

Particolarmente rilevante è il rapporto fra inaccessibilità fisica e continuità della conoscenza**.** L'impiego sperimentale di robot quadrupedi, camere e sistemi di scansione ha consentito di documentare gli interni delle *pagodas* senza esporre gli operatori al rischio e riducendo l'interferenza con l'ambiente sensibile (National Trust, s.d.). Il caso mostra così che la rinuncia all'accesso diretto non implica necessariamente la perdita della leggibilità del bene: rilievo remoto, documentazione digitale e osservazione esterna possono mantenere conoscibile una struttura il cui ingresso non risulta compatibile con sicurezza e conservazione.



Fig. 10 — Orford Ness: le due *Pagodas* sottoposte a gestione controllata della rovina entro il paesaggio militare divenuto riserva naturale. Fonte: National Trust.

Orford Ness rende soprattutto evidente il carattere attivo e responsabile della gestione della rovina. L'accettazione dei processi naturali è accompagnata da un soggetto gestore, da conoscenza aggiornata dello stato materiale, da criteri di sicurezza e da strumenti capaci di seguirne le trasformazioni. Il paesaggio contemporaneo incorpora così anche gli effetti della dismissione: erosione, vegetazione e colonizzazione faunistica partecipano alla storia successiva del sito senza essere assimilate automaticamente a valore né utilizzate per giustificare una perdita non controllata. Il significato comparativo del caso risiede precisamente in questa condizione: il cambiamento può essere accolto soltanto quando rimane oggetto di osservazione, responsabilità e decisione**.** La sua trasferibilità al patrimonio sardo dipende pertanto dalla possibilità di garantire analoghe condizioni di gestione, controllo e continuità documentaria.

7.3.6 — Esperienze mediterranee e spagnole

Le esperienze mediterranee e spagnole riportano il confronto entro condizioni territoriali più prossime alla Sardegna: topografie costiere, manufatti di piccola scala, mimetizzazione, frammentarietà dei sistemi, compresenza di valori ambientali e pressione insediativa o turistica. La prossimità non implica equivalenza storica o gestionale. I casi considerati appartengono a fasi e dispositivi militari differenti e presentano livelli disomogenei di tutela e valorizzazione. Il loro interesse risiede nella possibilità di osservare azioni a bassa intensità: percorsi, puliture, dispositivi informativi, accessibilità esterna e integrazione entro parchi o reti locali.

Il caso di Santa Pola, in Spagna, permette di esaminare il rapporto fra strutture difensive, posizione dominante e percorrenza del paesaggio costiero. La struttura della batteria è compresa entro un sistema territoriale più ampio (fig. 11), nel quale promontorio, visuali marittime e itinerari turistici contribuiscono alla riconoscibilità dei luoghi (Ayuntamiento de Santa Pola, s.d.; Sanna et al., 2025b). Il patrimonio militare non opera necessariamente come destinazione autonoma, ma come componente di una sequenza paesaggistica. L'integrazione delle opere entro percorsi attrezzati e punti di osservazione del paesaggio costituisce, in questo caso, una condizione favorevole alla loro riconoscibilità. Percorsi pavimentati, sedute, aree di sosta e dispositivi interpretativi avvicinano il pubblico ai manufatti senza separarli dal promontorio e dalle visuali che ne spiegavano la funzione. I pannelli informativi contribuiscono inoltre a ricostruire il rapporto fra postazioni, campo controllato e paesaggio costiero, trasformando la percorrenza in occasione di conoscenza del sistema difensivo. Il patrimonio militare entra così in una fruizione più ampia del luogo: l'attrattività paesaggistica favorisce l'incontro con le opere della Guerra civile, mentre la loro interpretazione restituisce al paesaggio una stratificazione storica altrimenti poco evidente.

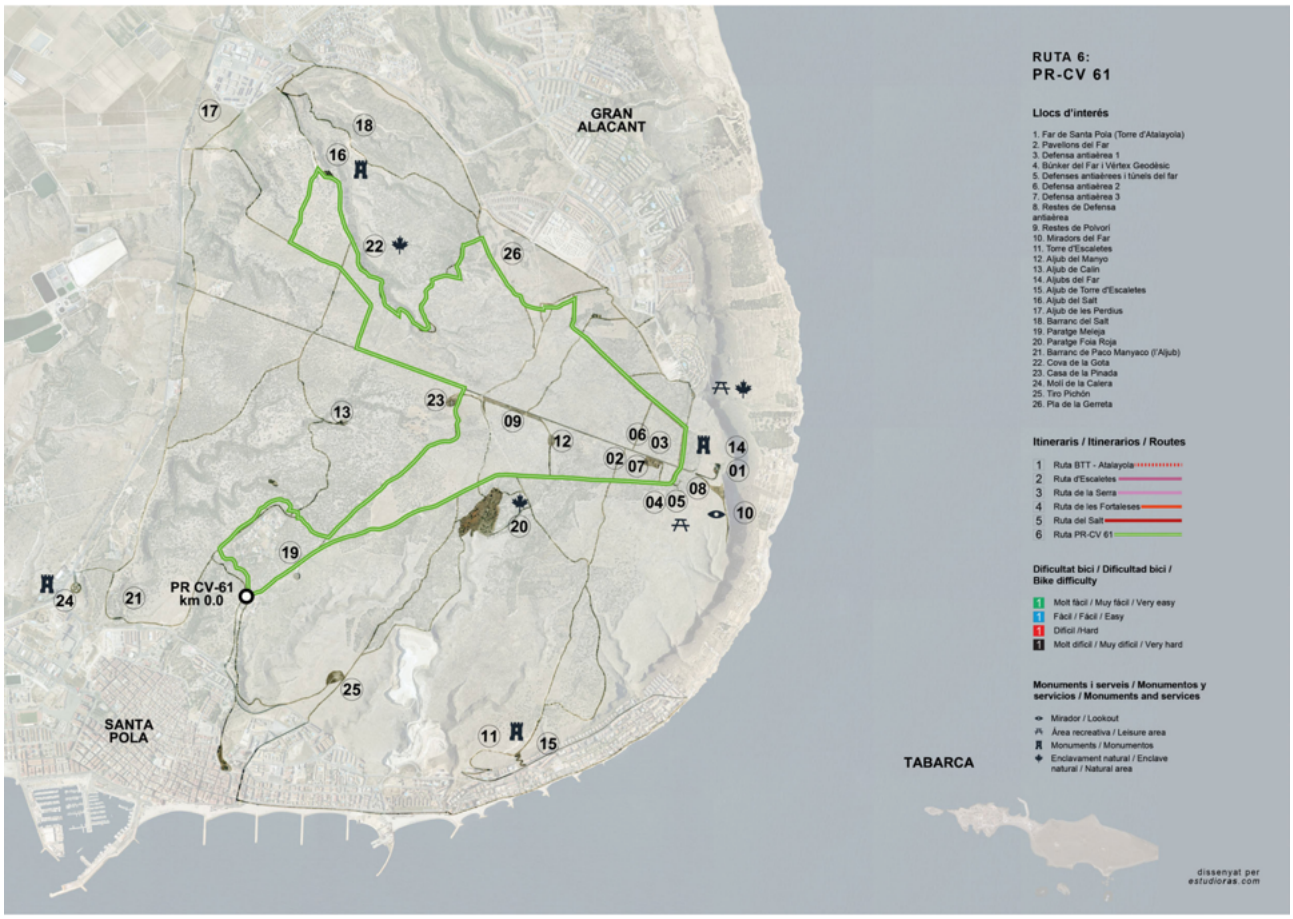




Fig. 11 — Capo di Santa Pola, *Proyecto Atolón*. In alto: piano degli interventi su percorsi e strutture del Destacamento Costero n. 4; in basso: mirador e percorso attrezzato nel paesaggio costiero. Fonte: Del Real Baeza e Baile Jiménez, 2018; fotografia in basso dell'autore.

La linea difensiva di Clot de Galvany (fig. 12 e 13) rappresenta una soglia più vicina ai problemi posti dal paesaggio militare sardo. Il parco, situato nel territorio di Elche, comprende una zona umida costiera, bassi rilievi, percorsi naturalistici e un sistema di bunker costruito durante la Guerra civile spagnola. Le opere sopravvivono entro un territorio già riconosciuto e frequentato per i propri valori ambientali; alcune sono integrate nei percorsi, associate a punti di osservazione o accompagnate da dispositivi informativi essenziali (Clot de Galvany, s.d.; Martínez-Medina et al., 2019).

Il caso non sovrappone un museo militare autonomo al parco. I bunker entrano nella fruizione attraverso la loro posizione lungo le rotte, la possibilità di osservarne l'esterno e, in alcuni casi, l'uso come soglia sopraelevata per la lettura del paesaggio. La forza di questa strategia risiede nella ridotta intensità materiale. La valorizzazione utilizza percorsi e strutture di visita già esistenti, evitando di isolare le opere dal sistema ecologico. Il suo limite coincide con il rischio di subordinare completamente la presenza militare alla narrazione naturalistica. Se il bunker viene riconosciuto soltanto come punto di osservazione o curiosità lungo il percorso, si conserva l'oggetto ma si perde la comprensione del dispositivo. L'integrazione richiede pertanto un racconto stratificato, capace di mostrare come la stessa morfologia oggi interpretata ecologicamente sia stata utilizzata anche come campo difensivo.



Fig. 12 — Fruizione e cura delle opere della Guerra civile spagnola. In alto: bunker di Clot de Galvany integrato a un punto di osservazione del paesaggio; in basso: bunker della linea fortificata di Nules ripulito e mantenuto in condizioni di buona leggibilità.





Fig. 13 — Clot de Galvany: in alto, planimetria ufficiale del parco e rete dei percorsi; in basso, paesaggio lagunare osservato dal bunker CG_BK05. Fonte: Clot de Galvany; fotografia dell'autore.

Il caposaldo di Nules (fig. 12) mostra una modalità più incrementale e locale: infatti la *Ruta Búnkeres de Nules* connette i resti della Guerra civile mediante visite guidate e attività orientate alla comprensione del sistema difensivo e del suo rapporto con il territorio (Turismo Nules, s.d.). La municipalità ha inoltre assunto

la documentazione delle opere come passaggio preliminare alla loro conservazione e valorizzazione (Ayuntamiento de Nules, 2020). Il caso non dipende da un grande museo o da una trasformazione architettonica, ma dalla successione ordinata di riconoscimento, censimento, accessibilità e racconto.

Questa progressività è significativa per patrimoni distribuiti e amministrazioni dotate di risorse limitate. Un percorso può essere costruito per fasi, cominciando dalle opere più leggibili e accessibili; il sistema informativo può essere aggiornato e ampliato senza richiedere l'apertura simultanea di tutti i siti. La fragilità del modello risiede nella dipendenza dalla continuità delle iniziative locali. Senza manutenzione, aggiornamento e responsabilità definite, segnaletica e percorsi perdono rapidamente efficacia.

Nel contesto sardo, il caso di Poggio dei Pini mostra una forma di valorizzazione fondata sull'integrazione delle opere militari nelle pratiche di fruizione del territorio. La presenza di percorsi pedonali e ciclabili consente di avvicinare i fortini attraverso una mobilità lenta, mentre visite, iniziative culturali e aperture pubbliche — fra cui quelle promosse nell'ambito di Monumenti Aperti — hanno progressivamente richiamato l'attenzione su manufatti altrimenti marginali rispetto alla percezione ordinaria del paesaggio (Monumenti Aperti, 2025). Il bunker non viene così isolato come destinazione autonoma, ma entra in una rete di percorrenze e occasioni di conoscenza che ne favoriscono il riconoscimento insieme al contesto nel quale è inserito.

L'interesse del caso risiede soprattutto nella capacità di attivare il patrimonio attraverso pratiche già compatibili con il territorio. Camminare, percorrere i luoghi in bicicletta, sostare presso le opere o partecipare a iniziative dedicate permette di ricomporre progressivamente distanze, posizioni e relazioni fra i manufatti, trasformando la presenza dei fortini in una componente riconoscibile dell'esperienza paesaggistica. La valorizzazione assume così una forma leggera e incrementale: accessibilità, iniziative culturali e mediazione possono precedere interventi più strutturati e contribuire alla costruzione di un interesse pubblico capace di sostenere nel tempo la conoscenza e la cura del sistema.

Nel loro insieme, le esperienze mediterranee restituiscono un campo di strategie differenziate, accomunate dalla necessità di rapportare l'azione alla scala del bene, alla permanenza dei suoi attributi, alle condizioni del paesaggio e alla possibilità di sostenerne nel tempo la gestione. Percorsi, interventi minimi, musealizzazione, accessibilità controllata, riuso e gestione della rovina acquistano significato in rapporto alle condizioni nelle quali vengono applicati e agli aspetti del patrimonio che consentono di mantenere leggibili. Il confronto mostra inoltre come la prossimità geografica o tipologica non determini da sola la trasferibilità di una soluzione: nei paesaggi costieri mediterranei, fragilità ambientale, pressione insediativa, continuità delle percorrenze, grado di riconoscimento pubblico e capacità gestionale modificano profondamente le possibilità di conservazione e valorizzazione.

La comparazione svolge quindi una funzione critica più che prescrittiva. I casi analizzati permettono di riconoscere possibilità e limiti delle diverse strategie e di verificare come uno stesso patrimonio possa richiedere risposte differenti in relazione alla consistenza materiale, al valore delle relazioni territoriali e alle condizioni contemporanee del luogo. Il passaggio al caso sardo può essere costruito su questa base: non attraverso il trasferimento di un modello già definito, ma mediante la selezione di principi d'intervento proporzionati alle evidenze e ai valori riconosciuti.

Nel loro insieme, le esperienze analizzate non costruiscono una gerarchia lineare fra interventi deboli e interventi forti. Un museo in situ non è necessariamente più efficace di una segnaletica minima; il riuso non costituisce un esito superiore alla rovina controllata; l'accesso interno non è sempre preferibile all'osservazione esterna o alla mediazione digitale. L'appropriatezza dipende dalla corrispondenza fra strategia, consistenza del bene, attributi da conservare, fragilità del sito e capacità di gestione.

7.4 — Dalla conoscenza alla reintegrazione

7.4.1 — Principi d'intervento

Per un patrimonio minuto, mimetico e relativamente poco riconosciuto come quello del Muro Mediterraneo, una prima forma d'azione può coincidere con il recupero della stessa riconoscibilità del manufatto, preliminare a interventi fisici più consistenti. Assunta la base conoscitiva costruita dalla ricerca, ogni azione deve pertanto essere rapportata al grado di conoscenza disponibile, alla condizione materiale, agli attributi patrimoniali e alle possibilità effettive di gestione.

La forma d'intervento più elementare coincide spesso con la cura ordinaria. Monitoraggio, rimozione periodica di rifiuti e materiali impropri, controllo selettivo della vegetazione invasiva, gestione di ristagni e occlusioni, pulitura di accessi, feritoie e parti significative possono contribuire simultaneamente alla conservazione e al recupero della leggibilità architettonica del manufatto (fig. 14). La pulizia opera anche sulla riconoscibilità: quando supportata dalla documentazione, può rendere nuovamente leggibile configurazione degli spazi, soglie, aperture, rapporto con il terreno e relazione fra feritoia e campo visuale. Quando condizioni di degrado o rischio lo richiedono, a queste azioni possono associarsi drenaggi locali, stabilizzazioni puntuali e dispositivi minimi di protezione o delimitazione. Pulitura e manutenzione assumono quindi carattere selettivo, contrastando perdita materiale, occultamento e condizioni di pericolo senza cancellare indiscriminatamente tracce e stratificazioni significative della permanenza postbellica. Analogamente, griglie, parapetti, chiusure e altri elementi di sicurezza devono risultare proporzionati, riconoscibili e, quando possibile, reversibili, evitando che il dispositivo contemporaneo prevalga percettivamente sul manufatto.

Anche l'accessibilità deve essere graduata rispetto alle condizioni dell'opera. L'ingresso fisico costituisce una delle modalità possibili e può essere affiancato da accessibilità esterna, cognitiva o digitale. Il criterio consiste nell'individuare il grado di fruizione capace di aumentare la conoscibilità del bene mantenendo compatibili sicurezza, conservazione e gestione. Interpretazione grafica, rappresentazione, dispositivi informativi e strumenti digitali possono quindi rendere comprensibili anche opere non visitabili, mentre l'accesso interno resta subordinato alle effettive condizioni del manufatto. Lettura esterna, apertura controllata e accessibilità mediata costituiscono così risposte complementari, da calibrare in rapporto al caso. Rendere accessibile significa definire una soglia di fruizione coerente con l'opera e con il contesto.
Le forme di attivazione e riuso richiedono una verifica più restrittiva (Sanna et al., 2025a). La scala ridotta, la rigidità distributiva e la stretta relazione tra spazio, accessi, feritoie e funzione originaria rendono molti bunker poco adatti all'introduzione di nuovi usi permanenti. Il riuso diretto costituisce pertanto una possibilità selettiva, ammissibile quando conserva leggibili gli attributi dell'opera e non richiede modificazioni incompatibili con la sua struttura. In altri casi risultano più coerenti forme temporanee, reversibili o indirette. Tra queste, il riuso per prossimità consente di collocare eventuali punti di osservazione, funzioni di accoglienza, mediazione o servizio presso il manufatto anziché al suo interno, preservandone materia e spazialità; le addizioni architettoniche costituiscono pertanto una possibilità circoscritta, da valutare rispetto alle condizioni effettive del sito.

La scelta tra queste possibilità è governata dalla soglia di trasformabilità, intesa come grado massimo di modificazione compatibile con i valori e con le condizioni del bene. Essa stabilisce il limite entro il quale un'azione può incidere su materia, accesso, percezione, uso e contesto senza compromettere gli attributi che ne sostengono la leggibilità. Ne deriva una distinzione fondamentale tra valore patrimoniale e intensità dell'intervento. Un'opera integra, rara o decisiva per la comprensione di un sistema può richiedere proprio per questo azioni molto contenute; un manufatto già profondamente trasformato può invece ammettere un margine d'azione maggiore. Un bene prioritario può dunque richiedere un'azione estremamente limitata o esclusivamente documentaria; viceversa, la facilità con cui un manufatto può essere raggiunto o utilizzato non costituisce di per sé una ragione sufficiente per trasformarlo. La gestione assume in questa verifica un carattere determinante, poiché pulitura, apertura, dispositivi interpretativi (fig. 15) e attivazioni producono responsabilità che proseguono oltre l'intervento iniziale.



Fig. 14 — Cura ordinaria e riconoscibilità del manufatto. In alto: confronto fra una postazione circolare controcarro ripulita e una postazione monoarma del settore di Cagliari occupata da rifiuti; al centro e in basso: postazione poliarma del CS XVI di Oristano prima e dopo la rimozione della vegetazione invasiva. Fotografie dell'autore.



Fig. 15 — Clot de Galvany: proposta di segnaletica minima per due bunker, con codice identificativo, QR code, pianta essenziale e relazione con la morfologia del sito. Elaborazione grafica dell'autore.

7.4.2 — Scenari selettivi

I criteri definiti nella sezione precedente vengono verificati attraverso tre condizioni patrimoniali: un'assenza documentata, un manufatto ancora presente e un raggruppamento difensivo. I casi funzionano come campioni critici nei quali priorità, fattibilità e soglia di trasformabilità producono forme differenti di valorizzazione. La sequenza amplia progressivamente la scala di lettura: dalla memoria di un'opera perduta alla relazione visuale fra architettura e paesaggio, fino alla valorizzazione di un organismo composto.

Il QSE_CS11 "Calatafimi", nell'area di Cuccuru Ganni, rappresenta una condizione nella quale la perdita materiale rende prevalente l'azione documentaria. Il caposaldo comprendeva tre postazioni principali e un osservatorio in casamatta; la trasformazione dell'area estrattiva ne ha determinato la progressiva cancellazione e nel 2008 è stato perduto anche l'ultimo manufatto superstite. Il censimento corrente non registra pertanto opere oggi certe, mentre la struttura georeferenziata conserva quattro localizzazioni con funzione prevalentemente memoriale e censuaria. La risposta più coerente consiste nel mantenerne leggibili posizione, consistenza documentata e processo di scomparsa. La memoria georeferenziata conserva il caposaldo entro il quadro conoscitivo del settore e, ove le evidenze lo permettano, consente di ricostruirne graficamente l'impianto mantenendo esplicito lo statuto della restituzione. L'assenza rimane così riconoscibile come parte della trasformazione recente del territorio: la perdita della materia non comporta la perdita della sua posizione nella memoria del sistema.

Una condizione differente è offerta dal CAG_CS17_BKC_78 (fig. 16) nel paesaggio di Molentargius, dove la feritoia mette in relazione architettura, orientamento e percezione del paesaggio anche in condizioni di fruizione interna parziale. Il suo significato originario deriva da una precisa costruzione dello sguardo: l'apertura restringeva il campo visivo, orientava l'osservazione e collegava lo spazio protetto della casamatta a una determinata porzione del territorio operativo (ICOMOS, 2021). La risignificazione conserva questa memoria e ne rovescia l'uso percettivo: il campo di tiro può diventare campo di lettura e la feritoia una soglia visuale sul paesaggio contemporaneo. Acqua, saline, canali, vegetazione, infrastrutture produttive, margini urbani, rilievi e orizzonti entrano così entro una selezione visiva già inscritta nell'architettura. Il bunker può assumere la funzione di osservatorio interpretativo, nel quale il dispositivo nato per controllare lo spazio rende percepibile la relazione fra funzione militare trascorsa e assetto ambientale, produttivo e urbano presente. La feritoia può quindi essere assunta come dispositivo capace di tradurre la precedente logica balistica in strumento di conoscenza del paesaggio, collegando manufatto, opere vicine, zona operativa e panorami. La rappresentazione sostiene questa risignificazione attraverso l'orientamento delle visuali, le sezioni paesaggistiche e il confronto fra configurazione storica e condizione attuale; l'esperienza diretta introduce però un ulteriore livello di conoscenza: guardare attraverso la feritoia permette di percepire contemporaneamente la selettività dello sguardo militare originario e il paesaggio che oggi occupa quel campo visivo. Il passaggio dal dispositivo balistico al dispositivo interpretativo trova un riscontro diretto anche nella sperimentazione sviluppata per Molentargius e Clot de Galvany, dove pulitura, accessibilità graduata e rapporto fra feritoia e campo visuale concorrono alla reintegrazione paesaggistica delle opere.

Alla scala del raggruppamento, la Batteria "Carlo Faldi" di Is Mortorius (fig. 17) verifica invece la valorizzazione di un organismo tecnico-territoriale composto. Piazzole d'artiglieria, postazione telemetrica, cunicoli, riservette, ricoveri, strutture di servizio e percorsi acquistano significato attraverso la loro disposizione sul promontorio e il coordinamento fra osservazione, tiro, protezione e approvvigionamento (Sanna & Pirinu, 2025). La presenza di un precedente intervento di riqualificazione e messa in sicurezza mostra inoltre che il recupero fisico costituisce una componente di un processo che richiede accessibilità differenziata, manutenzione continuativa e gestione delle diverse parti (Perra et al., 2012). Ciò che deve permanere riconoscibile è soprattutto il rapporto fra architetture, percorsi, quote, visuali e orizzonte marittimo che definiva il funzionamento della batteria. L'unità della valorizzazione coincide quindi con l'organismo e con le relazioni che ne permettono la comprensione. Il principio può essere trasferito, con intensità differenti, ad altri raggruppamenti ancora leggibili, calibrando gli interventi sulla loro effettiva struttura e sulle condizioni del contesto.

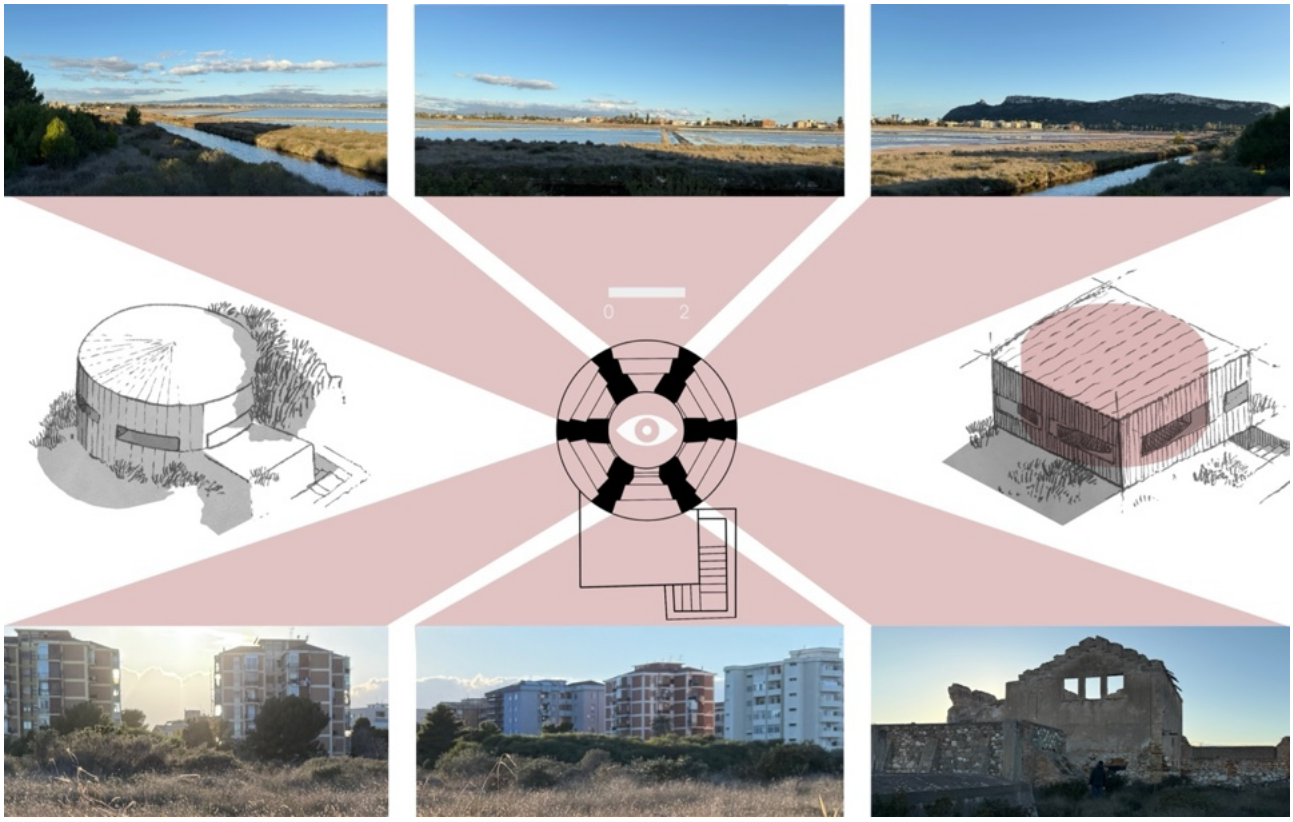


Fig. 16 — CAG_CS17_BKC_78, Molentargius: il bunker come osservatorio del paesaggio. Feritoia e settore di tiro sono reinterpretati come dispositivi di visione verso il sistema delle saline. Elaborazione grafica dell'autore.

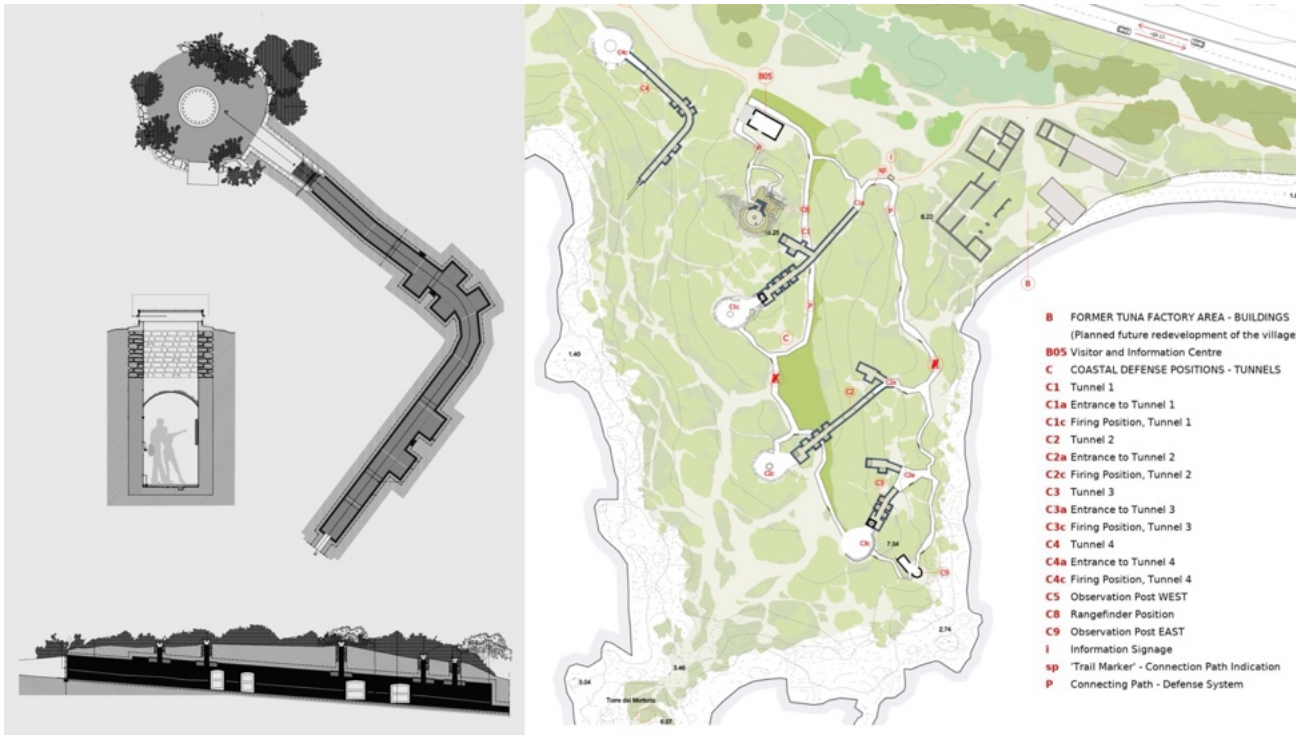


Fig. 17 — Progetto di riqualificazione della batteria "Carlo Faldi" a Is Mortorius. A sinistra: galleria espositiva nei cunicoli, nelle riservette e nei ricoveri; a destra: planimetria del sistema difensivo sul promontorio. Fonte: Perra et al., 2012.

7.4.3 — Dalla rete interpretativa all'itinerario culturale

Il passaggio alla scala territoriale completa il movimento dalla conoscenza alla fruizione: non riguarda soltanto la possibilità di conservare, rendere leggibile o risignificare singole condizioni patrimoniali, ma quella di restituire all'esperienza relazioni ricostruite attraverso dati, rilievi e rappresentazioni. La continuità informativa prodotta dalla banca dati, dal GIS e dall'Atlante costituisce la base di questo passaggio. Permette di selezionare nodi, riconoscere appartenenze, distinguere condizioni di accessibilità e mettere in relazione opere materialmente separate; la valorizzazione acquista tuttavia una dimensione territoriale quando almeno una parte di tali relazioni torna a essere percepibile nei luoghi. Posizione, distanza, orientamento, campo visuale e rapporto con il paesaggio possono così passare dalla rappresentazione all'esperienza, orientando lo sguardo e il movimento contemporanei entro una struttura territoriale nuovamente leggibile.

L'itinerario culturale costituisce una possibile materializzazione (Parrinello, 2023) di questa rete interpretativa nel Golfo di Cagliari (Sanna et al., 2025b). Si configura come una sequenza selettiva di manufatti, tracce, visuali, distanze e luoghi capace di rendere comprensibile un fenomeno territoriale attraverso l'attraversamento (Merino del Río, 2024). Un utile riferimento operativo è offerto dalla *Ruta de los Búnkeres* di Camarena de la Sierra, dove un itinerario lineare di 6,64 km rende leggibile una linea fortificata della Guerra civile attraverso manufatti, trincee e dispositivi informativi con codici QR, mantenendo la fruizione integrata al paesaggio montano della Sierra de Javalambre (Ruta de los Búnkeres de Camarena de la Sierra, s.d.). La sua costruzione dipende dalla pertinenza delle relazioni più che dal numero delle tappe: un'opera direttamente accessibile, un bunker leggibile dall'esterno, una batteria, un punto di osservazione o un'assenza documentata possono concorrere alla stessa sequenza mantenendo condizioni differenti. I modelli informativi applicati alle *cultural heritage routes* offrono in questo senso un riferimento metodologico, poiché permettono di correlare beni, localizzazioni, documentazione e rappresentazioni entro una struttura interpretativa unitaria (Parrinello et al., 2019). Nel caso sardo, l'itinerario rappresenta quindi una modalità attraverso cui l'ordinamento multiscalare prodotto dalla ricerca può essere selettivamente restituito al territorio e reso pubblicamente esperibile.

Questa modalità appare particolarmente coerente con la natura delle architetture difensive considerate. Il bunker raramente opera come destinazione monumentale autosufficiente: è minuto, spesso seminterrato o mimetico, spazialmente compresso e non sempre accessibile internamente; soprattutto, posizione e orientamento ne determinano il significato quanto la configurazione dello spazio interno. La sua esperienza può quindi iniziare prima dell'arrivo al manufatto e continuare oltre di esso. Avvicinamento, progressiva individuazione della sagoma, rapporto con il terreno, distanza dalle altre opere, orientamento delle feritoie, presenza di acqua o infrastrutture e variazione del campo visuale appartengono alla stessa lettura. Anche un'opera non attraversabile può costituire un nodo attivo attraverso l'osservazione esterna o a distanza, la relazione visuale e gli apparati di rappresentazione. L'itinerario coordina così condizioni differenti e sposta il centro della fruizione dal solo spazio interno al rapporto fra architettura, corpo e territorio.

In questa prospettiva, camminare e pedalare assumono una funzione conoscitiva. La lentezza corrisponde alla scala percettiva di un patrimonio progettato per sottrarsi allo sguardo e distribuito attraverso intervalli, occultamenti e relazioni di distanza. Muoversi lentamente permette di percepire variazioni di quota, restringimenti, margini d'acqua, ostacoli, cambi di orientamento, apparizioni e scomparse dei manufatti, rapporti fra visuali e morfologia; consente inoltre di misurare con il corpo distanze che la cartografia restituisce simultaneamente. Il percorso rende esperibili in successione relazioni che GIS e Atlante rendono leggibili in compresenza. Le rappresentazioni territoriali, le piante orientate, le sezioni, i campi visuali, le ricostruzioni del camouflage e i confronti diacronici prodotti attraverso il protocollo forniscono le chiavi con cui interpretare ciò che l'attraversamento progressivamente rivela. Lo stesso spazio può così essere interrogato come paesaggio ambientale, produttivo, insediativo e militare, facendo emergere attraverso il movimento nessi che una lettura settoriale tenderebbe a separare. Gli esiti del protocollo acquistano in questo modo una ricaduta ulteriore: dalla costruzione scientifica della rappresentazione alla mediazione dell'esperienza del luogo.

L’itinerario culturale assume particolare efficacia quando attraversa un paesaggio stratificato. Nuraghi, torri costiere e precedenti dispositivi di avvistamento possono rendere leggibile la lunga durata del controllo territoriale; preesistenze archeologiche acquistano pertinenza quando quota, riuso o relazione visuale costruiscono un nesso effettivo; saline, canali, idrovore, strade e strutture produttive mostrano come uno stesso paesaggio artificiale sia stato assunto, in fasi differenti, secondo logiche insediative, economiche e difensive; zone umide, dune, promontori e vegetazione concorrono a spiegare accessibilità, occultamento e osservazione e costituiscono oggi sistemi ambientali autonomamente riconoscibili. L’itinerario mette quindi in relazione differenti modi di abitare, utilizzare, controllare e interpretare lo stesso territorio. Il bunker conserva la propria specificità militare entro una narrazione più ampia, nella quale natura e artificio, produzione e difesa, permanenze archeologiche e trasformazioni contemporanee diventano strati distinguibili dello stesso palinsesto.

Questa impostazione è stata verificata nel corso della ricerca attraverso esperienze di carattere differente. Nel confronto fra Clot de Galvany e Molentargius-Saline, gli itinerari culturali sono stati definiti in relazione ai percorsi esistenti e alle condizioni effettive delle opere, coordinando accesso diretto, lettura esterna, osservazione a distanza e documentazione. Nel caso di Molentargius, tale selezione permette di integrare il patrimonio militare con acqua, saline, infrastrutture produttive e valori naturalistici entro la lettura complessiva del parco. A una scala più estesa, la riflessione condotta ad Arborea ha tradotto la distribuzione delle opere in una proposta ciclabile di circa trenta chilometri fra costa e paesaggio della bonifica, capace di mettere in relazione oltre venti bunker e di articolarsi con sequenze pedonali più brevi, in continuità con gli studi sul sistema fortificato e sul paesaggio locale (Mura & Sanjust, 2016). A questa sperimentazione progettuale si è affiancata un’esperienza direttamente realizzata il 12 aprile 2026 attraverso l’iniziativa “Fortificazioni segrete nella laguna tra bunker, fauna e natura selvaggia”, promossa dal Gruppo Giovani della Sezione Sardegna dell’Istituto Italiano dei Castelli con il patrocinio del Comune di Arborea (fig. 18). Il percorso sviluppato nel paesaggio di S’Ena Arrubia, fra il CS I “Norcia” di Arborea e il CS XVI “Pisa” di Oristano, nell’area di Casa Sassu, ha integrato il contributo dell’autore dedicato alle architetture difensive con interventi sulla biodiversità lagunare, sulla bonifica e sulle relative architetture. Lo spostamento fra postazioni, reticolo viario, stagni e infrastrutture ha reso progressivamente riconoscibili relazioni difficilmente percepibili attraverso la visita isolata dei manufatti. Il territorio ha assunto così una funzione di mediazione: differenti competenze hanno interrogato lo stesso palinsesto, collegando architettura militare, paesaggio della bonifica e sistema ambientale senza confonderne gli statuti.

Alla scala del Golfo di Cagliari, questo principio può tradursi in una rete di sequenze territoriali selettive e a densità variabile. La macroarea costituisce il quadro conoscitivo comune, mentre le singole sequenze possono adattarsi alle differenti condizioni di Cagliari, Quartu Sant’Elena, Capoterra e Pula. Molentargius (fig. 19) offre una condizione particolarmente adatta all’attraversamento lento e alla lettura congiunta di acqua, infrastrutture del sale, margini urbani e dispositivi difensivi; sul versante orientale, opere costiere, torri, promontori e Batteria Carlo Faldi permettono di leggere la lunga durata del controllo del margine marittimo; nell’area di Simbirizzi la maggiore concentrazione dei capisaldi consente invece sequenze maggiormente incentrate sulla struttura difensiva della Seconda guerra mondiale e sulle relazioni fra opere, lago, percorsi e morfologia. Altri ambiti possono sostenere forme più circoscritte di attraversamento e interpretazione, coerenti con la minore densità delle permanenze o con la presenza di dispositivi specialistici. La struttura della rete rimane quindi comune, mentre intensità, durata e contenuti dell’esperienza variano in rapporto ai caratteri effettivi dei luoghi.

La reintegrazione territoriale trova infine la propria consistenza quando la memoria storica torna ad aderire all’esperienza presente dei luoghi. Il bunker occupa pochi metri quadrati, comprime il corpo entro uno spazio protetto, riduce la luce e seleziona l’esterno attraverso aperture minime; eppure la sua misura architettonica non coincide con il volume che racchiude. Prosegue nel terreno cui aderisce, nella direzione della feritoia, nella distanza dalle altre postazioni, negli ostacoli, nelle visuali e nelle porzioni di paesaggio che ne determinavano posizione e funzione. Per questo la conoscenza dell’opera rimane incompleta se si arresta alle sue pareti. Entrare nel bunker consente di percepirne massa, chiusura, luce e costrizione dello sguardo; uscirne e muoversi nello spazio permette di ricostruire la rete di relazioni di cui quell’interno costituiva

soltanto una cellula. La laguna, la costa, il rilievo, la strada, la salina o il paesaggio della bonifica cessano allora di essere uno sfondo contemporaneo del resto militare e tornano a spiegare perché quel manufatto si trovi precisamente in quel luogo. Allo stesso tempo, la feritoia che un tempo circoscriveva un campo operativo può oggi selezionare acqua, vegetazione, infrastrutture, profili urbani e orizzonti, mettendo in contatto la memoria bellica incorporata nel calcestruzzo con il paesaggio che il tempo ha trasformato. Il percorso rende percepibile questa sovrapposizione: attraverso l'avvicinamento, l'occultamento e la successiva riapparizione delle opere, il mutare delle visuali e la distanza fra i nodi, la memoria del sistema viene progressivamente ricomposta nella memoria dei luoghi. Cartografia, database e disegno ricostruiscono il sistema sul piano conoscitivo; il cammino gli restituisce tempo, distanza, corpo e presenza. In questo senso, la perdita dell'utilità militare non coincide con l'assenza di una funzione contemporanea: proprio nella loro apparente inutilità, queste permanenze conservano un'utilità memoriale, rendendo materialmente presente nel paesaggio un passato recente e contribuendo a mantenere viva la memoria della guerra (Pirinu, 2014). La valorizzazione può allora consistere anche in questo: non necessariamente nell'attribuire una nuova funzione al bunker, ma nel renderlo nuovamente capace di orientare un'esperienza del territorio (fig. 20), come lente attraverso cui riconoscere insieme ciò che permane della guerra e ciò che il paesaggio è diventato. La soglia che separava l'interno protetto dallo spazio da controllare diventa così il punto da cui rimettere in relazione architettura, memoria e paesaggio.



Fig. 18 — Attraversamento del paesaggio militare di Arborea durante l'iniziativa *Fortificazioni segrete nella laguna tra bunker, fauna e natura selvaggia*, presso il CS I "Norcia", 12 aprile 2026. Fotografia di Giulia Cherchi.

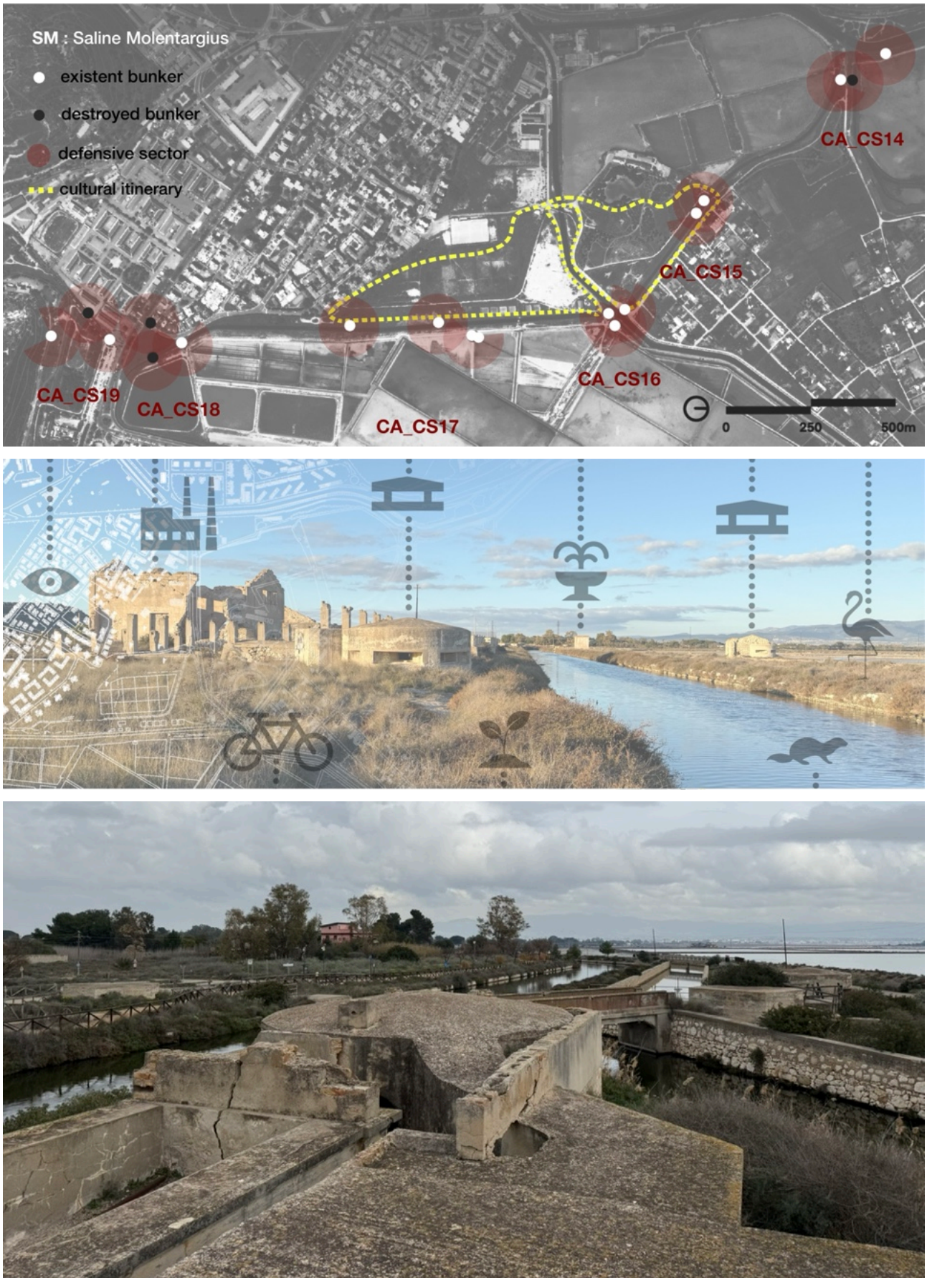


Fig. 19 — Molentargius-Saline: proposta di itinerario culturale e lettura stratificata del paesaggio. In alto: capisaldi e tracciato proposto; al centro: componenti militari, ambientali, produttive e infrastrutturali del paesaggio; in basso: sistema idraulico delle saline osservato dal CAG_CS16. Elaborazione grafica e fotografia dell'autore.



Fig. 20 — Dal paesaggio non riconosciuto al paesaggio militare interpretato: database, percorsi e dispositivi di valorizzazione come strumenti di identificazione, attraversamento e attivazione culturale. Elaborazione dell'autore.

CAPITOLO 8
Conclusioni e Prospettive

8.1 — Dalla presenza muta al paesaggio militare come campo conoscitivo

Il percorso della ricerca si chiude tornando al punto da cui aveva preso avvio: non una categoria già stabilizzata, non una tipologia già ordinata, non ancora un manufatto da censire, misurare o rappresentare, ma una presenza muta nel paesaggio. Il bunker si offre inizialmente come un oggetto costruito su contraddizioni: piccolo nella scala e sovradeterminato nella funzione, moderno nella materia e quasi arcaico nella sua massa compatta, progettato per sottrarsi alla vista e tuttavia ostinatamente presente, tecnico e insieme carico di implicazioni simboliche. È visibile, ma non pienamente riconosciuto; appartiene al territorio, ma resta spesso fuori dal suo racconto; occupa il suolo, ma sembra sottrarsi alle categorie ordinarie della memoria e dell'architettura. Questa condizione non costituisce una semplice premessa narrativa: definisce il problema conoscitivo della tesi, cioè comprendere come una forma apparentemente isolata, residuale e silenziosa possa diventare il punto di accesso a un paesaggio militare complesso.

La ricerca ha assunto questa difficoltà come una forma di archeologia del recente. Il riferimento a *Bunker Archaeology*, richiamato dal montaggio espositivo della fig. 1, non riguarda soltanto la riscoperta estetica o teorica dei grandi resti del Muro Atlantico, ma la possibilità di interrogare il bunker come traccia materiale di una modernità difensiva ormai disattivata e tuttavia ancora inscritta nel territorio (Virilio, 1994 [1975]). Nel caso sardo, questa archeologia non si confronta con monumenti integri e immediatamente riconoscibili, ma con un patrimonio frammentario, disperso, alterato, mimetico, talvolta inglobato o parzialmente scomparso. L'operazione conoscitiva ha richiesto riconoscimento, scavo documentario, confronto tipologico, verifica sul campo e restituzione grafica. L'archeologia del bunker agisce, in questo senso, su una prossimità opaca: ciò che è vicino, recente e ancora materiale può risultare difficile da leggere quanto un resto antico.



Fig. 1 — Mostra *Bunker archéologie* di Paul Virilio, Musée des Arts Décoratifs, Parigi, 1975–1976: pannelli della sala "Anthropomorphie et zoomorphie", dedicata al confronto fra bunker, postazioni di comando e osservatori compositi. Fonte: Maguolo, 2021, p. 27; Archives Centre Pompidou.

Questa prossimità opaca modifica anche l'idea di standardizzazione. All'avvio della ricerca, la presenza di prototipi, schemi ricorrenti, categorie funzionali e soluzioni ripetute poteva far pensare a un patrimonio ordinabile solamente per modelli. In molti casi, la prima impressione è che, una volta riconosciuto un bunker, siano riconoscibili tutti gli altri. La ricerca ha mostrato che questa ipotesi è solo parzialmente valida. Essa può funzionare in modo più netto in alcune famiglie fortemente seriali, come nel caso delle postazioni monoarma circolari del 1942–1943, ma diventa insufficiente di fronte alla varietà delle casematte poliarma, dei nuclei fissi, degli osservatori, dei bunker telemetrici, delle strutture adattate al sito e dei casi con camouflage più complesso. Anche dove la serie è più evidente, la variazione resta determinante: cambiano quote, orientamenti, feritoie, accessi, relazioni con il suolo, condizioni conservative e rapporti con il contesto.

In questa prospettiva, la lezione di Rolf è stata decisiva ma non direttamente sovrapponibile al caso sardo. Rolf ha mostrato come il bunker possa essere letto attraverso famiglie, standard e varianti, rendendo la tipologia uno strumento di conoscenza e non un semplice repertorio nominale (Rolf, 1985, 1988, 1998). Tuttavia, nel caso della Sardegna non si trattava di riconoscere sul terreno una tassonomia già pienamente codificata sul modello dei Regelbauten tedeschi; si trattava in molti casi di costruire una catalogazione tipologica a partire da manufatti dispersi, fonti frammentarie, trasformazioni locali e adattamenti costruttivi. La tipologia non è stata quindi soltanto applicata, ma ricostruita. Questo è particolarmente evidente nelle poliarma, dove la forma del manufatto, la disposizione delle feritoie, l'integrazione del ricovero, la relazione con il terreno e le logiche di mascheramento producono un repertorio più articolato di quanto una lettura per modello unico avrebbe consentito di riconoscere.

La standardizzazione, dunque, esiste, ma non coincide con l'identità meccanica. Costituisce una grammatica di principi: protezione, orientamento, campo di tiro, economia costruttiva, resistenza, occultamento, rapidità esecutiva. Nel momento in cui questi principi vengono calati nel paesaggio, diventano applicazioni situate. Il bunker non è la replica indifferente di uno schema astratto; è la traduzione di una logica militare entro un luogo specifico. In pochi anni, il pensiero architettonico-militare produce una successione rapida di soluzioni, semplificazioni, adattamenti e specializzazioni: dalla permanenza dei nuclei fissi alla diffusione delle cellule monoarma, dalla complessità delle poliarma alla soluzione minima ed economica del Tobruk, dalle opere di osservazione alle strutture controcarro e ai dispositivi specialistici. La tesi ha cercato di rendere leggibile questa evoluzione compressa, nella quale il tempo della guerra accelera il rapporto tra progetto, cantiere, funzione e forma.

Il passaggio dal singolo manufatto al paesaggio militare costituisce uno degli spostamenti decisivi della ricerca. Il bunker non era difficile da comprendere perché privo di relazioni, ma perché tali relazioni non erano più immediatamente leggibili. Scomparsa la funzione militare, dispersi gli apparati complementari, trasformati i contesti, interrotti i nessi con capisaldi, batterie, sbarramenti, osservatori e linee di controllo, il manufatto restava come un corpo separato dalla propria struttura. La ricerca ha operato su questa frattura: ha ricondotto il singolo resto alla rete di condizioni che ne determinavano posizione, orientamento, funzione, materia, campo visuale e rapporto con il suolo. Ciò che sembrava un punto è stato riletto come nodo. Ciò che sembrava una forma isolata è stato ricollocato entro un organismo tecnico-territoriale.

Su questo piano, il contributo di Bassanelli e Postiglione permette di spostare la lettura dal singolo manufatto al paesaggio militare come campo culturale e memoriale (Bassanelli & Postiglione, 2011). Il valore non risiede più soltanto nella classificabilità della singola architettura, ma nella trama di relazioni che lega bunker, percorsi, musei, centri d'interpretazione, memoriali, monumenti, cimiteri, soglie, vuoti, permanenze, lacune e memorie. In Sardegna, tale trama assume il carattere di un campo di battaglia predisposto ma non pienamente consumato, la cui memoria deriva tanto dalle permanenze quanto dall'assetto prodotto dall'attesa dell'evento.

La conoscenza del bunker si è prodotta in questa relazione progressiva: non nell'isolamento del manufatto, ma nella ricostruzione delle condizioni che lo rendono parte di un sistema territoriale, tipologico,

percettivo e simbolico. Il passaggio dalla presenza muta al campo conoscitivo non ha risolto l'ambiguità del bunker ma l'ha resa praticabile attraverso strumenti capaci di nominarla, misurarla, confrontarla e restituirla senza ridurla a oggetto isolato.

8.2 — Risultati della ricerca

I risultati della ricerca riguardano la consistenza del patrimonio difensivo sardo, la sua organizzazione territoriale, l'articolazione tipologica delle opere e gli strumenti elaborati per conoscerle e rappresentarle. Sul piano teorico, il caso regionale è stato collocato entro la genealogia della fortificazione moderna e nel quadro critico del Muro Mediterraneo. Questa categoria ha consentito di confrontare sistemi costieri discontinui e adattivi, prodotti da differenti condizioni storiche, strategiche e morfologiche. La Sardegna emerge così non come appendice periferica di modelli più noti, ma come caso insulare dotato di una propria specifica configurazione difensiva, determinata dalla vulnerabilità delle coste, dalla distribuzione degli obiettivi strategici e dalle differenti modalità di presidio del territorio.

La base empirica di questa lettura è costituita dalla banca dati georeferenziata. La sua costruzione ha permesso di coordinare localizzazioni, fonti documentarie, fotografie aeree, ricognizioni, rilievi e attribuzioni tipologiche entro una struttura informativa comune. Il risultato non consiste soltanto nell'ampliamento del censimento, ma nella possibilità di distinguere la natura e il grado di attendibilità delle informazioni, mantenendo separati dato archivistico, osservazione sul campo, ricostruzione documentaria e ipotesi interpretativa. La banca dati costituisce pertanto un'infrastruttura conoscitiva attraverso cui verificare e aggiornare progressivamente la consistenza del patrimonio.

Il nucleo maggiormente consolidato comprende circa 1.250 bunker che ospitavano un armamento, classificati come BKC. Il valore include manufatti materialmente conservati, opere perdute ma documentate e localizzazioni ricostruibili attraverso la convergenza di fonti e tracce territoriali. Non rappresenta un totale definitivamente chiuso, ma un risultato direttamente prodotto dalla ricerca, riferito a una categoria sufficientemente definita e circoscritto entro un ordine di grandezza ormai stabile. A questo nucleo si affianca una stima più ampia di circa 1.800 architetture e strutture difensive presenti nel territorio regionale. Essa comprende, oltre a tali manufatti, batterie, osservatori, ricoveri, tunnel, casermette, postazioni campali, strutture logistiche e dispositivi complementari censiti con differenti livelli di scomposizione e attendibilità (Grioni & Carro, 2014; Sanna et al., 2025). I due valori descrivono quindi perimetri distinti: il primo identifica il corpo maggiormente verificato della banca dati; il secondo restituisce la consistenza complessiva, ancora incrementabile, del patrimonio difensivo sardo.

La lettura territoriale del censimento georeferenziato ha consentito di riconoscere un campo difensivo regionale differenziato. Le macroaree non presentano la stessa densità né la medesima articolazione: accanto ad ambiti caratterizzati da estesi dispositivi costieri compaiono settori più selettivi, sbarramenti, batterie e reti di osservazione. Le differenze fra costa, retroterra immediato, nodi portuali e direttrici di penetrazione non dipendono dalla sola quantità delle opere, ma dal ruolo strategico assegnato ai luoghi e dalle forme attraverso cui la difesa vi è stata organizzata. Il censimento ha quindi reso confrontabili configurazioni territoriali diverse, facendo emergere gerarchie, concentrazioni e discontinuità che una raccolta esclusivamente descrittiva non avrebbe permesso di riconoscere.

Entro questo quadro, il Golfo di Cagliari è stato assunto come caso guida ad alta risoluzione. Quartu Sant'Elena, Cagliari, Capoterra e Pula restituiscono condizioni complementari di uno stesso ambito costiero. Quartu rende leggibile la cooperazione tra arco di contenimento, difesa litoranea, batterie e osservazione; Cagliari mostra il rapporto fra apparato militare controterra, città, porto, infrastrutture e successive trasformazioni urbane; Capoterra documenta una sequenza più circoscritta, legata a una serie di capisaldi ravvicinati, al controllo delle soglie viarie e alle strategie di mimetizzazione; Pula introduce una componente specialistica, nella quale batterie e dispositivi di osservazione assumono un ruolo prevalente. La scelta del Golfo non risponde quindi soltanto a un criterio geografico: concentra, entro un campo unitario, differenti gradi di sviluppo e specializzazione della difesa sarda.

L'analisi tipologica ha permesso di ricostruire il rapporto tra funzione, armamento, protezione, geometria, orientamento e condizioni del sito. Nuclei fissi, casematte poliarma, postazioni monoarma, Tobruk, opere controcarro, osservatori e strutture specialistiche sono stati interpretati come risposte a problemi difensivi differenti, non come episodi autonomi o semplici varianti formali. La classificazione ha così assunto un valore genealogico: ha reso leggibile la trasformazione del pensiero progettuale militare, dalla complessità dei sistemi iniziali alla progressiva specializzazione e semplificazione delle cellule armate, mostrando al tempo stesso quanto l'applicazione dei modelli fosse condizionata dalla morfologia, dalle economie di guerra e dalle esigenze di occultamento.

Il protocollo di documentazione e l'Atlante costituiscono due fasi di uno stesso procedimento. Rilievo metrico, acquisizione fotogrammetrica e LiDAR, analisi GIS, modellazione, fotografia e disegno analogico concorrono a una filiera conoscitiva calibrata secondo la natura delle fonti, la scala dell'indagine e il grado di accessibilità dei manufatti. L'Atlante traduce questi criteri in una struttura consultabile e comparabile: tavole, schede, restituzioni metriche, profili territoriali, sequenze percettive e rappresentazioni ibride rendono simultaneamente leggibili configurazione architettonica, posizione, orientamento, trasformazioni e rapporti con il paesaggio. Il Disegno non interviene quindi come apparato illustrativo successivo all'analisi, ma come strumento attraverso cui dati eterogenei vengono selezionati, verificati e trasformati in conoscenza trasmissibile.

Anche la valorizzazione deriva da questa costruzione conoscitiva. La ricerca ha distinto il riconoscimento patrimoniale dal riuso fisico immediato, formulando criteri commisurati alla qualità del dato, alla permanenza materiale, alla leggibilità del contesto e alla dissonanza della memoria. Documentazione, interpretazione, comunicazione e reintegrazione territoriale possono così assumere forme diverse senza essere ricondotte a un'unica soluzione applicativa.

La specificità del lavoro risiede nella convergenza dei contributi sviluppati lungo la tesi: l'inquadramento storico e comparativo della fortificazione moderna (cap. 1); la costruzione della banca dati e la definizione dello statuto del dato (cap. 2); il protocollo di documentazione e rappresentazione (cap. 3); la lettura territoriale e la ricostruzione del quadro regionale (cap. 4); la verifica operativa e comunicativa del protocollo nell'Atlante del Golfo di Cagliari (cap. 5); la classificazione genealogico-tipologica (cap. 6); i criteri di riconoscimento e valorizzazione del patrimonio (cap. 7). Questi apporti non costituiscono risultati separati, ma concorrono a un procedimento unitario, sufficientemente consolidato per sostenere il riconoscimento del patrimonio e, al tempo stesso, capace di dichiarare differenze, gradi di attendibilità e questioni ancora irrisolte.

8.3 — Campo di validità e questioni aperte

L'oggetto della ricerca è un patrimonio che assume ormai la condizione materiale di una rovina contemporanea. Le architetture difensive presentano gradi differenti di conservazione: alcune sono integre, altre risultano alterate, inglobate o parzialmente distrutte, mentre di altre rimangono soltanto tracce e testimonianze documentarie. La finalità ricostruttiva dell'indagine ha richiesto di integrare osservazione diretta, fonti archivistiche, cartografie storiche e fotografie aeree per comprendere anche le presenze perdute o trasformate. Demolizione e degrado non costituiscono quindi limiti della ricerca, ma condizioni dell'oggetto; conservazione e accessibilità determinano invece il livello di rilievo e rappresentazione raggiungibile nei singoli casi.

L'estensione del patrimonio ha imposto una selezione consapevole delle scale di indagine. Il censimento regionale ne ha definito la consistenza e l'organizzazione territoriale, mentre il Golfo di Cagliari è stato scelto come campo di approfondimento per la densità delle opere e la varietà delle configurazioni difensive, tipologiche e conservative. Tutte le postazioni note del Golfo sono state direttamente osservate; circa 200 manufatti in Sardegna sono stati inoltre rilevati e disegnati secondo differenti livelli di approfondimento. Applicare la stessa intensità di documentazione all'intero repertorio regionale non sarebbe stato compatibile con i tempi e gli obiettivi della ricerca. La concentrazione sul Golfo ha

permesso, invece, di raggiungere un'elevata profondità analitica e di elaborare procedure trasferibili ad altri settori.

La classificazione tipologica ha raggiunto un livello avanzato di definizione, sufficiente a riconoscere le principali famiglie e le loro articolazioni. Ulteriori rilievi potranno comunque integrarla qualora emergano configurazioni non ancora documentate. Le postazioni poliarma dell'area di Santa Caterina e, più in generale, dell'Oristanese costituiscono un ambito particolarmente significativo: una loro analisi sistematica potrebbe individuare nuovi assetti planimetrici e ampliare il repertorio delle varianti regionali. L'apertura della classificazione consente così di aggiornarla sulla base di nuove evidenze senza irrigidirla in un quadro definitivo.

Anche il confronto con i casi spagnoli, con altri sistemi italiani e con l'Atlantikwall è stato costruito su un campione necessariamente selettivo. La comparazione permette di comprendere più profondamente il caso sardo, facendo emergere analogie e differenze nell'organizzazione territoriale, nelle tecniche costruttive, nella composizione delle opere, nella direzionalità delle difese e nel rapporto con la morfologia. La sua estensione ad altri contesti potrà ampliare il quadro comparativo e verificare la trasferibilità delle categorie elaborate.

La ricerca ha sviluppato in modo coerente le evidenze disponibili, dichiarando scale, criteri di selezione e livelli di approfondimento. Nuovi rilievi potranno aggiungere casi e varianti; ulteriori indagini negli archivi già consultati e l'estensione della ricerca ad altri fondi nazionali e internazionali potranno far emergere documenti, progetti e relazioni ancora inediti. Il quadro raggiunto rimane quindi aperto all'integrazione di nuove fonti materiali e documentarie, secondo la continuità del metodo elaborato.

8.4 — Il bunker come architettura limite: Disegno, calcestruzzo armato e modernità

Il bunker resta, prima di tutto, un oggetto costruito. Non è soltanto un manufatto militare da censire, una traccia territoriale da localizzare o un resto patrimoniale da riconoscere: è una forma architettonica estrema, nella quale materia, funzione, spazio e prestazione coincidono con particolare evidenza. Il suo Disegno risiede nella logica progettuale che coordina spessori, accessi, feritoie, orientamenti, campi di tiro e posizione del corpo entro un volume ridotto e altamente specializzato. È su questo confine che Martínez-Medina e Sanjust (2013, 2015) hanno collocato il dibattito sul Muro Mediterraneo: architetture o componenti industriali, espressioni della modernità o prodotti esclusivamente tecnico-militari? Il bunker appartiene a entrambi i campi. È dispositivo tecnico perché risponde a requisiti di resistenza, protezione e offesa; è architettura perché organizza spazio, sezione, accesso, visione e rapporto con il luogo. La sua natura limite non ne indebolisce l'interesse disciplinare: lo fonda.

Il calcestruzzo armato rende particolarmente evidente questa ambivalenza. Materiale fondamentale della modernità architettonica, consente nuove strutture, superfici continue, grandi infrastrutture e forme non più dipendenti dalla muratura tradizionale. Nel bunker viene però impiegato secondo una direzione apparentemente opposta: non apertura, ma chiusura; non trasparenza, ma feritoia; non leggerezza, ma massa; non espansione dello spazio, ma compressione funzionale. Il bunker può essere così definito come il rovescio operativo della modernità architettonica. Non è antimoderno, perché nasce da tecniche, processi di standardizzazione e logiche produttive pienamente novecentesche; contraddice, tuttavia, le immagini di luce, aria, fluidità e apertura associate alla modernità civile. Il calcestruzzo definisce geometricamente i vani operativi, assorbe o devia l'impatto e riduce il rapporto con l'esterno a soglie selettive: ingresso protetto, camera di tiro, feritoia e campo di interdizione. Diventa la pietra artificiale della protezione e dell'offesa.

La qualità architettonica del bunker deriva da questa condensazione. Non nasce come spazio dell'abitare ordinario, ma come spazio minimo per il corpo, l'arma, l'osservazione e la protezione. È una cellula operativa più che una stanza; un involucro balistico più che un edificio; una soglia abitabile più che un interno domestico. La forma non discende da un principio compositivo autonomo, ma dalla

convergenza di prestazione, materia, posizione e minaccia. Da questa convergenza deriva anche la sua forza plastica: geometrie compatte, profili curvilinei, volumi inclinati o forme apparentemente scultoree traducono la necessità di resistere, occultarsi, aderire al terreno, proteggere l'arma e controllare il campo visuale. L'esito può apparire organico, aerodinamico o espressionista, ma è prodotto da un Disegno sottoposto alla precisione del calcolo e dell'organizzazione industriale. Riconoscerne il valore architettonico non significa separarne la forma dalla funzione bellica, ma comprendere come quella funzione abbia generato specifiche qualità spaziali e materiali.

Nel caso sardo, tale precisione non produce un'immagine univoca. Alle postazioni compatte e seriali si affiancano casematte deformate dalla configurazione del sito, opere interrate o aderenti alle variazioni di quota e manufatti mascherati da case, chiesette, depositi e costruzioni rurali. Queste differenze non contraddicono la razionalità militare, ma mostrano come modelli, economie di guerra, morfologia e strategie di occultamento concorrano alla definizione delle singole forme.

La forma funzionale eccede così la funzione che l'ha generata. Disattivato il dispositivo militare, rimangono masse, spessori, feritoie e volumi aderenti al terreno, la cui intensità plastica continua ad agire nell'immaginario architettonico. È questo scarto che la riflessione di Virilio sul bunker come oggetto della modernità rende visibile (Virilio, 1975/1994): nel relitto militare egli riconosce non soltanto una persistenza tecnica, ma una figura plastica e teorica capace di interrogare l'architettura successiva. In questa prospettiva, nell'architettura difensiva in calcestruzzo può essere individuato un embrione del brutalismo del secondo dopoguerra. La cultura brutalista rielabora entro programmi civili e religiosi condizioni che la necessità bellica aveva già portato all'estremo: massa, stereometria, compattezza, calcestruzzo a vista, rapporto con il suolo, resistenza e chiusura. Non si tratta della riproduzione di un modello militare, ma della trasformazione, entro altri usi e significati, di un medesimo potenziale spaziale e materiale.

Il caso della chiesa di Sainte-Bernadette-du-Banlay a Nevers (1963–1966), progettata da Claude Parent e Paul Virilio, rende esplicito questo passaggio. Il rapporto con i bunker rovesciati sulle spiagge dell'Atlantico non si limita alla somiglianza esteriore, ma investe principi spaziali e materiali: massa inclinata, continuità del calcestruzzo, instabilità del rapporto tra suolo e volume, critica della verticalità ordinaria ed esperienza fisica dello spazio. Il calcestruzzo non costituisce un semplice involucro, ma definisce insieme il corpo esterno dell'edificio e la superficie del suo spazio interno. Il bunker diventa così una memoria formale e teorica, non un modello da replicare. Il montaggio della fig. 2 estende il confronto, secondo una sequenza cronologica, dalle opere di Parent e Virilio a quelle di Böhm, Fisac, Atzeni e Farci.

Fra le architetture della guerra e quelle della pace affiora così una comunanza inattesa: entrambe costruiscono un interno separato e affidano alla soglia l'interruzione della continuità dello spazio e del tempo. Nel bunker, organizzato generalmente intorno a un ingresso principale protetto, lo spessore, l'ombra e la chiusura sospendono la percezione del tempo ordinario e la contraggono nell'attesa e nella minaccia. Nell'architettura sacra, la soglia introduce invece al tempo rituale della comunità. La distinzione formulata da Mircea Eliade tra sacro e profano chiarisce questo passaggio: la porta separa spazi qualitativamente differenti, mentre il rito immette in una temporalità ciclica, periodicamente rinnovata (Eliade, 1957/2013, pp. 21–22, 70). Lo stesso gesto spaziale — separare, proteggere, attraversare — apre così orizzonti opposti: guerra e pace, interdizione e accoglienza, isolamento difensivo e raccoglimento comunitario.

Il bunker rovescia, infine, uno dei compiti fondamentali dell'architettura: non organizza lo spazio per la vita, ma integra il corpo nel meccanismo della guerra. È progettato sulla misura dell'arma e dell'impatto più che su quella dell'abitare; impiega le tecniche avanzate della modernità per costruire uno spazio resistente e inospitale. Spinta all'estremo, la razionalità funzionale genera così una sorta di espressionismo rovesciato: una forma non concepita per esprimere acquista forza plastica attraverso lo spessore, la chiusura e la minaccia. Il bunker è architettura limite e la sua qualità architettonica non ne

attenua l'origine bellica, ma rende leggibile la contraddizione dalla quale prende avvio il problema della risignificazione.



Fig. 2 — Confronto tra architetture difensive e architetture religiose del secondo Novecento, articolato in quattro coppie. Per righe, dall'alto verso il basso e da sinistra a destra: bunker dello Sbarramento Catania; chiesa di Sainte-Bernadette-du-Banlay a Nevers (1963–1966), di Claude Parent e Paul Virilio; bunker a doppia casamatta circolare di Molentargius; Wallfahrtskirche Maria, Königin des Friedens a Neviges (1963–1968), di Gottfried Böhm; blockhaus-osservatorio d'Heuqueville, in Normandia, appartenente all'Atlantikwall; complesso parrocchiale di Santa Ana y Nuestra Señora de la Esperanza a Moratalaz, Madrid (1965–1971), di Miguel Fisac; bunker della Batterie Heerenduin a IJmuiden, nei Paesi Bassi, appartenente all'Atlantikwall; chiesa di San Sebastiano a Cagliari (1973–1995), di Marco Atzeni e Jolao Farci. Fotografie, nel medesimo ordine: Giancarlo Sanna; Marc Gibért; Gabriella Serri; Maria de la Paz; Guillaume Lefebvre; Justo Oliva Meyer; Arwin Meijer, Wikimedia Commons, licenza CC BY-SA 3.0; Giancarlo Sanna.

8.5 — Risignificare senza pacificare

Risignificare il bunker non significa addolcirne l'origine, trasformarlo in rovina pittoresca o convertirlo in oggetto neutro di fruizione. Significa costruire le condizioni perché la sua permanenza materiale produca consapevolezza sulla guerra, sul territorio e sulle forme attraverso cui il paesaggio conserva ciò che la memoria pubblica tende a rimuovere. Il bunker può essere inteso, in questo senso, come memento: non monumento celebrativo o reliquia eroica, ma presenza che obbliga a ricordare senza rendere semplice il ricordo. La sua origine non può essere dissolta nella qualità formale, nella curiosità tecnica o nella potenzialità paesaggistica. Non rappresenta la guerra: ne è una delle forme operative.

Nel caso sardo, questa memoria non si fonda sul racconto di una grande battaglia combattuta sulle spiagge dell'isola, ma sulla materialità di una guerra predisposta, temuta e organizzata, rimasta in larga parte allo stato di possibilità. Le opere rinviano a una condizione prolungata di allerta, preparazione e controllo: sono memoria dell'attesa e della soglia tra evento e possibilità. A questa condizione appartengono anche le assenze. Demolizioni, trasformazioni e interramenti compongono lo stesso paesaggio delle permanenze materiali; fonti, confronti diacronici e discontinuità territoriali consentono di riconoscere ciò che non è più visibile, evitando che alla scomparsa fisica segua una seconda cancellazione, storica e culturale.

Il bunker rimane perciò un patrimonio difficile: troppo recente per essere immediatamente percepito come archeologia, troppo tecnico per essere riconosciuto come monumento, troppo seriale per essere considerato eccezionale e troppo legato alla guerra per entrare senza resistenze nel patrimonio ordinario. La sua risignificazione deve evitare due derive opposte. La prima è la rimozione, che lo consegna all'indifferenza e alla distruzione lenta; la seconda è la spettacolarizzazione, che lo trasforma in attrazione bellica, icona fotografica o esperienza separata dalla conoscenza storica e territoriale. Fra queste due possibilità, la mediazione deve conservarne la difficoltà senza renderlo inaccessibile, sottraendolo tanto all'oblio quanto alla fascinazione.

Si produce così una sorta di contrappasso critico. Ciò che era stato costruito per difendere e colpire può oggi obbligare a comprendere; ciò che riduceva il paesaggio a settore di tiro può restituirne la complessità; ciò che nasceva per sottrarsi allo sguardo può diventare esercizio di riconoscimento. Questa inversione non cancella la funzione originaria, ma la rende nuovamente interrogabile. Il bunker non diventa patrimonio perché perde la propria origine bellica, ma perché quella origine continua a porre domande al presente.

Il riferimento alla *bunker mentality* precisa la portata di questo rovesciamento. Il bunker non è soltanto una forma materiale, ma anche una metafora della chiusura, della difesa e della perdita di contatto con l'esterno. Bennett ha mostrato come la sua forza simbolica derivi dall'intreccio fra metafora e materialità: il luogo fisico della protezione diventa immagine mentale del ritiro, della separazione e della paranoia organizzativa (Bennett, 2011). La disattivazione militare non esaurisce quindi l'azione del bunker, che continua a produrre immagini della paura e forme di separazione fra interno ed esterno.

La feritoia concentra emblematicamente l'inversione percettiva operata dalla ricerca. Nel funzionamento originario riduceva il mondo a settore di tiro, selezionava la porzione di paesaggio utile al controllo e trasformava la vista in dispositivo di difesa o di offesa. Diventa ora uno strumento diagnostico: permette di ricostruire orientamenti, campi visuali, coperture reciproche e logiche di presidio. Ciò che era stato progettato per restringere lo sguardo consente di riaprire la lettura del territorio. La feritoia non è più soltanto il punto dal quale si mirava, ma quello dal quale comprendere perché il bunker occupasse una determinata posizione, verso che cosa guardasse e quale parte del paesaggio fosse chiamato a controllare. La fig. 3 sintetizza questo passaggio accostando la compressione dello spazio interno alla riapertura dell'orizzonte costiero.



Fig. 3 — Dall'interno del bunker al paesaggio costiero: la feritoia come dispositivo di selezione dello sguardo e la riapertura percettiva dell'orizzonte. Fotografie dell'autore.

Nel quadro della risignificazione, il Disegno e l'Atlante agiscono come strumenti di mediazione. Rendono osservabile il bunker, ne ricostruiscono le relazioni e ne traducono la complessità in forme accessibili tanto agli specialisti quanto a un pubblico più ampio. Non sostituiscono l'esperienza dei luoghi né ricompongono artificialmente ciò che è andato perduto, ma restituiscono riconoscibilità a un patrimonio marginale e consentono alla sua storia di entrare nell'immaginario e nel discorso pubblico. La rappresentazione costruisce così un accesso alla conoscenza senza trasformare la durezza dell'oggetto in immagine rassicurante.

La risignificazione richiede, infine, una distanza critica: non per sottrarsi all'oggetto, ma per sottrarsi alla posizione che esso impone. Comprendere una forma costruita per chiudere e restringere lo sguardo significa anche osservarla da fuori, ricollocandola nella storia e nel paesaggio che l'hanno prodotta. Nel *Racconto dell'isola sconosciuta*, José Saramago ricorda che «bisogna allontanarsi dall'isola per vedere l'isola» (Saramago, 1998, p. 28).

8.6 — Oltre la tesi: trasferimento delle conoscenze e nuove direzioni di ricerca

La relazione pubblica con questo patrimonio non si esaurisce con la conclusione della tesi. Il sistema di conoscenza elaborato costituisce la base per rendere progressivamente accessibili i risultati della ricerca alla comunità scientifica, alle amministrazioni, alle associazioni, alle comunità locali e a un pubblico più ampio. Il trasferimento prosegue così l'impostazione che ha guidato il lavoro: restituire riconoscibilità a un patrimonio disperso, ricomporne le relazioni territoriali e tradurne la complessità attraverso strumenti e linguaggi differenti.

Un primo sviluppo riguarderà l'apertura al pubblico della banca dati georeferenziata. La struttura informativa è già organizzata nei suoi campi, nelle gerarchie e nelle relazioni fra manufatti, raggruppamenti difensivi, settori, fonti, immagini e rappresentazioni; il passaggio successivo consisterà nella sua traduzione in un'interfaccia web interrogabile e progressivamente aggiornabile. Alla consultazione potrà affiancarsi una dimensione partecipativa, attraverso la quale utenti, associazioni e comunità locali potranno segnalare opere e condividere documenti, fotografie d'epoca e testimonianze. La banca dati potrà così continuare a svilupparsi oltre il perimetro temporale della tesi, facendo convergere ricerca scientifica e conoscenze diffuse nella costruzione di una memoria territoriale condivisa.

I risultati saranno inoltre discussi attraverso convegni e contributi destinati a riviste scientifiche internazionali di alto profilo. Alcuni nuclei trasversali — la lettura territoriale della difesa costiera sarda, la costruzione della banca dati, il protocollo di documentazione e rappresentazione, la classificazione tipologica, il confronto mediterraneo e i criteri di valorizzazione — potranno essere sviluppati come temi autonomi. A questi si affiancheranno approfondimenti dedicati a specifici capisaldi, batterie e complessi difensivi già indagati nella tesi, ma non ancora oggetto di pubblicazioni monografiche. Il

confronto scientifico permetterà di consolidare il caso sardo nel dibattito internazionale sulle architetture militari del XX secolo e di verificare gli strumenti elaborati rispetto ad altri contesti costieri e insulari.

Una prima monografia avrà carattere tecnico-territoriale e sarà rivolta anche alle amministrazioni e agli enti impegnati nella conoscenza, nella tutela e nella valorizzazione del patrimonio. Il volume potrà ricomporre le aree geografico-militari della Sardegna, la struttura del censimento, l'organizzazione dei sistemi difensivi e la classificazione tipologica delle opere, traducendo i risultati della ricerca in criteri utili ai processi di protezione e patrimonializzazione, alla costruzione di itinerari culturali e alla definizione di strategie territoriali. La banca dati, il GIS e l'Atlante costituiranno la base di un'opera orientata non alla semplice raccolta dei manufatti, ma alla comprensione delle relazioni che li legano fra loro e ai paesaggi nei quali permangono.

Una seconda monografia sarà rivolta a un pubblico più ampio e assumerà un carattere prevalentemente critico e visuale. Il bunker vi sarà interrogato attraverso alcune delle tensioni che ne definiscono la singolarità: la massa e la cavità, la corazza e l'abitacolo, la geometria militare e la continuità del paesaggio, la feritoia e l'orizzonte, il camouflage e la riemersione, la modernità tecnica e la rovina. Queste opposizioni non costituiscono un repertorio puramente formale, ma differenti accessi alla relazione tra materia, spazio, corpo, funzione e memoria. Disegni, fotografie e rappresentazioni ibride potranno costruire un racconto capace di restituire la forza plastica e percettiva del bunker senza separarla dalla sua origine bellica e dalla dissonanza che continua ad accompagnarne la presenza.

La produzione visuale confluirà inoltre in un programma espositivo itinerante, destinato a raggiungere differenti città della Sardegna e aperto a successive occasioni di confronto in altre sedi mediterranee. Il nucleo della mostra sarà costituito dai disegni e dagli elaborati del protocollo dotati di maggiore autonomia percettiva e narrativa: rappresentazioni paesaggistiche, viste dalla feritoia, sequenze visuali, composizioni fotografiche e restituzioni ibride capaci di attraversare le diverse scale del bunker, dall'esperienza interna alla rete territoriale. Fonti e materiali documentari accompagneranno il percorso come supporto alla lettura, mentre la ricerca artistica potrà sviluppare i temi cardine che definiscono il bunker. L'esposizione diventerà così uno spazio di incontro tra precisione conoscitiva e interpretazione visuale, rendendo comunicabili aspetti che la sola descrizione testuale non restituirebbe con la stessa immediatezza.

Su un orizzonte più lungo, il campo analogico aperto dal confronto fra bunker e architettura del secondo Novecento potrà svilupparsi in una ricerca sulle culture del calcestruzzo e sul brutalismo. Nell'architettura difensiva della Seconda guerra mondiale può, in una certa misura, essere riconosciuto l'embrione di caratteri che avrebbero trovato successive elaborazioni entro programmi civili e religiosi. Il bunker resterà il centro della ricerca, ma potrà diventare anche una soglia attraverso cui interrogare una più ampia cultura architettonica del calcestruzzo.

Queste prospettive indicano le direzioni attraverso cui il lavoro potrà continuare a essere verificato, condiviso e restituito ai territori. La conoscenza prodotta acquista così senso nella possibilità di mettere nuovamente in relazione luoghi, documenti, rappresentazioni e comunità, mantenendo aperte le domande poste da un patrimonio testardo nella materia e ancora opaco nella coscienza collettiva.

Studiare il bunker significa anche uscire dal bunker.



A. Fonti e bibliografia

A.1 — Archivi e fondi documentari

A.1.1 — Archivi e uffici storici istituzionali

Archivio Centrale dello Stato. Roma. https://acs.cultura.gov.it

Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito — AUSSME. Roma. https://www.esercito.difesa.it/storia/ufficio-storico-sme/archivio/93898.html

Archivio General de la Administración — AGA. Alcalá de Henares. https://www.cultura.gob.es/cultura/areas/archivos/mc/archivos/aga/portada.html

Archivio Generale della Marina Spagnola "Álvaro de Bazán" — Archivo-Museo "Don Álvaro de Bazán". Viso del Marqués. https://patrimoniocultural.defensa.gob.es/es/centros/museo-alvaro-bazan/portada

Archivio General Militar de Ávila. Ávila. https://patrimoniocultural.defensa.gob.es/es/centros/archivo-general-avila/portada

Archivio Storico Istituto Luce. Roma. https://www.archivioluce.com

Bundesarchiv — Invenio. Germania. https://www.bundesarchiv.de/en/research-our-records/research-archive-material/search-systems/invenio/

Istituto Storico e di Cultura dell'Arma del Genio — ISCAG. Roma. https://www.esercito.difesa.it/storia/musei/istituto-storico-e-di-cultura-dell-arma-del-genio/125226.html

National Archives and Records Administration — NARA. Washington, D.C. https://www.archives.gov

Service historique de la Défense — SHD. Vincennes. https://www.servicehistorique.sga.defense.gouv.fr

Ufficio Storico dell'Aeronautica Militare. Roma. https://www.aeronautica.difesa.it/home/storia-e-tradizione/ufficio-storico/

Ufficio Storico della Marina Militare. Roma. https://www.marina.difesa.it/cosa-facciamo/storia/ufficiostorico/Pagine/default.aspx

Ufficio Storico dello Stato Maggiore della Difesa. Roma. https://www.difesa.it/area-storica-html/index/26529.html

A.1.2 — Archivi territoriali e uffici tecnici locali

14° Reparto Infrastrutture dell'Esercito Italiano. Cagliari. https://www.esercito.difesa.it/organizzazione/capo-di-sme/14-reparto-infrastrutture/125414.html

Archivio di Stato di Cagliari. Cagliari. https://www.archiviostatocagliari.org

Archivio di Stato della Spezia. La Spezia. https://sias-archivi.cultura.gov.it/cgi-bin/pagina.pl?RicProgetto=as-laspezia

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Cagliari e le province di Oristano e Sud Sardegna. Cagliari. https://sabapca.cultura.gov.it

A.1.3 — Documenti archivistici registrati

Genio Militare. (1948a). *Opere di fortificazione e strade militari del Settore Militare di Cagliari–Selargius–Elmas* [Documento archivistico]. Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito (AUSSME), Roma.

Genio Militare. (1948b). *Opere di Fortificazione e Strade militari nel Settore di Arborea* [Documento d'archivio]. Archivio Documentale del XIV Reparto Infrastrutture, Esercito Italiano, Cagliari, Italia.

A.1.4 — Fondi privati, associativi e collezioni documentarie

Archivio privato AssFort Sardegna e collezioni documentarie associate. Sardegna. Materiali fotografici, cartografici, ricognitivi e bibliografici relativi alle fortificazioni militari della Seconda Guerra Mondiale in Sardegna.

Collezioni documentarie personali Carro–Grioni–Aresu e collaboratori. Sardegna. Materiali privati forniti o consultati per finalità di ricerca, con particolare riferimento a fotografie, mappe, rilievi, note ricognitive e pubblicazioni sulle fortificazioni sarde.

Grioni, D. (2001). *1940–43: Il Regio Esercito italiano e la Sardegna: Una difesa impossibile?* [Studio storico non pubblicato]. Collezione documentaria personale Carro–Grioni–Aresu.

A.1.5 — Strumenti di ricerca archivistica

National Archives and Records Administration. (s.d.). *Captured German and Related Records on Microfilm*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.archives.gov/research/captured-german-records

A.2 — Fonti normative, tecniche e documentarie

A.2.1 — Circolari e manualistica militare

Comando 5ª Armata, Ufficio Operazioni e Addestramento. (1943, 23 marzo). *Mascheramenti (n. 1426/Op. Add.)* [Disposizione militare; riproduzione documentaria su concessione dell'AUSSME].

Comando Supremo Militare. (1941, 24 ottobre). *Circolare 3 C.S.M.: Difesa delle frontiere marittime* [Circolare militare].

Ispettorato del Genio. (1942, 6 maggio). *Circolare n. 3700/S* [Circolare militare; riproduzione documentaria su concessione dell'AUSSME].

Ministero della Guerra. (1938, 3 ottobre). *Circolare n. 7000* [Circolare militare].

Ministero della Guerra, Ispettorato dell'Arma del Genio. (1942). *Manuale per gli ufficiali del Genio: Vol. I. Lavori del campo di battaglia*. Tipografia Luigi Rossetti fu Cajo.

Stato Maggiore del Regio Esercito. (1942, 5 dicembre). *Circolare n. 21.000* [Circolare militare].

U.S. War Department. (1944). *FM 5-15: Corps of Engineers field manual: Field fortifications*.

A.2.2 — Documenti tecnici, progettuali e amministrativi

Atlante delle Opere Fortificate. Introduzione e guida alla lettura dell'Atlante delle Fortificazioni. (s.d.). Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.viverelealpi.com/wp-content/uploads/2020/12/I-Introduzione-e-Guida-alla-lettura-dellAtlante-delle-Fortificazioni_IT.pdf

Del Real Baeza, P., & Baile Jiménez, A. (2018). *Proyecto Atolón. Carril bici. Tectónica*. Consultato l'8 giugno 2025, da https://pro-tectonica-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/santapola_1553246671.pdf

Elía García, S. (2025). *Líneas en el frente. Expresión gráfica, historia y territorio a partir de los croquis panorámicos realizados en Aragón durante la Guerra Civil española. RiuNet, Universitat Politècnica de València*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://riunet.upv.es/entities/publication/79539735-5fd8-4b6d-a66e-779c648c7742

HyperWar Foundation. (s.d.). *Handbook on German Military Forces: Chapter V, Fortifications and Defenses*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.ibiblio.org/hyperwar/Germany/HB/HB-5.html

Mójica Marhuenda, M. J. (Dir.). (2002–2007). Plan especial de protección de las Torres de la Huerta. Ayuntamiento de Alicante.

Perra, P. P., Abis, P., Dolce, G., Loche, A. A., Loche, G., Loi, L., Perra, M. F., Saba, A., Poddi, C., Calvisi, G. S., & Zucca, R. (2012). *Intervento di riqualificazione e messa in sicurezza del sistema difensivo militare nell'area di conservazione costiera di Is Mortorius nel Comune di Quartu Sant'Elena: Relazione descrittiva e tecnica del progetto esecutivo*. Agenzia Conservatoria delle Coste della Sardegna. https://www.sardegnaambiente.it/index.php?c=5699&c1=5699&catrif=4976&esito=0&id=32335&s=23&scaduti=0&tipodoc=1,3&v=9&va=&xsl=622

A.2.3 — Carte e linee guida patrimoniali

International Council on Monuments and Sites. (2021). ICOMOS guidelines on fortifications and military heritage. https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/AGA_202111_6-1_ICOMOS_Guidelines_Fortifications_MilitaryHeritage_2021_EN.pdf

The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage. (2003, 17 luglio). The Nizhny Tagil charter for the industrial heritage. https://ticcih.org/about/charter/

A.3 — Bibliografia generale

Abad Cortés, I. (2020). *Arquitectura defensiva de la Guerra Civil Española en la comarca del Alto Palancia: Estudio y catalogación de estructuras defensivas en Jérica para su conservación y puesta en valor* [Trabajo final de grado, Universitat Politècnica de València]. RiuNet. https://riunet.upv.es/entities/publication/19b8211e-983c-460f-ba07-90cc15c49e13

Albrecht, K. (2015). L'illuminazione notturna: Strumento per ridisegnare l'architettura (A. Ruchat, Trans.). *Archi*, (3), 37–41.

Álvarez, J. E. (1999). Between Gallipoli and D-Day: Alhucemas, 1925. *The Journal of Military History, 63*(1), 75–98. https://doi.org/10.2307/120334

Amoroso, N. (Ed.). (2016). *Representing landscapes: Hybrid*. Routledge.

Amoruso, G. (2010). Drawing & design for cultural heritage. *DISEGNARECON, 3*(6), 123–130. https://doi.org/10.6092/issn.1828-5961/2088

Aresu, M., Carro, G., & Grioni, D. (2009). *Cemento armato: Bunker-archeologia nel territorio di Quartu Sant'Elena. Patrimonio storico da tutelare e valorizzare*. ASSFORT Sardegna; Alisea.

Arnheim, R. (1974). *Arte e percezione visiva*. Feltrinelli.

Ashworth, T. (1980). *Trench warfare, 1914–1918: The live and let live system*. Macmillan.

Atanasio Guisado, A. (2017). *Arquitectura defensiva del siglo XX en el Campo de Gibraltar: Implantación territorial, análisis tipológico y valor patrimonial de los búnkeres* [Tesi di dottorato, Universidad de Sevilla]. idUS. https://hdl.handle.net/11441/71055

Avrami, E. C., Mason, R., & de la Torre, M. (2000). *Values and heritage conservation: Research report*. Getty Conservation Institute. http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/values_heritage_research_report

Barjot, D. (1992). L'industrie française des travaux publics (1940–1945). *Histoire, économie & société, 11*(3), 415–436. https://doi.org/10.3406/hes.1992.1641

Bassanelli, M. (2011). Museography for archaeological landscape of conflicts [La museografia per il paesaggio archeologico dei conflitti]. In M. Bassanelli & G. Postiglione (Eds.), *The Atlantikwall as military archeological landscape* (pp. 11–24). LetteraVentidue.

Bassanelli, M., & Postiglione, G. (a cura di). (2011). *The Atlantikwall as military archaeological landscape: L'Atlantikwall come paesaggio di archeologia militare*. LetteraVentidue.

Behrens, R. R. (2002). *False colors: Art, design, and modern camouflage*. Bobolink Books.

Behrens, R. R. (2009). *Camoupedia: A compendium of research on art, architecture, and camouflage*. Bobolink Books.

Bennett, L. (2011). The bunker: Metaphor, materiality and management. *Culture and Organization, 17*(2), 155–173. https://doi.org/10.1080/14759551.2011.544894

Bernasconi, A., & Muran, G. (2009). *Il testimone di cemento: Le fortificazioni del "Vallo Alpino Littorio" in Cadore, Carnia e Tarvisiano*. La Nuova Base Editrice.

Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics: Diagrams, networks, maps* (W. J. Berg, Trans.). University of Wisconsin Press. (Original work published 1967)

Bertocci, S. (2004). David Roberts a Petra: Il disegno e la scoperta di un luogo. *Firenze Architettura*, (1), 110–117.

Bertocci, S., & Bini, M. (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. CittàStudi.

Bettetini, G. (1991). *La simulazione visiva: Inganno, finzione, poesia, computer graphics*. Bompiani.

Blackler, A. (2022). Communication and the role of the medieval tower in Greece: A re-appraisal. *The Annual of the British School at Athens, 117*, 393–414. https://doi.org/10.1017/S0068245422000119

Boglione, M. (2012). *L'Italia murata: Bunker, linee fortificate e sistemi difensivi dagli anni Trenta al secondo dopoguerra*. Blu Edizioni.

Brusatin, M. (1983). *Storia dei colori*. Einaudi.

Bull, S. (2002). *World War I trench warfare (1): 1914–16*. Osprey Publishing.

Cabezas Sánchez, A. (2013). *La defensa de la costa a Catalunya durant la Guerra Civil (1936–1939)* [Tesi di dottorato, Universitat de Barcelona]. Tesis Doctorals en Xarxa. https://hdl.handle.net/10803/129446

Calanca, B. (2019). *Il cammino delle fortificazioni: La Piazzaforte di La Maddalena*. Carlo Delfino Editore.

Caldarone, A., Empler, T., Felli, R. E., Ferrari, M., & Giusti, G. (2024). *L'isola d'Elba nella II guerra mondiale: Studi e riflessioni a 80 anni dallo sbarco del 17 giugno 1944*. DEI–Tipografia del Genio Civile.

Caniglia, M. R. (2024). Il sistema difensivo delle casematte in Calabria negli anni quaranta del Novecento: I silenziosi avamposti del promontorio di Punta Alice. In G. Islami & D. Veizaj (Eds.), *Defensive architecture of the Mediterranean* (Vol. XVI, pp. 37–44). Universiteti Politeknik i Tiranës; edUPV. https://doi.org/10.4995/Fortmed2024.2024.17907

Cappellano, F. (2010). Difese costiere (parti 1–2). *Storia Militare*, 204, 35–47; 205, 19–28.

Cardia, M. (2007). *La Sardegna nella strategia mediterranea degli Alleati durante la Seconda guerra mondiale: I piani di conquista (1940–1943)*. CUEC Editrice.

Carro, G., & Grioni, D. (2001). *L'arco di contenimento di Quartu Sant'Elena: Fortificazioni della Seconda guerra mondiale in Sardegna*. Press Color.

Carro, G., & Grioni, D. (2015). Sistemi difensivi nella Sardegna del Novecento. In D. R. Fiorino & M. Pintus (Eds.), *Verso un atlante dei sistemi difensivi della Sardegna* (pp. 189–200). Giannini Editore.

Carro, G., & Grioni, D. (2016). Le fortificazioni antisbarco in Sardegna 1940–43. In M. A. Breda & G. Padovan (Eds.), *Luoghi e architetture del secondo conflitto mondiale: 1939–1945. Sistemi difensivi e cemento armato: Archeologia, architettura e progettazione per il riuso* (pp. 183–200). BAR Publishing.

Cassatella, C. (2014). *Linee guida per l'analisi, la tutela e la valorizzazione degli aspetti scenico-percettivi del paesaggio* [Rapporto di ricerca]. Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo; Regione Piemonte; Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico e Università di Torino. https://iris.polito.it/handle/11583/2543335

Cassatella, C., & Guerreschi, P. (2013). Analisi di visibilità per la tutela e la pianificazione del paesaggio: Sperimentazione sul caso studio di Torino. In *Atti della 17ª Conferenza Nazionale ASITA* (pp. 403–410). ASITA. https://atti.asita.it/ASITA2013/Pdf/076.pdf

Cassi Ramelli, A. (1964). *Dalle caverne ai rifugi blindati: Trenta secoli di architettura militare*. Nuova Accademia Editrice.

Chiavoni, E. (2022). Colouring in architecture: Problems involving nocturnal representation. In A. Siniscalco (Ed.), *Colour and colorimetry: Multidisciplinary contributions* (Vol. 17A, pp. 152–159). Gruppo del Colore – Associazione Italiana Colore. https://doi.org/10.23738/RCASB.006

Chiavoni, E., Pettoello, G., & Diacodimitri, A. (2018). La rappresentazione notturna della città. In E. Bombassei, H. Lucero, & F. Capellari (Eds.), *Campos, umbrales y poéticas del dibujo: Libro de actas y de resúmenes del VII Congreso Internacional y XV Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Carreras Afines* (pp. 300–307). UniRío Editora.

Chiavoni, E., & Tacchi, G. L. (2014). Il colore per documentare: Metodologie integrate per il disegno nel processo di conoscenza e comunicazione dei beni culturali. In H. C. Lomonaco & S. Barba (Eds.), *EGraFIA 2014: Revisiones del futuro, previsiones del pasado* (pp. 646–653). CUES Editorial & FLASHBAY.

Cianci, M. G. (2008). *La rappresentazione del paesaggio: Metodi, strumenti e procedure per l'analisi e la rappresentazione*. Alinea.

Clerici, C. A. (1996). *Le difese costiere italiane nelle due guerre mondiali*. Albertelli.

Cobos Guerra, F., García Bernabé, A., & Cobos Averturo, M. (2025). Seminario web *Fortificación y paisaje*. La reformulación del concepto de «Entorno de Protección»: Contenido y conclusiones. *Informes y Trabajos: Excavaciones en el Exterior*, (24), 47–72.

Cocroft, W., & Schofield, J. (Eds.). (2007). *A fearsome heritage: Diverse legacies of the Cold War*. Left Coast Press.

Cohen, J.-L. (2011). *Architecture in uniform: Designing and building for the Second World War*. Yale University Press.

Colavitti, A. M. (2019). *ISOS – ISOle Sostenibili: Linee guida per il recupero e la valorizzazione delle architetture militari delle piccole isole del Mediterraneo / Lignes directrices pour la récupération et la mise en valeur de l'architecture militaire des petites îles méditerranéennes*. Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura.

Corboz, A. (1985). Il territorio come palinsesto. *Casabella*, (516), 22–27.

Corner, J. (1999). The agency of mapping: Speculation, critique and invention. In D. Cosgrove (Ed.), *Mappings* (pp. 213–252). Reaktion Books.

Corner, J., & MacLean, A. S. (1996). *Taking measures across the American landscape*. Yale University Press.

Cott, H. B. (1940). *Adaptive coloration in animals*. Methuen.

Crary, J. (1990). *Techniques of the observer: On vision and modernity in the nineteenth century*. MIT Press.

De Luca, L. (2014). Methods, formalisms and tools for the semantic-based surveying and representation of architectural heritage. *Applied Geomatics, 6*(2), 115–139. https://doi.org/10.1007/s12518-011-0076-7

De Rubertis, R. (2002). *Il disegno dell'architettura*. Carocci.

Deidda, M., Musa, C., & Vacca, G. (2015). A GIS of Sardinia's coastal defense system (XVI–XVIII century). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-4/W7*, 17–22. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-4-W7-17-2015

DeSilvey, C. (2017). *Curated decay: Heritage beyond saving*. University of Minnesota Press. https://doi.org/10.5749/9781452953717

Dick, C. (2020). *Builders of the Third Reich: The Organisation Todt and Nazi forced labour*. Bloomsbury Academic.

Díez Pomares, G. (2016). Los bombardeos italianos sobre el País Valenciano durante la Guerra Civil española: un estudio fotográfico. *Pasado y Memoria. Revista de Historia Contemporánea*, 15, 181–202. https://doi.org/10.14198/PASADO2016.15.07

Docci, M., & Chiavoni, E. (2017). *Saper leggere l'architettura*. Laterza.

Docci, M., Chiavoni, E., & Filippa, M. (Eds.). (2011). *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Gangemi Editore.

Docci, M., & Maestri, D. (1987). *Il rilevamento architettonico: Storia, metodi e disegno*. Laterza.

Dolff-Bonekämper, G. (2008). Sites of memory and sites of discord: Historic monuments as a medium for discussing conflict in Europe. In G. Fairclough, R. Harrison, J. H. Jameson Jr., & J. Schofield (Eds.), *The heritage reader* (pp. 134–138). Routledge.

Drugman, F. (2003). *Idea per un progetto di museo lungo il Trebbia [Ideas for a museum project along the Trebbia]*. Tip.Le.Co.

Duffy, C. (1975). *Fire and stone: The science of fortress warfare, 1660–1860*. David & Charles.

Duffy, C. (1985). *The fortress in the age of Vauban and Frederick the Great, 1660–1789*. Routledge & Kegan Paul.

Duffy, C. (2023). *Fire and stone: The science of fortress warfare, 1660–1860*. Casemate.

Dykstra, B. D. (2014). *"The men have learnt at last to dig and burrow like rabbits": Entrenchment, field fortifications, and the learning process in the British Expeditionary Force, 1914–15* [Tesi di master, University of Calgary]. PRISM: University of Calgary's Digital Repository.

Eliade, M. (2013). *Il sacro e il profano* (E. Fadini, Trad.). Bollati Boringhieri. (Opera originale pubblicata nel 1957).

Emmons, P., Feuerstein, M., & Dayer, C. (Eds.). (2016). *Confabulations: Storytelling in architecture*. Routledge.

Empler, T., & Caldarone, A. (2025). L'isola d'Elba nella Seconda guerra mondiale: Studi e riflessioni a 80 anni dallo sbarco del 17 giugno 1944. In O. Zerlenga & V. Cirillo (Eds.), *Defensive architecture of the Mediterranean* (Vol. XX, pp. 1029–1036). Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli; edUPV. https://doi.org/10.4995/Fortmed2025.2025.20355

Evans, R. (1995). *The projective cast: Architecture and its three geometries*. MIT Press.

Fara, A. (1992). *La città da guerra: Nell'Europa moderna*. Einaudi.

Faucherre, N., & Descales, B. (2017). "SUDWALL": History of the Mediterranean wall. In V. Echarri Iribarren (Ed.), *Defensive architecture of the Mediterranean: XV to XVIII centuries* (Vol. V, pp. XXXIX–L). Publicacions Universitat d'Alacant.

Fernández Guirao, F. J. (2011). La arquitectura militar de la Guerra Civil en Murcia. In P. E. Collado Espejo & J. A. Melgares Guerrero (Eds.), *XXII Jornadas del Patrimonio Cultural de la Región de Murcia* (pp. 313–322). Ediciones Tres Fronteras; Consejería de Cultura y Turismo. http://hdl.handle.net/10317/8810

Ferrari, D. (1988). La difesa delle coste italiane nella Seconda guerra mondiale. In *Studi storico-militari 1987* (pp. 109–135). Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito.

Fiorino, D. R. (Ed.). (2018). *Military landscapes: Scenari per il futuro del patrimonio militare*. Skira.

Fletcher, M. (2021). *Visual communication for architects and designers: Constructing the persuasive presentation*. Routledge.

Fois, F. (1981). *Torri spagnole e forti piemontesi in Sardegna: Contributo alla storia dell'architettura militare*. La Voce Sarda.

Frascari, M. (1991). *Monsters of architecture: Anthropomorphism in architectural theory*. Rowman & Littlefield.

Galligani, R., & Almaviva, M. (2020). *Lo sbarco che mai avvenne: Il sistema fortificato di Alghero e Porto Ferro nella Seconda guerra mondiale*. Bertoni Editore.

Galon, D. (2016). Τα Ναυτικά Οχυρά Αιγίνης [Le fortificazioni navali di Egina]. *Ναυτική Επιθεώρηση, 176*(594), 12–31.

Gamelin, P. (1974). *Le mur de l'Atlantique: Les blockhaus de l'illusoire*. Daniel & Cie.

Giannattasio, C., Grillo, S. M., & Murru, S. (2017). *Il sistema di torri costiere della Sardegna (XVI–XVII sec.): Forma, materia, tecniche murarie*. L'Erma di Bretschneider.

Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.

Gil Hernández, E. R. (2017). La fortificación del territorio en el Levante peninsular durante la Guerra Civil española. *Otarq*, 2, 77–90. https://doi.org/10.23914/otarq.v0i2.108

Grioni, D., & Carro, G. (2014). *Fortini di Sardegna 1940–1943: Storia di un patrimonio da salvaguardare e valorizzare*. Edizioni Grafica del Parteolla.

Groß, M., Rohde, H., & Rolf, R. (1998). *Der Westwall*. Rheinland-Verlag.

Groß, M., Rohde, H., Rolf, R., & Wegener, W. (1997). *Der Westwall: Vom Denkmalwert des Unerfreulichen*. Rheinland-Verlag.

Haraway, D. (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies, 14*(3), 575–599. https://doi.org/10.2307/3178066

Holland, J. (1988). *The Aegean mission: Allied operations in the Dodecanese, 1943* [La missione nell'Egeo: le operazioni alleate nel Dodecaneso, 1943]. Praeger.

Hughes, B., & Issaias, P. (2023). Rationalising violence: Leros [Razionalizzare la violenza: Leros]. *The Journal of Architecture, 28*(7), 1239–1267. https://doi.org/10.1080/13602365.2024.2309902

Hughes, Q. (1991). *Military architecture*. Yale University Press.

Ingold, T. (1993). The temporality of the landscape. *World Archaeology, 25*(2), 152–174. https://doi.org/10.1080/00438243.1993.9980235

Ingold, T. (2007). *Lines: A brief history*. Routledge.

Ingold, T. (2011). *Being alive: Essays on movement, knowledge and description*. Routledge.

Iorio, A. (2021). Une machine à émouvoir: Bunker e/è architettura. *La Rivista di Engramma*, (185), 173–186. https://doi.org/10.25432/1826-901X/2021.185.0006

Itten, J. (1992). *Arte del colore: Esperienza soggettiva e conoscenza oggettiva come vie per l'arte*. Il Saggiatore.

Kapur, N. (2020). On fortification: Military architecture, geometric power, and defensive design. *Log, 50*, 151–168.

Kaufmann, J. E., & Kaufmann, H. W. (2001). *The medieval fortress: Castles, forts, and walled cities of the Middle Ages*. Da Capo Press.

Kaufmann, J. E., & Kaufmann, H. W. (2014). *The forts and fortifications of Europe, 1815–1945: The neutral states, Britain, and Scandinavia*. Pen & Sword Military.

Kaufmann, J. E., Kaufmann, H. W., & Idzikowski, T. (2005). *Fortress France: The Maginot Line and French defenses in World War II*. Praeger Security International.

Kaufmann, J. E., Kaufmann, H. W., Jankovic-Potocnik, A., & Tonic, V. (2011). *The Atlantic Wall: History and guide*. Pen & Sword Military.

Kaufmann, J. E., Kaufmann, H. W., & Jurga, R. M. (2003). *Fortress Third Reich: German fortifications and defense systems in World War II*. Da Capo Press.

Kessler, M. (2000). *El paisaje y su sombra*. Idea Books. (Original work published 1999)

Kier, E. (1995). Culture and military doctrine: France between the wars. *International Security, 19*(4), 65–93. https://doi.org/10.2307/2539120

Koschmieder, H. (1924). Theorie der horizontalen Sichtweite. *Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre, 12*, 33–55.

Langins, J. (2004). *Conserving the Enlightenment: French military engineering from Vauban to the Revolution*. MIT Press.

Lasserre, F., Arapi, E., & Bennett, M. (2022). Bunker mentalities: The shifting imaginaries of Albania's fortified landscape [Mentalità del bunker: le trasformazioni dell'immaginario del paesaggio fortificato albanese]. *Borders in Globalization Review, 3*(2), 66–76. https://doi.org/10.18357/bigr32202220783

Lassus, B. (2012). Il paesaggio. In M. Biraghi & A. Ferlenga (Eds.), *Architettura del Novecento: Teorie, scuole, eventi* (Vol. 1, p. 671). Einaudi.

Latour, B. (1986). Visualisation and cognition: Drawing things together. *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present, 6*, 1–40.

Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.

Lennon, J., & Foley, M. (2000). *Dark tourism: The attraction of death and disaster*. Continuum.

Logan, W., & Reeves, K. (Eds.). (2009). *Places of pain and shame: Dealing with "difficult heritage"*. Routledge.

Lowenthal, D. (2015). *The past is a foreign country – revisited*. Cambridge University Press.

Lupfer, T. T. (1981). *The dynamics of doctrine: The changes in German tactical doctrine during the First World War* (Leavenworth Papers No. 4). Combat Studies Institute, U.S. Army Command and General Staff College.

Lynn, J. A. (1997). *Giant of the Grand Siècle: The French Army, 1610–1715*. Cambridge University Press.

Macdonald, S. (2009). *Difficult heritage: Negotiating the Nazi past in Nuremberg and beyond.* Routledge.

Maestri, D. (2009). *Arborario grafico*. Aracne.

Maguolo, M. (2021). Decriptare il bunker: "Bunker archéologie" di Paul Virilio, Paris dicembre 1975–febbraio 1976. *La Rivista di Engramma, 185*, 16–60. https://doi.org/10.25432/1826-901X/2021.185.0003

Malatesta, L. (2016). La difesa costiera della Sicilia nella 2ª guerra mondiale: La Piazzaforte di Augusta. In M. A. Breda & G. Padovan (Eds.), *Luoghi e architetture del secondo conflitto mondiale: 1939–1945. Sistemi difensivi e cemento armato: Archeologia, architettura e progettazione per il riuso* (pp. 273–299; BAR International Series 2805). BAR Publishing. https://doi.org/10.30861/9781407315188

Mallory, K., & Ottar, A. (1973). *Architecture of aggression*. Architectural Press.

Manganaro, M. (2011). *Rappresentare l'acqua: Pozzi, cave, ponti, fontane, cieli*. Iiriti Editore.

Marcon, T. (2006). *Augusta 1940–43: La piazzaforte, la città*. Ermanno Albertelli Editore.

Mariotti, C., Ugolini, A., & Zampini, A. (2018). I bunker tedeschi a difesa della Linea Galla Placidia. Conservare un patrimonio dimenticato. *ArcHistoR, 9*, 148–193. https://doi.org/10.14633/AHR067

Mariotti, C., Ugolini, A., & Zampini, A. (2019). Discovering and preserving the military landscape: ICT for the German bunkers of the Galla Placidia Line. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W11*, 815–822. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-815-2019

Mariotti, C., Zampini, A., & Ugolini, A. (2022). Progetto Linea Galla Placidia: valorizzare un patrimonio dissonante. *Recupero e Conservazione, 169*, 62–67. https://www.recmagazine.it/rec-magazine/169.html

Martínez-Medina, A. (2025). El Muro del Mediterráneo en el siglo XX. In O. Zerlenga & V. Cirillo (Eds.), *Defensive architecture of the Mediterranean* (Vol. XVIII, pp. XLI–LIV). DADI_Press; edUPV. https://doi.org/10.4995/Fortmed2025.2025.20460

Martínez-Medina, A., Banyuls i Pérez, A., & Pirinu, A. (2020). El “Muro Mediterráneo” en el territorio de la Marina Alta: Búnkeres y baterías de la Guerra de España (1936–1939). In J. Navarro Palazón & L. J. García-Pulido (Eds.), *Defensive Architecture of the Mediterranean*, Vol. XII (pp. 1263–1270). Universidad de Granada; Universitat Politècnica de València; Patronato de la Alhambra y Generalife. https://doi.org/10.4995/fortmed2020.2020.11338

Martínez-Medina, A. (Dir.). (2016). *Arquitecturas para la defensa de la costa Mediterránea (1936–1939): Catálogo de la exposición*. Universidad de Alicante. http://hdl.handle.net/10045/81287

Martínez-Medina, A., & Juan-Gutiérrez, P. J. (2015). Muro Mediterráneo: búnkeres y baterías para la defensa del litoral (1936–1939). In *Proceedings of the International Conference on Modern Age Fortifications of the Mediterranean Coast* (pp. 231–238). Universitat Politècnica de València. https://doi.org/10.4995/FORTMED2015.2015.1785

Martínez-Medina, A., Marco Molina, J. A., & Juan-Gutiérrez, P. J. (2019). Bunkers of the Spanish War: From the rearguard to the technical culture of the inter-war period. The case of Clot de Galvany. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W15*, 759–766. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-759-2019

Martínez-Medina, A., Morillas Álvarez, B. P., & Gil Delgado, D. (2015). Levantando las arquitecturas de las guerras en la costa del Mediterráneo (1936–1939). In L. M. Palmero Iglesias (Ed.), *Reuso 2015. III Congreso Internacional sobre Documentación, Conservación y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico y Paisajístico. Pósters. Universidad Politécnica de Valencia; Generalitat Valenciana*. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5044.2002

Martínez-Medina, A., & Pirinu, A. (2017). Di-segni nel paesaggio e tracce nella memoria: Le sentinelle delle guerre moderne del Mediterraneo. Una ricerca interdisciplinare tra Spagna e Sardegna. In G. Damiani & D. R. Fiorino (Eds.), *Military landscapes: Scenari per il futuro del patrimonio militare = A future for military heritage. An international overview event celebrating the 150th anniversary of the decommissioning of Italian fortresses* (pp. 190–191). Skira.

Martínez-Medina, A., & Pirinu, A. (2019). Tra la terra e il cielo: Architettura di guerra in Sardegna. Un paesaggio da conservare. *ArcHistoR: Architettura Storia Restauro / Architecture History Restoration, 6*(11), 88–125. https://doi.org/10.14633/AHR116

Martínez-Medina, A., & Sanjust, P. (2013). Muro Mediterráneo versus movimiento moderno. *[i2] Investigación e Innovación en Arquitectura y Territorio, 1*(1), 1–20. https://doi.org/10.14198/i2.2013.1.02

Martínez-Medina, A., & Sanjust, P. (2015). Il Muro Mediterraneo e l’architettura moderna: Il caso della Sardegna. In D. R. Fiorino & M. Pintus (a cura di), *Verso un atlante dei sistemi difensivi della Sardegna* (pp. 469–482). Giannini Editore; Istituto Italiano dei Castelli.

Martínez-Medina, A., Sanna, G., & Juan-Gutiérrez, P. J. (2026). The bunkers of Clot de Galvany, Mediterranean Wall, 1937–1938. In M. Russo & M. Acierno (a cura di), *Defensive Architecture of the Mediterranean* (Vol. XXIV, pp. 165–172). Sapienza Università Editrice; edUPV. https://doi.org/10.4995/Fortmed2026.2026.21493

Maughan, B. (1966). *Tobruk and El Alamein* [Tobruk ed El Alamein] (Australia in the War of 1939–1945, Series 1—Army, Vol. III). Australian War Memorial.

McCloud, S. (1993). *Understanding comics: The invisible art*. Kitchen Sink Press.

McGuire, R. (2014). *Here*. Pantheon Books.

Mele, G. (2000). *Torri e cannoni: La difesa costiera in Sardegna nell’età moderna*. EDES.

Merino del Río, R. (2024). *Criterios y método para un proyecto de itinerarios culturales: Restaurar el paisaje desde el patrimonio territorial*. Firenze University Press. https://doi.org/10.36253/979-12-215-0430-9

Merleau-Ponty, M. (2003). *Fenomenologia della percezione* (A. Bonomi, Trans.). Bompiani. (Original work published 1945)

Montaldo, G. (1992). *Le torri costiere della Sardegna*. Carlo Delfino.

Morlacchi, M. (2015). *Il colore della città: Il rilievo cromatico per la tutela della bellezza urbana*. Gangemi.

Mura, C., & Sanjust, P. (2016). Military fortifications of the XX century in Arborea, Sardinia: History, scenarios, perspectives. In G. Verdiani (Ed.), *Defensive architecture of the Mediterranean XV to XVIII centuries* (Vol. 4, pp. 397–404). Dipartimento di Architettura (DIDA), Università degli Studi di Firenze.

Myers, D., & Hansen, J. (2024). *Inventories and surveys for heritage management: Lessons for the digital age*. Getty Conservation Institute. https://www.getty.edu/publications/inventories-and-surveys/

Nakić, A. (2024). Historical and spatial analysis of Šibenik bunkers [Analisi storica e spaziale dei bunker di Šibenik]. In G. Islami & D. Veizaj (Eds.), *Defensive architecture of the Mediterranean* (Vol. XVII, pp. 491–496). Universiteti Politeknik i Tiranës; edUPV. https://doi.org/10.4995/Fortmed2024.2024.18079

Negri, A. (2016). *Catalogazione dei beni culturali in Italia: metodi, strumenti e cooperazione tra sistemi informativi per la gestione della conoscenza*. Revista CPC, 21 (speciale), 99–118. https://doi.org/10.11606/issn.1980-4466.v0iesp21p99-118

Norberg-Schulz, C. (1997). *Genius loci: Paesaggio, ambiente, architettura*. Electa.

Padovani, G. (2006a). I bunker dell’Atlantikwall nuovi testimoni di pace. *’ΑΝΑΓΚΗ, 47*, 62–71.

Padovani, G. (2011). L’Atlantik Wall, una breve descrizione. In M. Bassanelli & G. Postiglione (Eds.), *The Atlantikwall as military archaeological landscape / L’Atlantikwall come paesaggio di archeologia militare* (pp. 76–77). LetteraVentidue.

Pallasmaa, J. (2009). *The thinking hand: Existential and embodied wisdom in architecture*. John Wiley & Sons.

Pardela, Ł. (2022). The importance of seeking a win-win solution in shaping the vegetation of military heritage landscapes: The role of legibility, naturalness and user preference. *Landscape and Urban Planning, 221*, Article 104377. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104377

Pardela, Ł., & Kolouszek, S. (2013). Historical vegetation used as camouflage at Festung Breslau (Fortress Wrocław). *Landscape Architecture and Art, 3*(3), 62–70.

Parker, G. (1996). *The military revolution: Military innovation and the rise of the West, 1500–1800 (2nd ed.)*. Cambridge University Press.

Parrinello, S. (2023). Documentare una rotta culturale tra procedure di rappresentazione e di materializzazione del paesaggio / Documenting a cultural route through landscape representation and materialisation procedures. In M. Cannella, A. Garozzo, & S. Morena (Eds.), *Transizioni / Transitions. Attraversare Modulare Procedere / Cross Modulate Develop. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione / Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 1806–1823). FrancoAngeli. https://doi.org/10.3280/oa-1016-c379

Parrinello, S., Picchio, F., De Marco, R., & Dell'Amico, A. (2019). Documenting the cultural heritage routes: The creation of informative models of historical Russian churches on Upper Kama region. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W15*, 887–894. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-887-2019

Pérez-Gómez, A. (2006). *Built upon love: Architectural longing after ethics and aesthetics*. MIT Press.

Philpott, W. (2021, March 24). Warfare 1914–1918. In U. Daniel, P. Gatrell, O. Janz, H. Jones, J. Keene, A. Kramer, & B. Nasson (Eds.), *1914-1918-online: International encyclopedia of the First World War.* Freie Universität Berlin. https://doi.org/10.15463/ie1418.10172/1.1

Picciau, A. (2017). *Sistemi difensivi della Seconda guerra mondiale. Indagine conoscitiva nell'arco di contenimento del litorale di Quartu Sant'Elena* [Tesi di laurea non pubblicata]. Università degli Studi di Cagliari.

Pillosu, E. (1957). *Le torri litoranee in Sardegna*. Tipografia La Cartotecnica.

Pinotti, A., & Somaini, A. (2016). *Cultura visuale: Immagini, sguardi, media, dispositivi*. Einaudi.

Pirinu, A. (2013). *Il disegno dei baluardi cinquecenteschi nell'opera dei fratelli Paleari Fratino. Le piazzeforti della Sardegna*. All'Insegna del Giglio. https://hdl.handle.net/11584/78142

Pirinu, A. (2014). Conservare per ricordare. I fortini della seconda guerra mondiale – L'utilità dell'inutile nel paesaggio costiero della Sardegna. *Agribusiness Paesaggio & Ambiente, 17*(1), 31–37.

Pirinu, A., Argiolas, R., & Paba, N. (2021). Digital tools for the knowledge and enhancement of WWII heritage: The case study of Bosa in the west coast of Sardinia (Italy). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVI-M-1-2021*, 547–554. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-547-2021

Pirinu, A., Argiolas, R., & Paba, N. (2022). Design models and landscape form of Sardinian IIWW heritage: The Simbirizzi Lake in the territory of Quartu Sant'Elena. In S. Parrinello, S. Barba, A. Dell'Amico, & A. di Filippo (Eds.), *D-SITE: Drones. System of information on cultural heritage for a spatial and social investigation* (Vol. 2, pp. 48–56). Pavia University Press.

Pirinu, A., Martínez-Medina, A., & Paba, N. (2020). Integrated digital survey for the knowledge and enhancement of the IIWW heritage: The Natural Park Molentargius-Saline (Cagliari, Italy). In *2020 IMEKO TC-4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage* (pp. 208–213). IMEKO.

Pirinu, A., Martínez-Medina, A., & Paba, N. (2022). Towards a digital database of Sardinian II WW military heritage: A first repertoire in the territory of Cagliari. *Acta IMEKO, 11*(1), Article 10. https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v11i1.1109

Pirinu, A., Mocci, S., & Sanna, G. (2024). Digital tools for the knowledge, preservation, and enhancement of 20th-century military heritage: A case study from Sardinia. *SCIRES-IT – SCIentific RESearch and Information Technology, 14*(2), 63–78. https://doi.org/10.2423/i22394303v14n2p63

Playfair, I. S. O., Stitt, G. M. S., Molony, C. J. C., & Toomer, S. E. (1954). *The Mediterranean and Middle East: Vol. I. The early successes against Italy (to May 1941)* [Il Mediterraneo e il Medio Oriente: Vol. I. I primi successi contro l'Italia, fino al maggio 1941]. Her Majesty's Stationery Office.

Postiglione, G. (2011). AW bunkers and/as modern architecture / I bunker dell'Atlantikwall e/come architettura moderna. In M. Bassanelli & G. Postiglione (a cura di), *The Atlantikwall as military archaeological landscape / L'Atlantikwall come paesaggio di archeologia militare* (pp. 129–143). LetteraVentidue.

Postiglione, G. (Ed.). (2005). *The Atlantic Wall linear museum: I. The archive*. DPA–Politecnico di Milano.

Prünster, H. (2021). Il progetto di ricerca sul Vallo Alpino dell'Alto Adige. *Annali / Museo Storico Italiano della Guerra, 29*, 163–187. https://heyjoe.fbk.eu/index.php/amusig/article/view/1614

Prünster, H. (Ed.). (2017). *Bunkerlandschaft Südtirol / Paesaggi fortificati* [Numero monografico]. *Turris Babel*, 108.

Quagliati, N. (2021). *Militarized visualities: Photographed landscape in WWI Germany* [Doctoral dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München]. Elektronische Hochschulschriften der LMU München. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:19-325957

Rassu, M. (2005). *Sentinelle del mare: Le torri della difesa costiera della Sardegna*. Grafica del Parteolla.

Rassu, M. (2013). *Cantine, caverne, bunkers: La protezione antiaerea a Cagliari durante la Seconda guerra mondiale*. A.R.S.O.M.

Rieff, D. (2017). *Elogio del olvido: Las paradojas de la memoria histórica*. Taurus. (Opera originale pubblicata nel 2016).

Riegl, A. (2008). *El culto moderno a los monumentos: Caracteres y origen (3ª ed.)*. Machado Libros. (Opera originale pubblicata nel 1903).

Rodríguez-Navarro, P. (2017). TOVIVA Project: una experiencia en torno al proyecto de defensa de la costa valenciana entre los siglos XVI y XVII. In A. B. González Avilés (Ed.), *Defensive architecture of the Mediterranean. XV to XVIII centuries* (Vol. VI, pp. 345–352). Publicacions Universitat d'Alacant.

Rodríguez-Navarro, P., Atzeni, R., & Naldini, V. (2015). Coastal towers between Spain and Sardinia: Proposals for a documentation strategy. In W. Börner & S. Uhlirz (a cura di), *Proceedings of the 20th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies* (pp. 1–10). Museen der Stadt Wien–Stadtarchäologie. https://archiv.chnt.at/wp-content/uploads/eBook_CHNT20_Rodriguez-Navarro_etal_2015.pdf

Rolf, R. (1985). *Het Duitse fortificatie-ontwerp, 1935–1945*. AMA.

Rolf, R. (1988). *Atlantic Wall typology*. Prak Publishing.

Rolf, R. (1998). *Der Atlantikwall: Die Bauten der deutschen Küstenbefestigungen 1940–1945*. Biblio Verlag.

Rolf, R. (2014). *Atlantikwall: Batteries and bunkers*. PRAK Publishing.

Rollmann, N. (2011). The most desirable legacy: Dealing with the Atlantikwall / L'eredità desiderabile: Trattare dell'Atlantikwall. In M. Bassanelli & G. Postiglione (a cura di), *The Atlantikwall as military archaeological landscape / L'Atlantikwall come paesaggio di archeologia militare* (pp. 159–172). LetteraVentidue.

Sanna, G., Martínez-Medina, A., & Pirinu, A. (2025a). A database for Second World War military landscapes in Sardinia: Toward an integrative strategy of knowledge, representation, and adaptive reuse. *Architecture, 5*(3), Article 60. https://doi.org/10.3390/architecture5030060

Sanna, G., Martínez-Medina, A., & Pirinu, A. (2025b). Strategies for the conservation and valorization of 20th-century war landscapes: The case of the Mediterranean Wall ruins. *ARCHive-SR, 9*(4), 25–45. https://doi.org/10.21625/archive-sr.v9i4.1199

Sanna, G., & Pirinu, A. (2025). Rappresentare il paesaggio militare della Sardegna: La batteria Carlo Faldi nel promontorio di Is Mortorius. In L. Carlevaris, D. Calisi, L. Baglioni, C. Bianchini, M. Canciani, M. G. Cianci, L. Farroni, C. Inglese, M. F. Mancini, A. Meschini, J. Romor, M. Salvatore, G. Spadafora, & G. M. Valenti (a cura di), *ÈKPHRASIS: Descrizioni nello spazio della rappresentazione | Descriptions in the space of representation* (pp. 1895–1918). FrancoAngeli. https://doi.org/10.3280/oa-1430-c854

Sanna, S. (1999). *La Maddalena 1943: La piazzaforte di latta*. Studio Grafico Editoriale Maiore.

Saramago, J. (1998). *Il racconto dell'isola sconosciuta* (P. Collo & R. Desti, a cura di). Einaudi.

Schofield, J. (2005). *Combat archaeology: Material culture and modern conflict*. Duckworth.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.

Schorch, P., Waterton, E., & Watson, S. (2017). Museum canopies and affective cosmopolitanism: Cultivating cross-cultural landscapes for ethical embodied responses. In D. P. Tolia-Kelly, E. Waterton, & S. Watson (Eds.), *Heritage, affect and emotion: Politics, practices and infrastructures* (pp. 93–113). Routledge.

Shell, H. R. (2014). *Ni vu, ni connu: Le camouflage au regard de l'objectif* (J.-F. Caro, Trans.). Zones Sensibles. (Original work published 2012)

Simondon, G. (1992). *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier. (Opera originale pubblicata nel 1958).

Simonnet, C. (2008). Le béton éclatant: Esplendor y ruinas. In J. Malo de Molina Martín-Montalvo (a cura di), *¿Renovarse o morir? Experiencias, apuestas y paradojas de la intervención en la arquitectura del Movimiento Moderno* (pp. 141–149). Fundación DOCOMOMO Ibérico.

Smith, L. (2006). *Uses of heritage*. Routledge.

Stefa, E., & Mydyti, G. (2012). *Concrete mushrooms: Reusing Albania's 750,000 abandoned bunkers*. dpr-barcelona.

Strachan, H. (2003). *The First World War*. Oxford University Press.

Thayer, G. H. (1909). *Concealing-coloration in the animal kingdom: An exposition of the laws of disguise through color and pattern; Being a summary of Abbott H. Thayer's discoveries*. Macmillan.

Tornabene, P. (2024). Evoluzione dell'architettura militare: Dalle fortificazioni medievali ai bunker. In P. Matracchi (a cura di), *Laparelli 500: Francesco Laparelli (1521–1570). Architetto militare. Atti del Convegno internazionale, Cortona, 1–2 ottobre 2021* (pp. 58–71). didapress.

Trevisan, C. (2013). Elogio dell'imprecisione. In *Verso l'era post-digitale: Disegnare il progetto, tra design e architettura* (pp. 153–161). Maggioli.

Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2nd ed.). Graphics Press.

Tunbridge, J. E., & Ashworth, G. J. (1996). *Dissonant heritage: The management of the past as a resource in conflict*. John Wiley & Sons.

Uddin, M. S. (1999). *Hybrid drawing techniques by contemporary architects and designers*. John Wiley & Sons.

Verdiani, G., & Di Grazia, S. (2023). The evolution of the war and the evolution of the place: Fortifications across time and landscape. In E. Çiçek, Ö. Özkuvancı, & A. Camiz (a cura di), *Cities in evolution: Diachronic transformations of urban and rural settlements* (Vol. 3, pp. 206–220). DRUM Press. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.24707292

Virilio, P. (1975). *Bunker archéologie*. Centre Georges Pompidou.

Virilio, P. (1994). *Bunker archaeology* (G. Collins, Trad.). Princeton Architectural Press. (Opera originale pubblicata nel 1975).

Zanella, F. (2008). Città e luce: Rappresentazione e progetto. In F. Zanella (Ed.), *Città e luce: Fenomenologia del paesaggio illuminato* (pp. 8–25). Festival Architettura Edizioni.

Zennaro, P. (2017). Strategies in colour choice for architectural built environment. *Journal of the International Colour Association, 19*, 15–22.

Zennaro, P. (Ed.). (2010). *Colour and light in architecture*. Knemesi.

Zevi, B. (1948). *Saper vedere l'architettura*. Einaudi.

A.4 — Emeroteca e fonti periodiche

Alicante Digital. (s.d.). *Los bunkers de Monforte del Cid*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.alicante.digital/articulos/monforte/los-bunkers-de-monforte-del-cid

Ayuntamiento de Nules. (2020, 31 gennaio). Nules trabaja en la documentación de los bunkers para su restauración y preservación. https://nules.org/es/nules-trabaja-en-la-documentacion-de-los-bunkers-para-su-restauracion-y-preservacion/

Congia, A. (2019, 9 maggio). *I fortini militari di Pauliara a Poggio dei Pini, l'archeologo Mauro Dadea: "Un luogo meraviglioso, sfregiato da satanisti imbecilli". Sardegna Live*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.sardegnalive.net/i-fortini-militari-di-pauliara-a-poggio-dei-pini-larcheologo-mauro-dadea-un-luogo-meraviglioso-sfregiato-da-xuvx69im

Domus. (2024, 21 ottobre). *8 storie di nuove architetture nate da un bunker*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.domusweb.it/it/architettura/gallery/2024/10/21/bunker-architettura-militare-ristrutturati-funzioni-contemporanee.html

Kasematte. (2017, 1 ottobre). Bunker now #3: Catrin Bolt — Tarnrasen. https://www.kasematte.it/bunker-now-3-catrin-bolt/

National Trust. (s.d.). Robotic 'dogs' carry out pioneering surveys at Orford Ness. https://www.nationaltrust.org.uk/visit/suffolk/orford-ness-national-nature-reserve/robotic-dog-carries-out-pioneering-surveys-of-cold-war-pagodas-at-orford-ness

Redazione Abitare. (2010, 11 maggio). *Concrete mushrooms*. Abitare. https://www.abitare.it/en/architecture/2010/05/11/concrete-mushrooms-2/

A.5 — Sitografia e risorse digitali

Aldred, M. (s.d.). *eDoB Online: Extended Defence of Britain Database* [Banca dati]. Recuperato il 19 giugno 2026, da https://edob.mattaldred.com/

Archaeology Data Service. (2006). *Defence of Britain Archive* [Data set]. Council for British Archaeology. Consultato il 21 giugno 2026, da https://doi.org/10.5284/1000327

Archilovers. (s.d.). *Riqualificazione ex batteria militare "Carlo Faldi" e compendio costiero di Is Mortorius*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.archilovers.com/projects/36844/riqualificazione-ex-batteria-militare-carlo-faldi-e-compendio-costiero-di-is-mortorius-gallery

Atlante delle Opere Fortificate. (s.d.). Consultato il 21 giugno 2026, da https://atlanteoperefortificate.it

Atlantikwall Europe. (s.d.). *Atlantikwall Europe*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.atlantikwalleurope.eu

Ayuntamiento de Santa Pola. (s.d.). *Military architecture*. Turismo Santa Pola. https://www.turismosantapola.es/stp/web_php/index.php?contenido=subapartados_coconut&id_boto=541&lang=4&title=arquitectura-militar

Bunker Museum Hanstholm. (s.d.). Bunker Museum Hanstholm. https://bunkermuseumhanstholm.dk/en/

Bunkersite.com. (s.d.-a). *Bunkersite.com: Atlantikwall, Südwall, Westwall and other defensive lines in Europe*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.bunkersite.com

Bunkersite.com. (s.d.-b). *Locations*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.bunkersite.com/locations.php

Clot de Galvany. (s.d.). Patrimonio histórico y cultural del Clot. https://clotdegalvany.es/patrimonio/

Club Modellismo Storico Cagliari. (s.d.). *Le difese degli anni '40*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.cmsc.it/index.php/monumenti-aperti/54-le-difese-degli-anni-40

Collaro, M. (s.d.). *Sardegna Fortificata: batterie costiere e fortificazioni da fine '800 al 1943 in Sardegna*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.sardegnafortificata.it

Council for British Archaeology. (s.d.). *Defence of Britain Archive. Heritage Science Data Service*. Recuperato il 19 giugno 2026, da https://hsds.ac.uk/data-catalogue/resource/9e9a96f9dbd0765b9e97a13faffae1400c1ae7674858b3aaba61f232ab2c8b64

Database Fortificazioni. (s.d.). *Database Fortificazioni — Progetto*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://sites.google.com/site/databasefortificazioni/progetto

Dutch Design Awards. (s.d.). Bunker 599. https://www.dutchdesignawards.nl/en/gallery/bunker-599/

Frontiera Est. (s.d.). *Frontiera Est*. Recuperato il 19 giugno 2026, da https://www.frontieraest.it/

Istituto centrale per il catalogo e la documentazione. (2020). *Fortini militari Pranu de Murtas [Scheda A, NCT 20 00246106]*. Catalogo generale dei Beni culturali, Ministero della Cultura. https://catalogo.beniculturali.it/detail/ArchitecturalOrLandscapeHeritage/2000246106

Istituto centrale per il catalogo e la documentazione. (2023). *Bauform (categoria generale di bunker): Linea Galla Placidia_Tobruk 2C, Tobruk Vf59a [MODI, codice ICCD_MODI_0322662494861]*. Catalogo generale dei Beni culturali, Ministero della Cultura. https://catalogo.beniculturali.it/detail/ArchitecturalOrLandscapeHeritage/08iccd_modi_0322662494861

Istituto centrale per il catalogo e la documentazione. (2025, 27 febbraio). *ICCD presenta il nuovo sistema di catalogazione del patrimonio culturale*. Ministero della Cultura. https://www.iccd.beniculturali.it/it/150/archivio-news/5429/27_02_2025-iccd-presenta-il-nuovo-sistema-di-catalogazione-del-patrimonio-culturale

Istituto centrale per il catalogo e la documentazione. (s.d.-a). *A – Architettura 3.00. Ministero della Cultura*. Recuperato il 15 agosto 2026, da https://www.iccd.beniculturali.it/it/ricercanormative/44/a-architettura-3_00

Istituto centrale per il catalogo e la documentazione. (s.d.-b). *Il SIGECweb. Ministero della Cultura*. Recuperato il 15 agosto 2026, da https://www.iccd.beniculturali.it/it/sigec-web

Istituto centrale per il catalogo e la documentazione. (s.d.-c). *MODI – Modulo informativo 4.00. Ministero della Cultura*. Recuperato il 15 agosto 2026, da https://www.iccd.beniculturali.it/it/ricercanormative/105/modi-modulo-informativo-4_00

Istituto centrale per il catalogo e la documentazione. (s.d.-d). *Standard catalografici. Ministero della Cultura*. Recuperato il 15 agosto 2026, da https://www.iccd.beniculturali.it/it/Catalogazione

Istituto Italiano dei Castelli – Sezione Sardegna. (s.d.). *Costellazione XX*. Recuperato il 15 agosto 2026, da https://web.costellazione20.it/

La Linea Gotica. (s.d.). Consultato il 21 giugno 2026, da https://la-linea-gotica.com

Lestingi, L. (2022). *Atlante Italiano delle difese costiere nella Seconda guerra mondiale. Casematte Roma 1943*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.casematteroma1943.it/atlante-italiano-difese-costiere-seconda-guerra-mondiale/

Lestingi, L. (s.d.). *Casematte Roma 1943*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.casematteroma1943.it

Liberation Route Europe. (s.d.). *Exploring the Atlantic Wall Heritage in the Netherlands*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.liberationroute.com/en/themed-route-collections/10/atlantikwall

Lorient Bretagne Sud Tourisme. (s.d.). Lorient La Base in Lorient Bretagne Sud. https://www.visit-lorient-brittany.com/unmissable/lorient-la-base/

MAXXI. (2014–2015). Architettura in uniforme. Progettare e costruire per la seconda guerra mondiale. Mostra a cura di Jean-Louis Cohen. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.maxxi.art/events/architecture-in-uniform/

Monumenti Aperti. (2025). *Capoterra [Pagina dell'edizione 2025]*. Imago Mundi OdV. https://monumentiaperti.com/it/edizioni/2025/comuni/capoterra/

Normandie Tourisme. (s.d.). *D-Day landing beaches.* https://en.normandie-tourisme.fr/discover/d-day-and-the-battle-of-normandy/dday-landing-beaches/

Pillbox Study Group. (s.d.). *The Pillbox Study Group Website*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.pillbox-study-group.org.uk

Progetto di riqualificazione di Is Mortorius. (s.d.). Consultato il 21 giugno 2026, da https://ismortorius.wordpress.com/it/

Proyecto N-340. (s.d.). *Ítems patrimoniales. Base de Datos patrimonial*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://n-340.org/patrimonio/items-patrimoniales/

Prünster, H. (s.d.-a). *Vallo Alpino*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://valloalpino.info

Prünster, H. (s.d.-b). *Vallo Alpino Research*. Recuperato il 19 giugno 2026, da https://www.heimopruenster.com/stories/386

RAAAF, & Atelier de Lyon. (2010). *Bunker 599*. RAAAF. https://www.raaaf.nl/en/projects/7_bunker_599

Raversyde. (s.d.). Atlantikwall Raversyde. https://www.raversyde.be/en/atlantikwall-raversyde

Ruta de los Búnkeres de Camarena de la Sierra. (s.d.). *Ruta de los Búnkeres*. Recuperato il 13 agosto 2026, da https://rutabunkerescamarena.es/

Saint-Nazaire Renversante. (s.d.). The submarine base of Saint-Nazaire: An iconic part of the town. https://www.saint-nazaire-tourisme.uk/explore/discover-the-port/the-submarine-base-of-saint-nazaire/

Soldatini e Storia. (2024, 11 luglio). *Cannoni sul litorale, la batteria costiera "Corrado Boggio" a Pula*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://soldatiniestoria.wordpress.com/2024/07/11/cannoni-sul-litorale-la-batteria-costiera-corrado-boggio-a-pula/

STIWOT. (s.d.). *Traces of War: Atlantic Wall*. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.tracesofwar.com/themes/4659/Atlantic-Wall.htm

Tourisme Bretagne. (s.d.). *Musée Mémoires 39-45*. https://www.tourismebretagne.com/preparer-mon-sejour/bouger-visiter/toutes-les-activites/musee-memoires-39-45-plougonvelin-fr-1985335/

Turismo Nules. (s.d.). Ruta Búnkeres de Nules. https://www.turismonules.es/rutas-patrimoniales/ruta-bunkeres-de-nules

UNESCO World Heritage Centre. (s.d.). Dutch Water Defence Lines. https://whc.unesco.org/en/list/759/

A.6 — Fonti cartografiche, aerofotografiche e geospaziali

A.6.1 — Fototeche, aerofototeche e immagini aeree storiche

Aerofototeca Nazionale — ICCD, Ministero della Cultura. Archivio Aerofototeca Nazionale / WebGIS. Consultato il 21 giugno 2026, da https://afn.cultura.gov.it/webgis

Centro Nacional de Información Geográfica. Fototeca Digital. Consultato il 21 giugno 2026, da https://fototeca.cnig.es/fototeca/

Centro Nacional de Información Geográfica / Instituto Geográfico Nacional. Fotogramas y ortofotos históricas. Consultato il 21 giugno 2026, da https://pnoa.ign.es/pnoa-imagen/fotogramas-y-ortofotos-historicas

Comune di Cagliari. Fondi documentali digitali. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.comune.cagliari.it/portale/page/it/fondi_documentali

Comune di Cagliari. Immagini aeree non ortorettificate anno 1963. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.comune.cagliari.it/portale/page/it/immagini_aeree_non_ortorettificate_anno_1963?contentId=DOC103170I

Historic Environment Scotland. Mediterranean Allied Photo Reconnaissance Wing. National Collection of Aerial Photography. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.ncap.org/image-collection/maprw

Historic Environment Scotland. National Collection of Aerial Photography. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.ncap.org

Istituto Geografico Militare. Foto aeree. Consultato il 21 giugno 2026, da https://igmi.esercito.difesa.it/descrizione-prodotti/foto-aeree/

National Archives and Records Administration. Aerial photography. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.archives.gov/research/cartographic/aerial-photography

National Archives and Records Administration. Foreign aerial photography. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.archives.gov/research/cartographic/aerial-photography/foreign-photography

Regione Autonoma della Sardegna. SardegnaSIT FotoAeree. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.sardegnageoportale.it/navigatori/sardegnafotoaeree/

Royal Air Force Museum. Aerial photography. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.rafmuseum.org.uk/our-collection/collections/photographs/aerial-photography/

A.6.2 — Servizi cartografici, geospaziali e visualizzatori

Centro Nacional de Información Geográfica / Instituto Geográfico Nacional. Visualizadores y servicios web. Consultato il 21 giugno 2026, da https://pnoa.ign.es/pnoa-imagen/visualizadores-y-servicios-web

Google. Google Earth versions. Consultato il 21 giugno 2026, da https://www.google.com/earth/about/versions/

Google. Visualizzare una mappa nel tempo. Guida di Google Earth. Consultato il 21 giugno 2026, da https://support.google.com/earth/answer/148094?hl=it

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Geoportale Nazionale. Consultato il 21 giugno 2026, da https://gn.mase.gov.it/portale

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Servizio di consultazione WMS. Geoportale Nazionale. Consultato il 21 giugno 2026, da https://gn.mase.gov.it/portale/servizio-di-consultazione-wms

B. Appendici

Le appendici raccolgono gli apparati di consultazione e approfondimento direttamente connessi alla struttura conoscitiva della ricerca. La selezione privilegia i materiali necessari a decodificare il lessico, la banca dati e il sistema di rappresentazione, a restituire sinteticamente l'estensione regionale del censimento e a garantire la tracciabilità degli apparati iconografici. Non vengono riprodotti integralmente dataset, documenti, basi cartografiche e materiali già discussi o rappresentati nei capitoli. Le relative fonti sono registrate nell'apparato bibliografico e documentario, mentre le appendici conservano soltanto gli elementi utili alla consultazione della tesi e alla verifica della sua struttura informativa.

B.1 — Glossario

B.1.1 — Glossario generale

Approccio value-based — Impostazione della valutazione patrimoniale fondata sull'individuazione dei valori e degli attributi che rendono significativo un bene prima della definizione delle possibili forme di intervento. Nel presente lavoro permette di distinguere significato patrimoniale, consistenza materiale, appartenenza sistemica, accessibilità e trasformabilità, evitando di assumere il riuso fisico o l'integrità del manufatto come criteri esclusivi di valorizzazione (Avrami et al., 2000).

Arco di contenimento — Sistema difensivo in profondità costituito da una successione di capisaldi disposti in posizione arretrata rispetto alla costa e organizzati in rapporto alla morfologia, alle possibili direttrici di penetrazione e agli obiettivi da proteggere. La sua funzione è rallentare, incanalare e contenere l'avanzata nemica dopo l'eventuale superamento della prima linea costiera.

Camouflage / mascheramento / mimetizzazione — Insieme di strategie finalizzate a ridurre, alterare o controllare la riconoscibilità dell'opera rispetto all'osservazione avversaria. Nel presente lavoro *camouflage* costituisce il termine più ampio; *mascheramento* indica prevalentemente l'azione intenzionale di occultamento o trasformazione percettiva, mentre *mimetizzazione* sottolinea l'assimilazione dell'opera ai caratteri del contesto. Il camouflage può agire attraverso materia, colore, vegetazione, modellazione del terreno, rivestimenti o simulazione di forme architettoniche e naturali.

Campo di tiro / settore di tiro — Porzione di spazio potenzialmente battibile da un'arma a partire da una determinata postazione. La sua configurazione dipende dal tipo di arma, dalle possibilità di brandeggio, dal numero e dall'orientamento delle feritoie, dalla quota e dalla morfologia del terreno. Alla scala del caposaldo, la combinazione dei campi di tiro delle singole opere concorre alla definizione del settore complessivamente controllato. In assenza di piani di fuoco o disposizioni operative documentate, il campo ricostruito geometricamente deve essere distinto dal settore di tiro storicamente attestato.

Caposaldo — Unità tattico-territoriale costituita da più opere difensive armate e da eventuali strutture complementari di osservazione, protezione, collegamento e supporto. Rappresenta una scala intermedia fra il singolo manufatto e il sistema territoriale e opera attraverso la disposizione coordinata delle postazioni, la complementarità degli orientamenti e le relazioni con le soglie e le direttrici da controllare.

Cellula armata — Unità minima morfo-funzionale dell'architettura difensiva nella quale spazio operativo, arma, apertura o settore di tiro, massa resistente, accesso e rapporto con il suolo concorrono a una funzione militare determinata. Può costituire un manufatto autonomo oppure essere aggregata ad altre cellule e spazi serventi entro organismi più complessi.

Classe di resistenza — Categoria storico-tecnica utilizzata nella documentazione militare per qualificare il grado di protezione dell'opera. Nel corpus della ricerca ricorrono le classi *antischegge*, *resistente ai piccoli calibri* e *resistente ai medi calibri*. Spessori e configurazione costruttiva possono risultare coerenti con una determinata classe, ma l'analisi morfologica contemporanea non sostituisce l'attribuzione documentaria quando questa non sia attestata dalle fonti.

Composizione adattiva — Modalità attraverso cui componenti e nuclei operativi relativamente stabili vengono orientati, aggregati o modificati in rapporto alla direzione della minaccia, ai settori di tiro, alla morfologia, alla quota, al grado di

interramento e alle relazioni con le altre opere. L'adattamento non costituisce una deformazione successiva di un modello compiuto, ma il processo attraverso cui una regola tipologica diventa architettura situata.

Conoscenza situata / disegno situato — La conoscenza situata assume che ogni atto conoscitivo dipenda da una posizione, da condizioni determinate e da un punto di osservazione esplicitabile, rinunciando alla pretesa di uno sguardo neutro e disincarnato (Haraway, 1988). Nel protocollo tale principio trova una traduzione operativa nel *disegno situato*, prodotto attraverso la presenza nel luogo e capace di registrare insieme forma, posizione dell'osservatore, movimento, durata, luce, materia, vegetazione, accessibilità e rapporto corpo-spazio. La dimensione incorporata della percezione trova riferimento nella fenomenologia di Merleau-Ponty (2003); il rapporto fra attraversamento, movimento e costruzione della traccia in Ingold (2007, 2011); la cooperazione fra mano, occhio, percezione e pensiero nell'atto grafico in Pallasmaa (2009). Il disegno situato non sostituisce il rilievo metrico, ma rende dichiarabili e confrontabili condizioni dell'esperienza che il solo dato strumentale non registra.

Continuità intermittente del patrimonio difensivo — Condizione attraverso cui un sistema storicamente organizzato permane nel paesaggio contemporaneo senza offrirsi come totalità materialmente continua. La continuità appartiene alla struttura di relazioni fra manufatti, raggruppamenti, orientamenti, visuali e territorio; l'intermittenza riguarda il modo in cui essa si manifesta oggi attraverso presenze, lacune, opere inglobate, trasformate, occultate o scomparse. Il concetto descrive insieme una condizione patrimoniale e un problema conoscitivo: il sistema può rimanere ricostruibile anche quando non è più integralmente visibile.

Copertura reciproca — Relazione fra due o più postazioni nella quale gli orientamenti e i settori di tiro concorrono alla protezione delle rispettive aree vulnerabili e al controllo degli intervalli. Non coincide con la semplice sovrapposizione geometrica dei campi di tiro, ma presuppone una complementarità operativa che contribuisce al funzionamento coordinato del raggruppamento.

Curated decay / gestione controllata della rovina — Strategia di gestione che ammette il cambiamento materiale e i processi di decadimento senza perseguire necessariamente il ripristino di una condizione originaria (DeSilvey, 2017). Non coincide con l'abbandono: richiede conoscenza aggiornata dello stato del bene, monitoraggio, controllo del rischio e responsabilità gestionale. La trasformazione della materia viene quindi accettata entro un processo governato e documentato.

Difesa in profondità / profondità difensiva — Principio di organizzazione del dispositivo su livelli successivi, nel quale il contrasto della minaccia non è affidato a una sola linea avanzata ma alla cooperazione fra opere costiere, posizioni arretrate, capisaldi, sbarramenti, osservazione e artiglieria. La profondità consente di rallentare, incanalare e contrastare una penetrazione anche dopo il superamento del primo margine difensivo.

Disegno ibrido — Modalità di rappresentazione che integra entro una costruzione grafica controllata dati metrici e digitali, ridisegno, fonti documentarie, informazioni geospaziali e registri percettivi o interpretativi. Non coincide con la semplice compresenza di tecniche analogiche e digitali: il carattere ibrido deriva dalla correlazione fra rappresentazioni di natura differente, mantenendone riconoscibili origine, funzione e statuto conoscitivo.

Fiancheggiamento — Principio tattico e spaziale nel quale una postazione agisce lateralmente rispetto alla direttrice di movimento avversaria, battendo il bersaglio mentre attraversa o supera una soglia. Implica generalmente un disassamento fra posizione dell'opera e asse controllato e acquista efficacia attraverso la combinazione fra orientamento, occultamento, morfologia e prevedibilità del movimento.

Forma resistente / forma apparente — Coppia interpretativa utilizzata per distinguere la configurazione architettonica e costruttiva effettiva dell'opera dalla forma attraverso cui essa viene resa percepibile all'esterno. La forma resistente comprende camere operative, aperture, accessi e massa protettiva; la forma apparente deriva dalle strategie di camouflage che possono modificarne sagoma, materia e riconoscibilità senza alterarne necessariamente l'identità morfo-funzionale.

Genealogia tipologica — Lettura delle relazioni morfologiche e funzionali fra famiglie, configurazioni e trasformazioni riconoscibili nel corpus di architetture difensive. Coordina la tassonomia in una interpretazione di evoluzione progettuale:

ricostruisce permanenze, razionalizzazioni, aggregazioni, semplificazioni e scarti attraverso il confronto fra fonti e manufatti individuando parentele architettoniche tra le varie tipologie.

Geografia della minaccia — Lettura territoriale che mette in relazione possibilità di accesso, direttrici di penetrazione, morfologia e obiettivi strategici. Spiagge, approdi, foci, pianure, istmi e corridoi di movimento definiscono modalità differenti di penetrazione, mentre porti, aeroporti, infrastrutture e altri nodi attribuiscono peso strategico ai luoghi. Il dispositivo difensivo costituisce la traduzione spaziale di un attacco previsto attraverso orientamenti, addensamenti, sbarramenti, capisaldi e profondità successive.

Muro Mediterraneo — Categoria interpretativa costruita in rapporto critico all'Atlantikwall, assunto come principale riferimento storiografico e metodologico per lo studio delle fortificazioni costiere del Novecento. A differenza dell'Atlantikwall, il Muro Mediterraneo non identifica un unico programma storico, una linea continua o un sistema costruttivo unitario, ma un campo comparativo entro cui mettere in relazione dispositivi costieri sviluppati sulle diverse sponde del Mediterraneo, mantenendone distinte cronologie, dottrine militari, culture costruttive, gradi di standardizzazione e condizioni territoriali (Martínez-Medina & Sanjust, 2013).

Paesaggio militare / paesaggio archeologico dei conflitti — Campo territoriale nel quale architetture difensive, infrastrutture, morfologia, visuali, direttrici operative, tracce, lacune e trasformazioni storiche vengono lette come parti di un sistema e non come presenze isolate. Nel presente lavoro *paesaggio militare* costituisce il termine operativo più ampio; la sua impostazione si confronta con la nozione di *paesaggio archeologico dei conflitti* e con la lettura dell'Atlantikwall come *military archaeological landscape*, attraverso cui l'interpretazione viene estesa dal singolo manufatto alle relazioni territoriali, memoriali e culturali prodotte dal conflitto (Bassanelli, 2011; Bassanelli & Postiglione, 2011).

Patrimonio dissonante / dissonant heritage / patrimonio scomodo — Patrimonio la cui eredità è attraversata da tensioni fra valore documentario, memoria storica, soggetti e interpretazioni contemporanee. *Difficult heritage* pone maggiormente l'accento sul peso doloroso o problematico della memoria; *dissonant heritage* sulla frizione fra soggetti, narrazioni e valori; *patrimonio scomodo* sulla resistenza sociale e culturale al riconoscimento (Tunbridge & Ashworth, 1996; Macdonald, 2009). Nel caso sardo la dissonanza non coincide necessariamente con una memoria traumatica apertamente conflittuale, ma si manifesta soprattutto attraverso marginalità, indifferenza, rimozione e memoria intermittente.

Punto di vista ostile / osservazione ostile — Condizione di osservazione costruita assumendo la posizione potenziale dell'avversario, finalizzata a verificare non soltanto la visibilità del manufatto ma la possibilità di riconoscerlo e classificarlo come opera militare.

Rappresentazione multistrato / elaborato multilivello — Due momenti correlati dello stesso procedimento grafico. La rappresentazione multistrato costituisce il principio attraverso cui informazioni e registri differenti vengono separati, correlati e ricomposti per livelli; l'elaborato multilivello è l'output risultante, interpretabile sia attraverso le singole componenti sia come sintesi integrata. La semplice presenza di più immagini o riquadri non è sufficiente: fra i livelli deve esistere una relazione conoscitiva esplicita e verificabile.

Regelbau / Regelbauten — Sistema di standardizzazione della fortificazione tedesca fondato su modelli regolamentari definiti in rapporto a funzione, protezione, impianto interno, armamento e componenti tecniche. Nel presente lavoro costituisce un riferimento per comprendere il rapporto fra standardizzazione, serialità e variante, ma non viene trasferito meccanicamente al sistema sardo, caratterizzato da differenti gradi di codificazione e adattamento locale.

Reintegrazione territoriale — Processo attraverso cui le architetture difensive vengono nuovamente rese leggibili entro le relazioni paesaggistiche, culturali e conoscitive cui appartengono. Non coincide necessariamente con il recupero materiale o il riuso del singolo manufatto: può avvenire attraverso documentazione, rappresentazione, interpretazione, percorsi, accessibilità fisica o cognitiva e ricomposizione delle relazioni fra opere, luoghi e sistema territoriale.

Rilievo integrato — Processo coordinato di acquisizione, verifica e costruzione del dato che mette in relazione misure dirette, osservazione sul campo, documentazione fotografica, fonti archivistiche e cartografiche e tecniche digitali di rilievo in funzione delle condizioni del manufatto e degli obiettivi conoscitivi. L'integrazione non coincide con l'accumulo di strumenti, ma con la produzione di dati metrici e documentari reciprocamente controllabili.

Risignificazione — Processo attraverso cui un manufatto o un paesaggio nato per una funzione bellica viene ricollocato entro nuovi quadri di conoscenza, interpretazione e trasmissione culturale. Non comporta la cancellazione, neutralizzazione o pacificazione della sua origine militare: la nuova leggibilità deve conservarne riconoscibile la dimensione conflittuale insieme ai valori documentari, architettonici, tecnici, territoriali e paesaggistici.

Rovina contemporanea — Condizione di un'architettura recente che, dopo la perdita della funzione originaria, permane materialmente nel territorio come resto di una modernità ancora cronologicamente prossima. Nel caso del bunker, l'obsolescenza funzionale contrasta con la durata del calcestruzzo armato: un dispositivo concepito per un'urgenza bellica circoscritta sopravvive come massa priva di uso, sottoposta ad abbandono, erosione, trasformazione e progressiva integrazione nel paesaggio.

Semi-prototipazione — Condizione nella quale la ricorrenza progettuale riguarda componenti, cellule operative, feritoie, accessi, spessori e regole compositive senza determinare la ripetizione integrale di un unico modello planimetrico. Nel sistema sardo consente di leggere configurazioni intermedie fra soluzione singolare e piena standardizzazione, nelle quali serialità costruttiva e composizione adattiva coesistono.

Soglia di riconoscibilità — Condizione percettiva nella quale un manufatto passa dalla semplice presenza nel campo visivo alla possibilità di essere identificato come struttura artificiale e, successivamente, come opera militare. Dipende da distanza, punto di vista, luce, vegetazione, contrasto materico e cromatico, geometria e indizi funzionali. Nel presente lavoro costituisce un parametro interpretativo del camouflage e viene verificata attraverso osservazione dall'alto e sequenze di avvicinamento.

B.1.2 — Glossario delle Tipologie architettoniche

Le definizioni seguenti sintetizzano le principali configurazioni architettoniche riconosciute nel corpus sardo e consolidate attraverso il confronto fra fonti documentarie, censimento e rilievo. Non coincidono con le classi inventariali del database: queste ultime identificano la natura generale dell'oggetto, mentre la tassonomia tipologica ne interpreta l'organizzazione morfo-funzionale. Le configurazioni il cui statuto genealogico rimane aperto non vengono qui assunte come famiglie autonome.

Barbetta / postazione in barbetta — Principio morfologico nel quale l'arma opera da una posizione aperta, sparando al di sopra di un parapetto o bordo protettivo anziché attraverso la feritoia di una camera di tiro chiusa. La configurazione consente un settore di brandeggio più ampio, riducendo tuttavia la protezione diretta dell'arma e dei serventi. Nel corpus sardo il principio della barbetta ricorre tanto nelle piccole postazioni per arma automatica assimilabili ai Tobruk quanto nelle più articolate postazioni controcarro con ricovero.

Nucleo fisso circolare — Opera difensiva permanente in calcestruzzo armato, a pianta circolare e pluriferitoia, riconducibile alle fasi precoci della fortificazione costiera sarda. Nel presente lavoro l'espressione *nucleo fisso* è assunta in senso tipologico e non indica il nucleo di personale destinato al presidio. Presenta generalmente spessori più contenuti, minore standardizzazione e protezione prevalentemente antischegge rispetto alle più robuste postazioni monoarma circolari del ciclo 1942–43.

Bunker monoarma — Famiglia di bunker da combattimento organizzata attorno a una sola cellula operativa e destinata all'impiego di una sola arma alla volta. La presenza di più feritoie non determina una configurazione poliarma: la stessa arma può essere riposizionata fra aperture orientate verso settori differenti. Nel corpus sardo la famiglia comprende configurazioni poligonali pluriferitoia e la più standardizzata postazione monoarma circolare del ciclo 1942–43.

Bunker monoarma poligonale pluriferitoia — Configurazione monoarma costituita da una camera operativa unica a matrice poligonale, servita da più feritoie orientate verso settori differenti. Mantiene il principio funzionale della singola arma ma si distingue dalla monoarma circolare per la geometria planimetrica e per una minore stabilizzazione formale. Nel corpus regionale la configurazione è documentata in particolare nel settore di Porto Pino.

Bunker monoarma circolare — Bunker da combattimento a pianta circolare, pluriferitoia, organizzato per l'impiego di una sola arma principale riposizionabile fra aperture differenti. Nel sistema sardo costituisce una delle configurazioni più

ricorrenti e maggiormente standardizzate del ciclo costruttivo 1942–43. Rispetto al nucleo fisso circolare presenta generalmente maggiore robustezza, spessori più consistenti e una più compiuta codificazione della relazione fra camera operativa, feritoie e massa resistente.

Bunker poliarma — Bunker da combattimento nel quale più cellule, camere o postazioni armate sono coordinate entro un unico organismo protetto e orientate verso settori differenti. La classificazione non dipende dal semplice numero delle feritoie né dalla sola denominazione documentaria dell'opera, ma dall'effettiva organizzazione delle funzioni armate. Un manufatto storicamente denominato *poliarma* ma costituito da una sola casamatta operativa per una singola arma non viene pertanto assimilato automaticamente alla famiglia poliarma in senso morfo-funzionale.

Tobruk / postazione in barbetta per arma automatica — Configurazione permanente di piccola dimensione, prevalentemente interrata e aperta superiormente, destinata in genere all'impiego di una mitragliatrice o di altra arma automatica. Può essere considerata una specifica applicazione del principio della barbetta: la protezione resistente è concentrata lateralmente e nel rapporto con il terreno, mentre l'arma opera da un'apertura superiore. Può essere associata a trincee, piccoli vani o ricoveri senza perdere la propria identità tipologica. Si distingue dal bunker controcarro in barbetta con ricovero per scala, armamento e articolazione degli spazi protetti.

Bunker controcarro in barbetta con ricovero — Bunker da combattimento costituito da una postazione aperta destinata a un pezzo controcarro e organicamente collegata a uno o più vani coperti e protetti in calcestruzzo armato, destinati a ricovero, riservetta o supporto immediato dell'arma. Il tiro avviene dalla piazzola aperta, mentre la massa resistente è concentrata negli spazi serventi. Si distingue dal Tobruk per scala e complessità e dalla casamatta controcarro perché il pezzo non opera entro una camera di tiro chiusa. Una semplice piazzola controcarro priva di un nucleo fortificato permanente integrato non appartiene a questa tipologia.

Bunker controcarro in casamatta / casamatta controcarro — Bunker da combattimento dotato di una camera di tiro chiusa destinata all'impiego di un pezzo controcarro attraverso un'apertura controllata. La necessità di accogliere cannone, affusto, serventi e munizionamento determina generalmente dimensioni, spessori e articolazione interna superiori rispetto alle comuni postazioni monoarma. Nel corpus sardo la configurazione è rara e può presentare sviluppo su più livelli o accessi differenziati. Si distingue dalla postazione controcarro in barbetta perché concentra la protezione resistente intorno all'arma e all'equipaggio.

Ricovero tubolare antiaereo — Configurazione architettonica di protezione passiva, distinta dalle famiglie BKC da combattimento. È caratterizzata da sviluppo longitudinale e da una sezione ricorrente voltata o assimilabile a una galleria protetta, generalmente realizzata in calcestruzzo armato e interrata, seminterrata o parzialmente emergente in rapporto alle condizioni del sito. È destinata al ricovero del personale durante bombardamenti o attacchi aerei e ricorre in relazione a infrastrutture, installazioni militari, aeroporti, porti e altri obiettivi esposti alla minaccia aerea.

B.1.2 — Sigle e abbreviazioni

GDC — Golfo di Cagliari. Codice della macroarea assunta come caso guida della ricerca, comprendente i settori QSE, CAG, CAP e PUL.

QSE — Quartu Sant'Elena. Codice territoriale del settore orientale del Golfo di Cagliari.

CAG — Cagliari. Codice territoriale del settore centrale urbano-portuale del Golfo di Cagliari.

CAP — Capoterra. Codice territoriale del settore occidentale del Golfo di Cagliari.

PUL — Pula. Codice territoriale del settore specialistico sud-occidentale del Golfo di Cagliari.

CS — Caposaldo. Codice del raggruppamento difensivo costituito da più opere coordinate.

SB — Caposaldo di sbarramento. Codice del raggruppamento disposto lungo una direttrice o un passaggio obbligato con funzione di interdizione e controllo.

BA — Batteria. Codice del raggruppamento specialistico organizzato attorno all'impiego dell'artiglieria e ai relativi apparati di osservazione, servizio e supporto.

DC — Rete difensiva costiera. Codice del sottosistema lineare di opere distribuite lungo il margine costiero e connesse alla prima opposizione antisbarco.

AUSSME — Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito.

IGM — Istituto Geografico Militare.

ICCD — Istituto centrale per il catalogo e la documentazione.

MODI — Modulo informativo. Standard ICCD utilizzato per attività di censimento, ricognizione e segnalazione di entità di interesse culturale.

SIGECweb — Sistema Informativo Generale del Catalogo. Infrastruttura digitale istituzionale utilizzata dall'ICCD per la gestione del processo catalografico e dei dati del Catalogo generale dei beni culturali.

GIS — Geographic Information System; sistema informativo geografico. Ambiente digitale utilizzato per organizzare, interrogare, analizzare e rappresentare dati georeferenziati.

UAS — Unmanned Aircraft System. Sistema aeromobile a pilotaggio remoto impiegato nelle acquisizioni fotogrammetriche territoriali e alla scala del raggruppamento.

LiDAR — Light Detection and Ranging. Tecnologia di rilevamento attivo basata sulla misura della distanza mediante impulsi laser; nella ricerca è utilizzata anche attraverso sensori mobili integrati in dispositivi smartphone.

DICAT — Difesa Contro Aerei Territoriale. Organizzazione della difesa antiaerea destinata alla protezione di obiettivi, infrastrutture e aree strategiche.

FM / LMG — Fucile mitragliatore / Light Machine Gun. Sigle utilizzate per indicare l'armamento automatico leggero.

HMG — Heavy Machine Gun; mitragliatrice pesante.

ATG — Anti-Tank Gun; cannone controcarro.

c.c. — Controcarro. Abbreviazione riferita alla funzione, all'armamento o alla postazione destinata al contrasto dei mezzi corazzati.

mtr. — Mitragliatrice. Abbreviazione utilizzata nelle fonti, nelle schede e nelle trascrizioni quando non sia specificata una classe più precisa dell'arma.

c.a. — Calcestruzzo armato.

B.1.3 — Simboli e codici grafici ricorrenti

Δ — Elementi strategici del sistema. Quadro complementare del database dedicato a porti, aeroporti, infrastrutture, nodi logistici, direttrici e altri elementi territoriali utili a interpretare la disposizione del sistema difensivo. Non appartiene alla gerarchia primaria degli oggetti inventariati.

Σ — Documentazione associata. Quadro complementare destinato ai materiali collegati agli oggetti o ai sistemi censiti, comprendente documentazione archivistica, cartografie, fotografie, elaborati grafici, modelli e altri apparati conoscitivi.

T — Tavola territoriale. Famiglia di elaborati destinata all'inquadramento spaziale, cartografico e diacronico del settore o del sistema.

R — Tavola sistemico-locale. Famiglia di elaborati dedicata al raggruppamento e alle relazioni fra opere, morfologia, suolo e organizzazione difensiva.

D — Tavola metrico-documentaria. Famiglia di elaborati che organizza i derivati del rilievo digitale e le restituzioni metriche del manufatto.

P — Tavola percettiva. Famiglia di elaborati dedicata alla conoscenza situata del manufatto e del paesaggio attraverso punto di vista, luce, materia, distanza, vegetazione e altre condizioni percettive.

M — Tavola sintetico-interpretativa. Famiglia di elaborati multilivello che mette in relazione rappresentazioni non equivalenti — dati acquisiti, derivati metrici, ridisegni, fonti, ricostruzioni o interpretazioni — entro una sintesi controllata.

X / Scheda X — Dispositivo complementare di tracciabilità applicato a elaborati percettivi selezionati. Registra condizioni di osservazione e produzione dell'immagine, tra cui posizione, orientamento, distanza, data, condizioni atmosferiche, tecnica e successive elaborazioni.

Y / Sistema Y — Sistema di classificazione funzionale degli elaborati percettivo-interpretativi delle tavole P. **Y1** — inquadramenti, punti di vista, avvicinamenti e viste dipendenti dal dispositivo; **Y2** — luce, atmosfera, colore e condizioni di leggibilità; **Y3** — materia, superfici e tracce; **Y4** — interpretazioni, sintesi e ricostruzioni.

L1 — Livello di riconoscimento documentario: localizzazione e qualificazione del caso attraverso fonti, database ed evidenze disponibili.

L2 — Livello di lettura relazionale: approfondimento delle relazioni territoriali, locali, metriche o percettive mediante le famiglie di elaborati pertinenti.

L3 — Livello di approfondimento integrato: coordinamento di più registri conoscitivi e, quando pertinente, costruzione di sintesi multilivello.

B.2 — Struttura sintetica del database e codici inventariali

La banca dati georeferenziata organizza le architetture e le componenti del sistema difensivo secondo una struttura gerarchico-relazionale capace di collegare il singolo oggetto alla configurazione territoriale cui appartiene. Il presente apparato non riproduce integralmente il modello dati descritto nel Capitolo 2, ma ne sintetizza gli elementi necessari alla lettura dei codici, delle classi inventariali e dei record utilizzati nella tesi.

L'unità minima dell'inventario è il singolo oggetto censito. Ogni record conserva una propria identità stabile e viene ricondotto, quando pertinente, a un raggruppamento difensivo, a un settore e a una macroarea. Gli attributi descrittivi, metrici, funzionali e tipologici approfondiscono progressivamente il record senza modificarne l'identificativo. Gli elementi strategici territoriali e la documentazione associata sono registrati attraverso i sistemi complementari Δ e Σ, distinti dalla gerarchia primaria dell'inventario.

B.2.1 — Gerarchia del modello

La struttura primaria è articolata su quattro livelli:

Livello	Funzione
Macroarea	Campo strategico-territoriale entro cui cooperano più settori difensivi.
Settore difensivo	Unità territoriale principale di appartenenza e riferimento geografico del record.
Raggruppamento difensivo	Unità sistemica intermedia che organizza la cooperazione fra più opere.
Oggetto inventariato	Singola architettura, postazione, infrastruttura o componente registrata mediante un record autonomo.

La **macroarea** ricompone settori territorialmente distinti ma cooperanti entro uno stesso sistema strategico. Nel caso guida della ricerca, **GDC — Golfo di Cagliari** comprende i settori di Quartu Sant'Elena, Cagliari, Capoterra e Pula.

Il **settore difensivo** costituisce il riferimento territoriale principale dell'identificativo. Il suo codice compare direttamente nel record — per esempio QSE, CAG, CAP o PUL — mentre la macroarea può essere derivata dall'appartenenza del settore e non viene pertanto ripetuta nel codice dell'oggetto.

Il **raggruppamento difensivo** registra la posizione dell'oggetto all'interno di una struttura operativa intermedia. Le principali condizioni utilizzate sono:

- **CS** — caposaldo;
- **SB** — caposaldo di sbarramento;
- **BA** — batteria;
- **DC** — rete difensiva costiera;
- **Autonomo** — oggetto non attribuito a un raggruppamento intermedio definito.

L'**arco di contenimento** costituisce un sistema funzionale in profondità riconoscibile attraverso la successione e la cooperazione dei capisaldi, ma non viene codificato come ulteriore livello autonomo nell'identificativo del singolo manufatto.

L'**oggetto inventariato** costituisce infine l'unità puntuale della banca dati. La sua classe identifica la natura generale dell'entità registrata; le caratteristiche tipologiche e morfo-funzionali vengono precisate negli attributi specialistici senza moltiplicare inutilmente i codici principali.

B.2.2 — Sintassi del codice inventariale

L’identificativo combina gli elementi minimi necessari a collocare stabilmente l’oggetto nel sistema.

Esempio: QSE_CS14_BKC_58

Elemento	Significato	Funzione
QSE	Quartu Sant’Elena	settore difensivo
CS14	Caposaldo 14	raggruppamento difensivo
BKC	bunker da combattimento in calcestruzzo armato	classe inventariale
58	progressivo dell’oggetto	identificativo puntuale

La macroarea **GDC — Golfo di Cagliari** non viene ripetuta nel codice perché deriva dal settore QSE.

La struttura dell’identificativo può essere espressa sinteticamente come:

SETTORE _ RAGGRUPPAMENTO _ CLASSE _ PROGRESSIVO

Il codice registra quindi la collocazione sistemica minima dell’oggetto, non l’intero contenuto del record. Attributi quali tipologia, armamento, stato di conservazione, accessibilità, classe di resistenza o camouflage restano esterni all’identificativo, affinché il loro aggiornamento non modifichi l’identità inventariale del manufatto.

B.2.3 — Classi inventariali degli oggetti

La classe inventariale identifica la natura generale dell’entità registrata e non coincide con la classificazione tipologica. BKC, per esempio, individua tutti i bunker da combattimento permanenti in calcestruzzo armato; configurazioni quali monoarma, poliarma, nucleo fisso circolare, Tobruk o postazione controcarro ne precisano successivamente l’organizzazione morfo-funzionale.

Il vocabolario controllato distingue le seguenti classi:

Campo funzionale	Codice	Classe inventariale	Criterio discriminante
Combattimento	**BKC**	Bunker da combattimento in calcestruzzo armato	Corpo permanente destinato a proteggere e rendere operativa una o più armi.
Osservazione	**POC**	Posto di osservazione costiera	Punto o struttura di sorveglianza non necessariamente fortificata.
Osservazione	**BKO**	Bunker osservatorio costiero	Funzione di avvistamento ospitata in una struttura permanente protetta.
Misura e direzione del tiro	**BKT**	Bunker per postazione telemetrica	Struttura specialistica destinata a telemetro e strumenti di osservazione o direzione del tiro.
Scoperta e illuminazione	**SFE**	Stazione fotoelettrica	Impianto per proiettore orientabile destinato alla ricerca e illuminazione notturna dei bersagli.
Protezione passiva	**BKS**	Ricovero antiaereo	Manufatto permanente destinato al ricovero del personale e privo di funzione diretta di tiro.
Protezione civile	**CIV**	Rifugio civile	Struttura destinata alla protezione della popolazione, distinta per utenza e contesto dalle opere militari.
Postazione armata aperta	**GEP**	Piazzola d’artiglieria	Allestimento per un pezzo d’artiglieria privo di un nucleo bunkeristico permanente organicamente integrato.
Combattimento campale	**PCA**	Postazione campale	Apprestamento temporaneo o semipermanente realizzato prevalentemente con terra, pietrame, legname o altri materiali locali.
Presidio	**GAR**	Garitta difensiva	Piccolo posto di guardia, osservazione o difesa ravvicinata.

Supporto	**CAS**	Casermetta	Struttura destinata alla permanenza e al supporto operativo del personale.
Supporto logistico	**DEP**	Deposito di carburante	Spazio specializzato per lo stoccaggio dei combustibili.
Supporto logistico	**POL**	Polveriera	Vano o struttura destinata alla conservazione di polveri ed esplosivi.
Connessione	**TRI**	Trincea, passaggio trincerato o camminamento coperto	Opera lineare destinata al movimento protetto, al collegamento e alla difesa ravvicinata.
Connessione e ricovero	**TUN**	Galleria o tunnel	Percorso ipogeo con funzione distributiva, protettiva o logistica.
Infrastruttura	**SMI**	Strada militare	Tracciato funzionale al collegamento e al supporto dei nodi difensivi.
Interdizione	**OAC**	Ostacolo anticarro	Dispositivo materiale destinato a impedire, rallentare o canalizzare il movimento dei mezzi.
Interdizione	**CMI**	Campo minato o interruzione minata	Area o soglia predisposta mediante mine o cariche, prevalentemente documentata attraverso le fonti.
Traccia residuale	**REB**	Relitto bellico	Evidenza materiale frammentaria non attribuibile con sufficiente attendibilità a una classe più precisa.

La separazione fra **classe inventariale** e **tipologia** impedisce di trasformare ogni differenza morfologica in una nuova categoria del database. Una postazione controcarro in barbetta organicamente connessa a ricoveri permanenti, per esempio, resta classificata come BKC; la configurazione viene precisata nel campo tipologico. Analogamente, GEP viene utilizzato quando la piazzola armata è priva di un corpo bunkeristico permanente integrato.

Le classi POC, BKO e BKT distinguono invece tre condizioni che potrebbero risultare superficialmente assimilabili: il primo può coincidere con una torre, un punto attrezzato o una struttura non fortificata; BKO richiede una struttura protetta destinata all'avvistamento; BKT identifica la specializzazione telemetrica o di direzione del tiro.

B.2.4 — Architettura informativa del database

Il modello è organizzato in sei blocchi principali, una sezione normativa e due sistemi complementari.

Blocco	Contenuto	Funzione
A — Sistemi territoriali	macroaree, settori e appartenenze territoriali	collocare l'oggetto nel sistema regionale
B — Raggruppamenti difensivi	capisaldi, sbarramenti, batterie, reti costiere e oggetti autonomi	registrare la struttura sistemica intermedia
C — Oggetti architettonici catalogati	classi inventariali	stabilizzare la natura generale dell'unità censita
D — Attributi generali	localizzazione, stato, conservazione, accessibilità e caratteri comuni	descrivere gli aspetti condivisi dai diversi oggetti
E — Attributi specialistici	armamento, dotazioni, funzione, orientamenti e altri caratteri specialistici	approfondire postazioni e opere con funzioni specifiche
F — Attributi specialistici BKC	tipologia e caratteri morfo-funzionali dei bunker da combattimento	approfondire il corpus centrale della ricerca
G — Regole di compilazione	valori ammessi, convenzioni, trattamento delle lacune e criteri di normalizzazione	garantire coerenza e confrontabilità
Δ — Elementi strategici del sistema	nodi, obiettivi, infrastrutture e direttrici territoriali	supportare l'interpretazione del dispositivo senza entrare nella gerarchia primaria
Σ — Documentazione associata	fonti, fotografie, cartografie, rilievi, modelli ed elaborati	collegare il record al proprio corredo documentario

La sequenza A–F segue una progressione intenzionale: prima stabilisce **dove** si colloca l'oggetto e **a quale sistema appartiene**; quindi definisce **che cosa è**; infine ne approfondisce caratteristiche generali e specialistiche.

I sistemi **Δ** e **Σ** non costituiscono ulteriori livelli della gerarchia inventariale.

Δ — Elementi strategici del sistema registra componenti territoriali necessarie a interpretare la disposizione delle opere — porti, aeroporti, infrastrutture, nodi logistici, direttrici e altri obiettivi o elementi strategici — senza assimilarle ai manufatti difensivi censiti.

Σ — Documentazione associata collega invece record, raggruppamenti o sistemi alle evidenze che ne sostengono e approfondiscono la conoscenza: documenti archivistici, cartografie, fotografie storiche e contemporanee, rilievi, elaborati grafici, modelli tridimensionali e altri materiali documentari.

B.2.5 — Regole essenziali di compilazione e qualificazione del dato

La struttura del database non richiede che tutti i record possiedano la stessa quantità di informazioni. Richiede invece che dati differenti siano registrati secondo criteri comuni e che sia sempre riconoscibile il grado di determinazione raggiunto.

Granularità. Un record puntuale corrisponde a un singolo oggetto inventariato. Raggruppamento, settore e macroarea costituiscono livelli superiori di appartenenza e non devono essere confusi con il manufatto fisico.

Stabilità dell'identificativo. Il codice contiene soltanto gli elementi necessari all'identificazione sistemica. Attributi suscettibili di revisione non vengono incorporati nell'identificativo.

Classe e tipologia. La classe inventariale stabilisce la natura generale dell'oggetto; la tipologia ne approfondisce la configurazione architettonica e morfo-funzionale. Le due operazioni non sono equivalenti.

Compilazione progressiva. Nuove fonti, ricognizioni e rilievi possono precisare posizione, attribuzioni, misure e caratteri del manufatto senza richiedere la creazione di un nuovo record, salvo che venga riconosciuto un errore nell'identificazione originaria.

ND — non determinato. Indica un'informazione pertinente al record ma non determinabile sulla base delle evidenze disponibili.

NA — non applicabile. Indica un campo che non trova applicazione rispetto alla natura dell'oggetto considerato.

Grado di determinazione della localizzazione. La solidità della posizione viene qualificata separatamente mediante i valori:

- **verificata**;
- **triangolata**;
- **plausibile**;
- **incerta**;
- **non determinabile**.

Questa classificazione riguarda esclusivamente l'ancoraggio spaziale e non equivale all'affidabilità complessiva del record. Un'opera può avere posizione verificata ma funzione storica incerta; viceversa, un manufatto scomparso può essere localizzato con buona attendibilità attraverso la convergenza di cartografie, fotografie aeree e altre fonti.

La soglia minima del record georeferenziato comprende identificativo, settore, raggruppamento o condizione autonoma, classe dell'oggetto, coordinate, grado di determinazione della localizzazione e riferimento alla fonte o alla procedura attraverso cui la posizione è stata costruita.

B.2.6 — Esempio sintetico di record inventariale

Il record QSE_CS14_BKC_58 mostra come la struttura generale venga progressivamente approfondita senza perdere la leggibilità dell'identità inventariale.

Blocco	Campo	Valore esemplificativo	Origine / modalità
A–C	Codice identificativo	QSE_CS14_BKC_58	codifica gerarchica
	Macroarea	GDC — Golfo di Cagliari	appartenenza territoriale derivata
	Settore	QSE — Quartu Sant'Elena	sistema territoriale
	Raggruppamento	CS14 — Caposaldo 14	gerarchia inventariale
	Classe	BKC — bunker da combattimento	vocabolario controllato
D	Località	Simbirizzi Est	ricognizione sul campo
	Coordinate	39°14'45,27" N; 9°13'09,46" E	georeferenziazione
	Quota	45,86 m s.l.m.	rilievo strumentale
	Stato del dato	Rilevato	rilievo diretto e strumentale
	Conservazione	Buona	osservazione diretta
	Accessibilità	Buona	osservazione diretta
	Rapporto suolo–opera	Integrato nel terreno	lettura morfologica
	Accesso	Rampa inclinata	rilievo diretto
	Area occupata	51,2 m²	calcolo su rilievo
	Rapporto pieno/vuoto	55% / 45%	calcolo su rilievo
E	Armamento / dotazione	HMG–HMG–ATG	classificazione funzionale
	Settore operativo	NO–SO	orientamento difensivo
F	Tipologia	BKC poliarma	classificazione morfo-funzionale
	Camouflage	«collinetta» e teli mimetici	rilievo e lettura morfologica
	Feritoie	n. 3	rilievo diretto
Σ	Evidenza primaria	rilievo diretto e strumentale	documentazione associata

L'esempio mostra la funzione complementare dei diversi livelli. Il codice permette di riconoscere immediatamente settore,

raggruppamento e classe; gli attributi descrivono il manufatto e ne qualificano l'evidenza; Σ conserva il rapporto con la documentazione che sostiene e rende verificabili le informazioni registrate.

La struttura consente così di passare dal singolo manufatto al sistema senza confondere unità di conteggio, appartenenze territoriali, classificazioni tipologiche e materiali documentari. La banca dati opera come infrastruttura incrementale: può accogliere nuove evidenze e affinare i record mantenendo stabile la relazione fra oggetto, territorio e fonte.

B.3 — Atlante territoriale regionale dei sistemi difensivi della Sardegna

B.3.1 — Quadro generale e criterio di lettura

Il presente apparato restituisce in forma sintetica i principali sistemi territoriali censiti al di fuori del caso guida del Golfo di Cagliari. Le schede non sostituiscono il censimento analitico né ripetono l'interpretazione sviluppata nel Capitolo 4, ma associano a ciascuna tavola territoriale un quadro essenziale della struttura del sistema, della consistenza inventariale, dei caratteri tipologico-territoriali e delle condizioni attuali di leggibilità.

I settori sono ordinati secondo una progressione geografica e distinti, quando pertinente, secondo il grado e la forma di articolazione dei sottosistemi difensivi. I

GAR — Golfo Aranci

Macroarea: Golfo Aranci–Olbia
B · Sistema ad articolazione intermedia

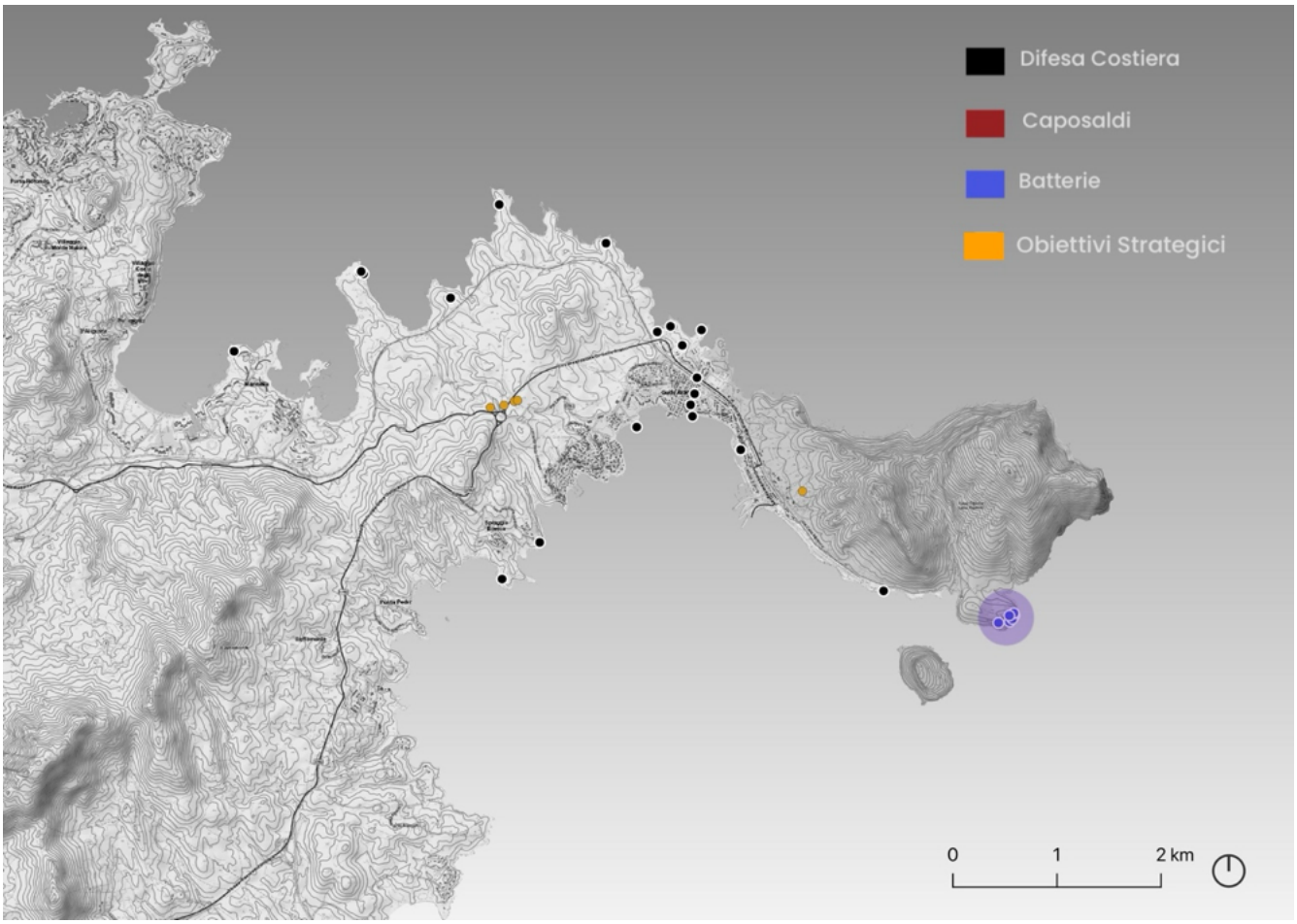


Fig. B.3.1 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Golfo Aranci. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Rete difensiva costiera e presidio dell'istmo; batteria avanzata "Luigi Serra"; strutture logistiche e di supporto.
Consistenza inventariale	32 elementi censiti; 17 BKC riconoscibili.
Caratteri tipologico-territoriali	Prevalenza di casematte monoarma e Tobruk, con presenza puntuale controcarro. Il sistema concentra le opere sui passaggi fra promontorio e terraferma e sulle soglie del porto.
Carattere distintivo	Forte dipendenza dalla morfologia del promontorio e dell'istmo; la batteria "Luigi Serra" estende il controllo dal presidio terrestre allo spazio marittimo.
Leggibilità attuale	Selettiva. Il rapporto fra opere, istmo, porto e promontorio rimane leggibile, mentre alcuni nuclei documentati, soprattutto nell'area di Marinella, presentano uno scarto più marcato fra progetto e permanenza materiale.

Sintesi territoriale — Golfo Aranci configura un sistema costiero-promontoriale concentrato sulle soglie di accesso, nel quale presidio dell'istmo, difesa del porto e batteria avanzata cooperano senza produrre un fronte continuo. La consistenza relativamente contenuta delle opere è compensata dalla loro posizione rispetto al passaggio obbligato fra promontorio, porto e retroterra.

OLB — Olbia

Macroarea: Golfo Aranci–Olbia
B · Sistema ad articolazione intermedia

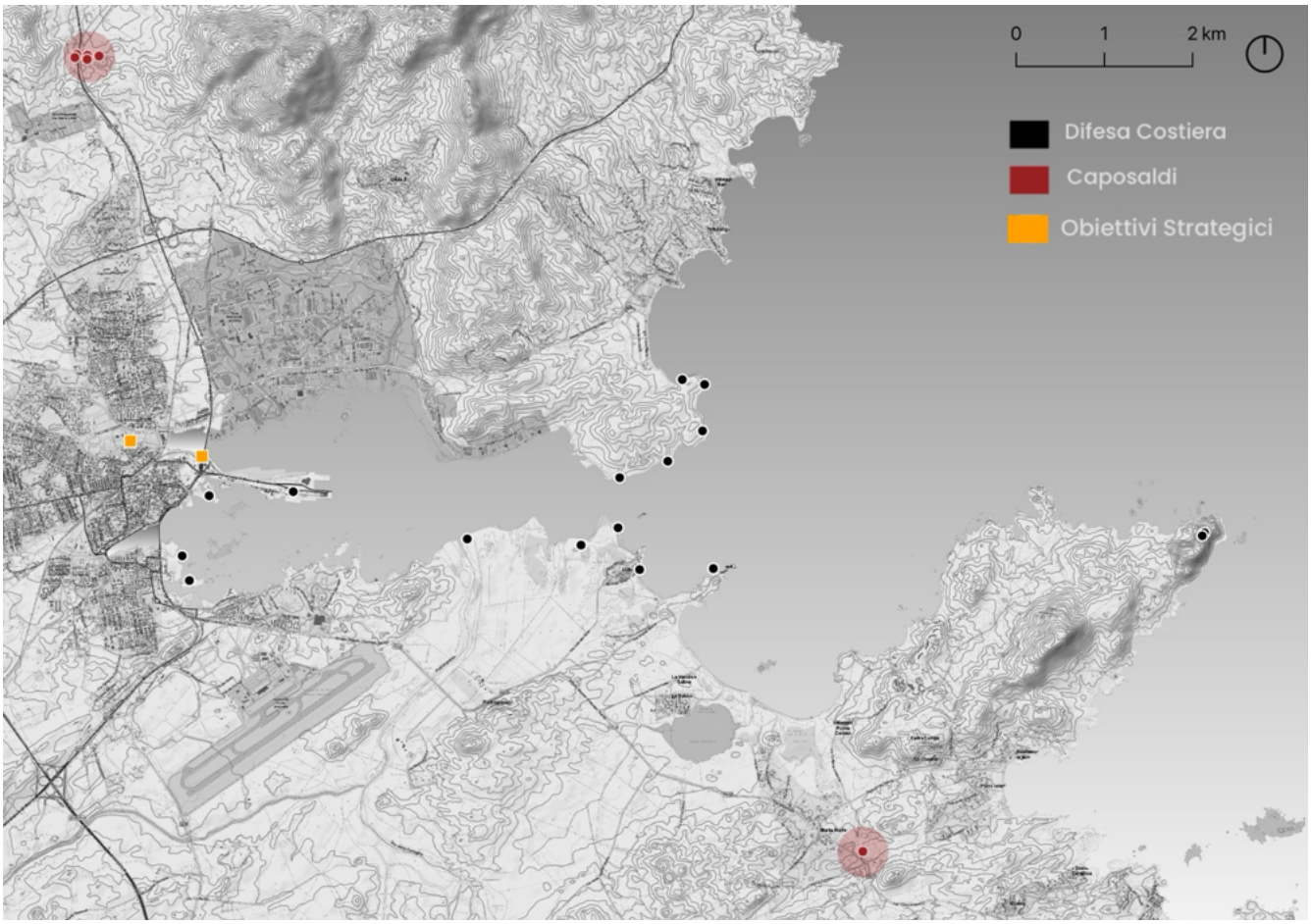


Fig. B.3.2 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Olbia. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Rete difensiva costiera; nuclei e capisaldi di sbarramento; componenti aeroportuali, ricoveri e supporti del nodo infrastrutturale.
Consistenza inventariale	29 record georeferenziati, corrispondenti ad almeno 31 oggetti leggibili; 23 BKC riconoscibili.
Caratteri tipologico-territoriali	Dominante monoarma, integrata da Tobruk, osservazione fortificata e ricoveri. Il sistema controlla porto interno, rientranze costiere, retroporto e principali soglie terrestri.
Carattere distintivo	Difesa costiero-portuale introversa, organizzata lungo le acque interne del golfo e le direttrici di accesso al nodo urbano e infrastrutturale.
Leggibilità attuale	Discontinua. Diversi nuclei risultano compromessi, non rintracciati o assorbiti dalle trasformazioni infrastrutturali; il grande caposaldo progettuale di Maladormida documenta uno scarto particolarmente forte fra progetto e permanenza.

Sintesi territoriale — Olbia organizza la difesa intorno a un porto interno e alle relative soglie terrestri anziché mediante un arco continuo. Nuclei costieri, sbarramenti e componenti infrastrutturali selezionano gli accessi al golfo e al retroporto; la ricostruzione del sistema richiede pertanto il confronto costante fra permanenze, fonti e georeferenziazione.

MAD — La Maddalena

Macroarea: Arcipelago della Maddalena e costa nord prospiciente
C · Sistema specialistico o selettivo

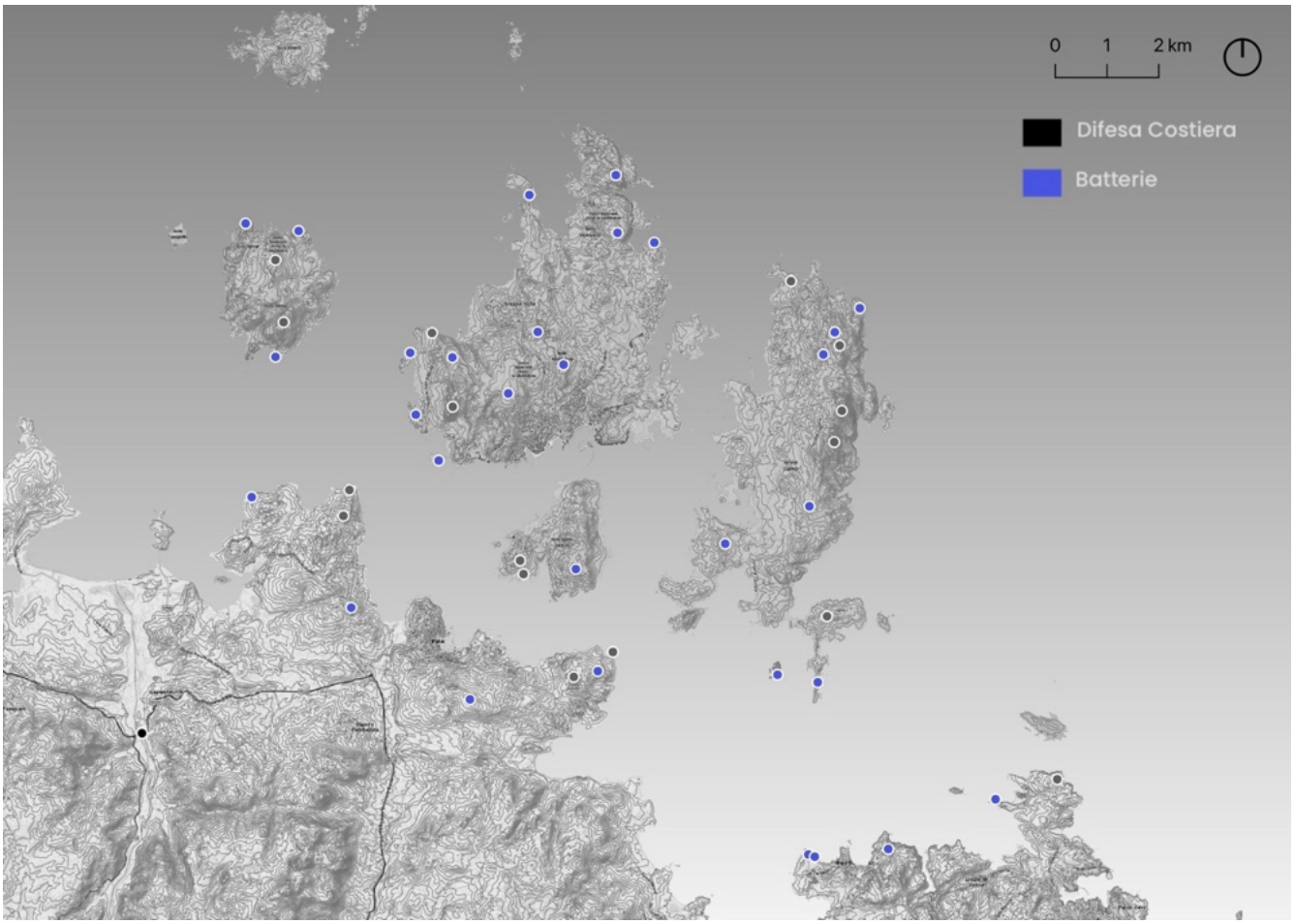


Fig. B.3.3 — Individuazione GIS delle componenti difensive della Seconda guerra mondiale nell'Arcipelago della Maddalena e sulla costa prospiciente. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Gruppi di batterie; difesa antiaerea; vedette e osservazione costiera; reti fotoelettriche; rifugi e supporti; presìdi di soglia sulla costa gallurese.
Consistenza inventariale	52 elementi nel quadro operativo: 31 riferiti a batterie o nodi di batteria, 18 alla rete di osservazione e controllo costiero, oltre ai presìdi di Porto Pozzo e Ponte Liscia.
Caratteri tipologico-territoriali	La componente BKC è marginale; prevalgono dispositivi specialistici di artiglieria, osservazione, scoperta, difesa contraerea e supporto.
Carattere distintivo	Piazzaforte insulare-navale stratificata, fondata sul controllo di canali, rotte, approdi e specchi d'acqua piuttosto che sulla costruzione di un fronte terrestre continuo.
Leggibilità attuale	Diseguale ma significativa. Numerose batterie e strutture specialistiche mantengono una forte presenza territoriale; altre componenti sono frammentarie o leggibili prevalentemente attraverso la documentazione.

Sintesi territoriale — La Maddalena costituisce il caso specialistico più netto del repertorio regionale. Il peso strategico non è espresso dalla quantità di bunker da combattimento, ma dalla cooperazione fra batterie, osservazione, difesa contraerea, apparati di scoperta e infrastrutture protettive, organizzate in rapporto alla morfologia insulare e ai passaggi marittimi dell'arcipelago.

PTO — Porto Torres

Macroarea: Sardegna nord-occidentale
A · Sistema multilivello



Fig. B.3.4 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Porto Torres. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Arco di contenimento; rete costiera e difesa portuale; batterie; opere di osservazione e componenti complementari.
Consistenza inventariale	67 elementi nel quadro operativo: 58 nell'arco, 6 nel sistema delle batterie e 3 nella sintesi georeferenziata della difesa costiera.
Caratteri tipologico-territoriali	Prevalenza di soluzioni essenziali e ripetibili, con casematte monoarma, Tobruk, postazioni leggere e opere di supporto integrate alla protezione del nodo portuale.
Carattere distintivo	Sistema multilivello nel quale porto, litorale e direttrici retrostanti vengono controllati mediante una combinazione di contenimento arretrato e difesa ravvicinata.
Leggibilità attuale	Fortemente diseguale. I primi capisaldi dell'arco, interessati dalle trasformazioni industriali e portuali, sono in larga parte perduti; i nuclei successivi conservano una leggibilità nettamente maggiore.

Sintesi territoriale — Porto Torres conserva la struttura di un dispositivo maturo anche dove la permanenza materiale è compromessa. La perdita di numerosi nuclei nell'area industriale non annulla la possibilità di ricostruire la cooperazione originaria fra arco, porto, batterie e margine costiero, distinguendo con chiarezza struttura storica e stato attuale.

ALG — Alghero

Macroarea: Alghero–Porto Ferro
A · Sistema multilivello

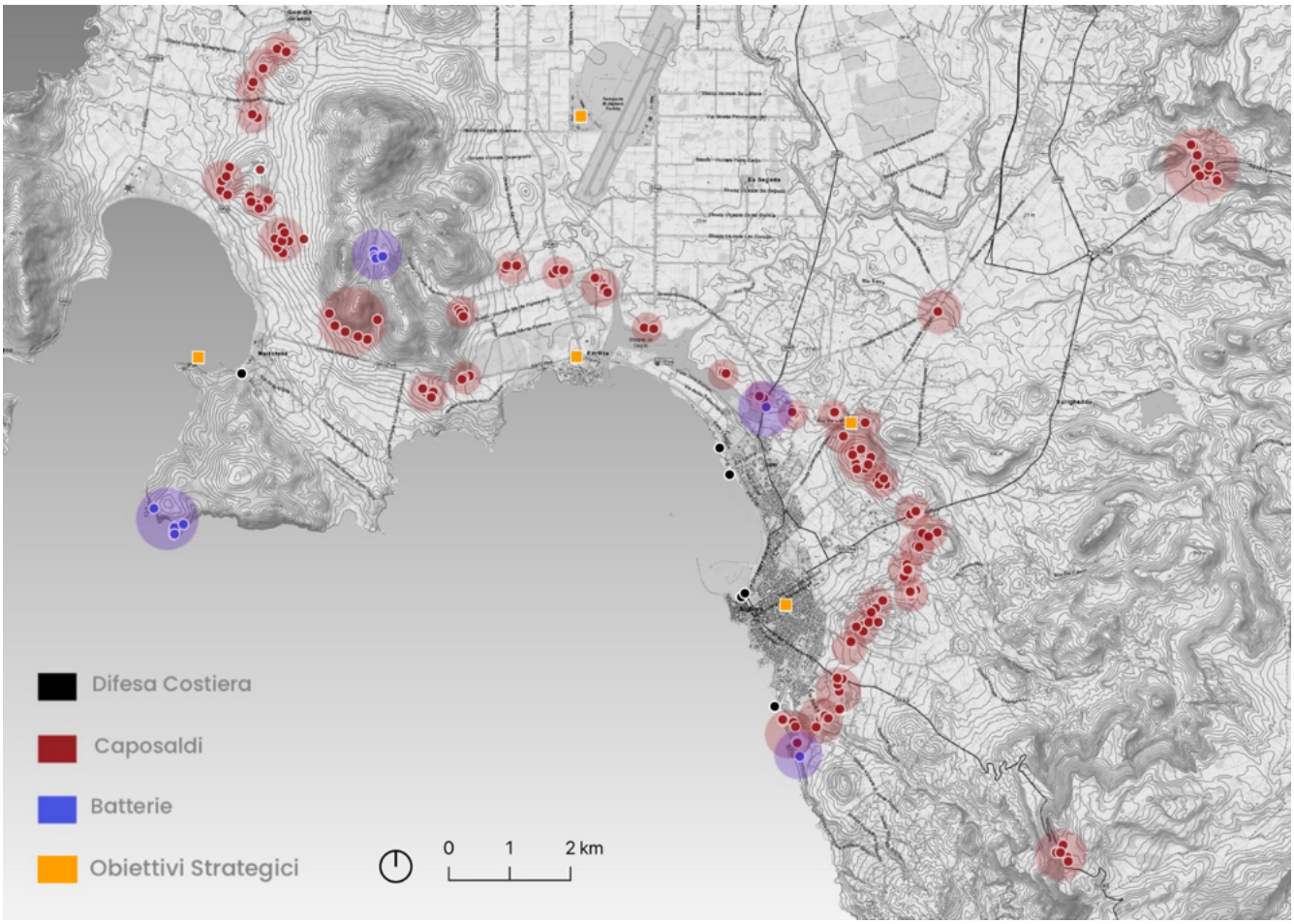


Fig. B.3.5 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Alghero. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Grande arco di contenimento; difesa costiera e portuale; batterie; sbarramenti stradali e territoriali; osservazione e supporti.
Consistenza inventariale	209 elementi nel quadro operativo del censimento. Il censimento documenta un sistema molto esteso, sviluppato a partire da un programma originariamente ancora più ampio e successivamente ridimensionato.
Caratteri tipologico-territoriali	Forte prevalenza di casematte monoarma e Tobruk, con opere controcarro e dispositivi specialistici concentrati nei nodi e negli sbarramenti più sensibili.
Carattere distintivo	Estensione e profondità territoriale: il dispositivo connette golfo, porto, aeroporto, rilievi, approdi e direttrici interne, adattando la serialità delle cellule semplici alla morfologia del settore.
Leggibilità attuale	Diseguale. Alcuni nuclei sono alterati, inglobati o perduti, mentre altri conservano relazioni ancora chiare con visuali, percorsi, rilievi e soglie di accesso.

Sintesi territoriale — Alghero costituisce uno dei sistemi regionali più estesi e articolati. La forte ripetizione di cellule monoarma non produce una difesa uniforme: batterie, controcarro e sbarramenti rafforzano selettivamente i passaggi nei quali approdo, infrastrutture e morfologia rendevano più probabile o controllabile una penetrazione verso l'interno.

PTF

Macroarea: Alghero–Porto Ferro
B · Sistema ad articolazione intermedia



Fig. B.3.6 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Porto Ferro. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Arco di contenimento e rete difensiva costiera, coordinati in rapporto alla spiaggia, al Lago Baratz e ai rilievi retrostanti.
Consistenza inventariale	44 elementi nel quadro operativo; 42 BKC riconoscibili.
Caratteri tipologico-territoriali	Dominante monoarma, con significativa presenza di Tobruk e un rafforzamento puntuale attraverso opere controcarro.
Carattere distintivo	Sistema raccolto e coerente nel quale contenimento arretrato e presidio dell'approdo costituiscono due componenti complementari dello stesso dispositivo.
Leggibilità attuale	Relativamente buona nei nuclei in cui permane il rapporto fra opere, spiaggia, Lago Baratz e rilievi; vegetazione, trasformazioni e mancata rintracciabilità producono lacune puntuali.

Sintesi territoriale — Porto Ferro prolunga verso nord-ovest la logica del sistema alghere se in una configurazione più compatta. La minore varietà dei sottosistemi non corrisponde a una debolezza strutturale: arco e difesa costiera mantengono una relazione leggibile con approdi, margine sabbioso e direttrici di accesso verso il retroterra.

BOS — Bosa

Macroarea: Bosa
B · Sistema ad articolazione intermedia

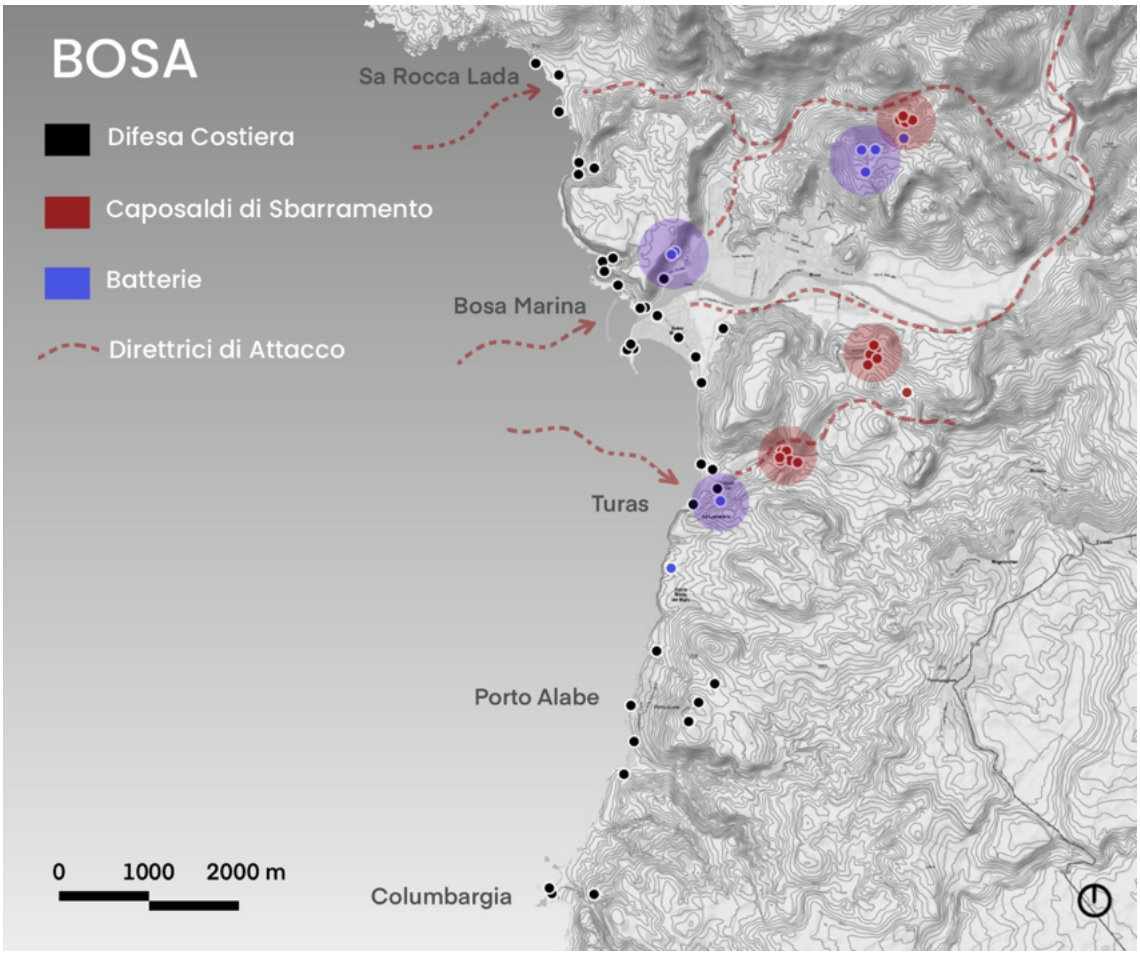


Fig. B.3.7 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Bosa. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Rete difensiva costiera; batterie; tre principali sistemi di sbarramento delle direttrici interne.
Consistenza inventariale	62 elementi nel quadro georeferenziato; la sintesi inventariale estesa restituisce 65 entità, con differenze dovute alla granularità e allo statuto delle componenti di batteria.
Caratteri tipologico-territoriali	Nuclei fissi della prima fase lungo la costa; successivo rafforzamento mediante casematte monoarma, Tobruk e opere controcarro negli sbarramenti.
Carattere distintivo	Difesa selettiva calibrata su porto, foce del Temo, piccoli approdi e poche direttrici terrestri praticabili.
Leggibilità attuale	Diseguale. Gli sbarramenti interni costituiscono la componente più immediatamente leggibile; le batterie risultano materialmente più frammentarie, mentre diverse opere costiere conservano ancora una presenza riconoscibile.

Sintesi territoriale — Bosa mostra con particolare chiarezza una logica di economia difensiva. La morfologia accidentata limita gli approdi e permette di concentrare le opere sulle reali soglie di accesso; rete costiera e sbarramenti interni costruiscono così una difesa compatta, mentre la componente di batteria completa il controllo marittimo con una permanenza materiale più frammentaria.

ORI — Oristano

Macroarea: Golfo di Oristano
A · Sistema multilivello



Fig. B.3.8 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Oristano. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Arco di contenimento; rete difensiva costiera e nodi di soglia; batteria; componenti aeroportuali e di supporto.
Consistenza inventariale	61 elementi nel quadro operativo GIS; 52 BKC riconoscibili. L'arco costituisce il sottosistema dominante.
Caratteri tipologico-territoriali	Prevalenza delle casematte poliarma nei capisaldi dell'arco; presenza più selettiva di monoarma nella difesa costiera. Forte relazione con margini lagunari, ponti, infrastrutture e soglie territoriali.
Camouflage	Particolarmente sviluppato il camouflage architettonico, con opere configurate come case, cappelle, capanne, idrovore e altri piccoli manufatti civili o tecnici.
Leggibilità attuale	Discontinua. Molti nuclei risultano perduti o fortemente frammentati; nell'area di Santa Giusta e Case Sassu permangono tuttavia opere e relazioni territoriali ancora leggibili, mentre altri settori sono ricostruibili prevalentemente attraverso le fonti.

Sintesi territoriale — Oristano configura un sistema difensivo asimmetrico e selettivo, organizzato attorno alle soglie lagunari e infrastrutturali comprese fra Case Sassu, Santa Giusta, Fenosu e lo Stagno di Cabras. La prevalenza delle casematte poliarma nell'arco, la presenza di nuclei costieri più semplici e il ricorso diffuso al camouflage architettonico restituiscono un dispositivo nel quale adattamento locale, controllo delle direttrici e rapporto con il paesaggio antropizzato prevalgono sulla serialità e sulla continuità materiale del fronte.

ARB — Arborea

Macroarea: Golfo di Oristano
A · Sistema multilivello



Fig. B.3.9 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Arborea. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Ampio arco di contenimento; rete difensiva costiera; batterie e componenti specialistiche connesse alla piana di bonifica.
Consistenza inventariale	Circa 92–93 elementi nel quadro operativo, con circa 82–83 BKC riconoscibili; le differenze dipendono dalla granularità fra record, oggetti e componenti specialistiche.
Caratteri tipologico-territoriali	Netta dominante monoarma: circa 77 casematte riconducibili alla famiglia costituiscono la struttura tipologica principale del settore.
Carattere distintivo	Forte corrispondenza fra serialità tipologica e geometria della bonifica: strade, canali, incroci, appezzamenti e stagni organizzano la distribuzione delle cellule difensive.
Leggibilità attuale	Complessivamente buona alla scala territoriale, pur con perdite e trasformazioni puntuali. La regolarità della maglia consente di ricostruire con particolare chiarezza la logica del dispositivo.

Sintesi territoriale — Arborea rappresenta il caso regionale nel quale la ripetizione della cellula monoarma dialoga più direttamente con un paesaggio artificialmente ordinato. La geometria della bonifica diventa supporto del sistema difensivo e rende ancora leggibile la relazione fra capisaldi, infrastrutture, canali, margine costiero e organizzazione agraria.

FLU — Fluminimaggiore–Portixeddu

Macroarea: Sardegna sud-occidentale
C · Sistema specialistico o selettivo

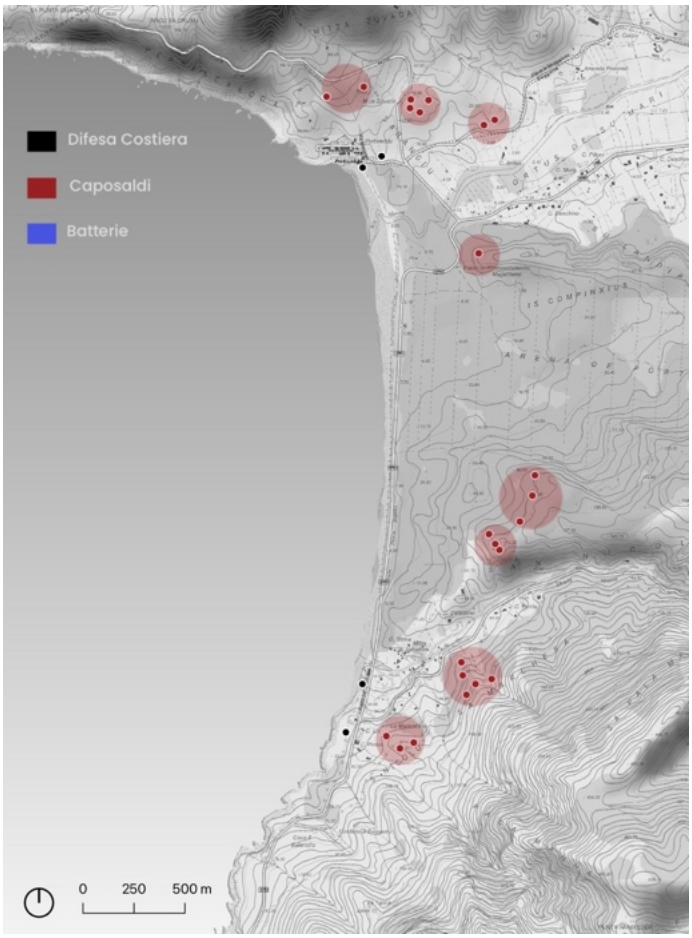


Fig. B.3.10— Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Fluminimaggiore–Portixeddu. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Arco di Portixeddu–San Nicolao e piccolo sistema costiero di nuclei fissi e opere di spiaggia; sbarramento interno associato ma distinto dal conteggio settoriale.
Consistenza inventariale	27 elementi nel quadro operativo: 24 nell'arco e 3 nella rete costiera; circa 25 BKC riconoscibili.
Caratteri tipologico-territoriali	Marcata dominante monoarma, accompagnata da pochi Tobruk/barbette e da una presenza controcarro puntuale.
Carattere distintivo	Sistema di piccola scala fortemente dipendente dalla morfologia dunare e dal controllo della spiaggia e delle prime direttrici verso l'interno.
Leggibilità attuale	Generalmente significativa nei nuclei superstiti; il nodo di Grosseto costituisce una lacuna documentata, con opere non più rintracciabili.

Sintesi territoriale — Fluminimaggiore documenta una difesa di approdo relativamente contenuta, nella quale la reiterazione monoarma e pochi innesti specialistici vengono distribuiti secondo le condizioni della spiaggia, delle dune e delle vie di penetrazione. La discontinuità materiale non impedisce di riconoscere un sistema semplice ma territorialmente coerente.

FON — Fontanamare

Macroarea: Sardegna sud-occidentale
B · Sistema ad articolazione intermedia

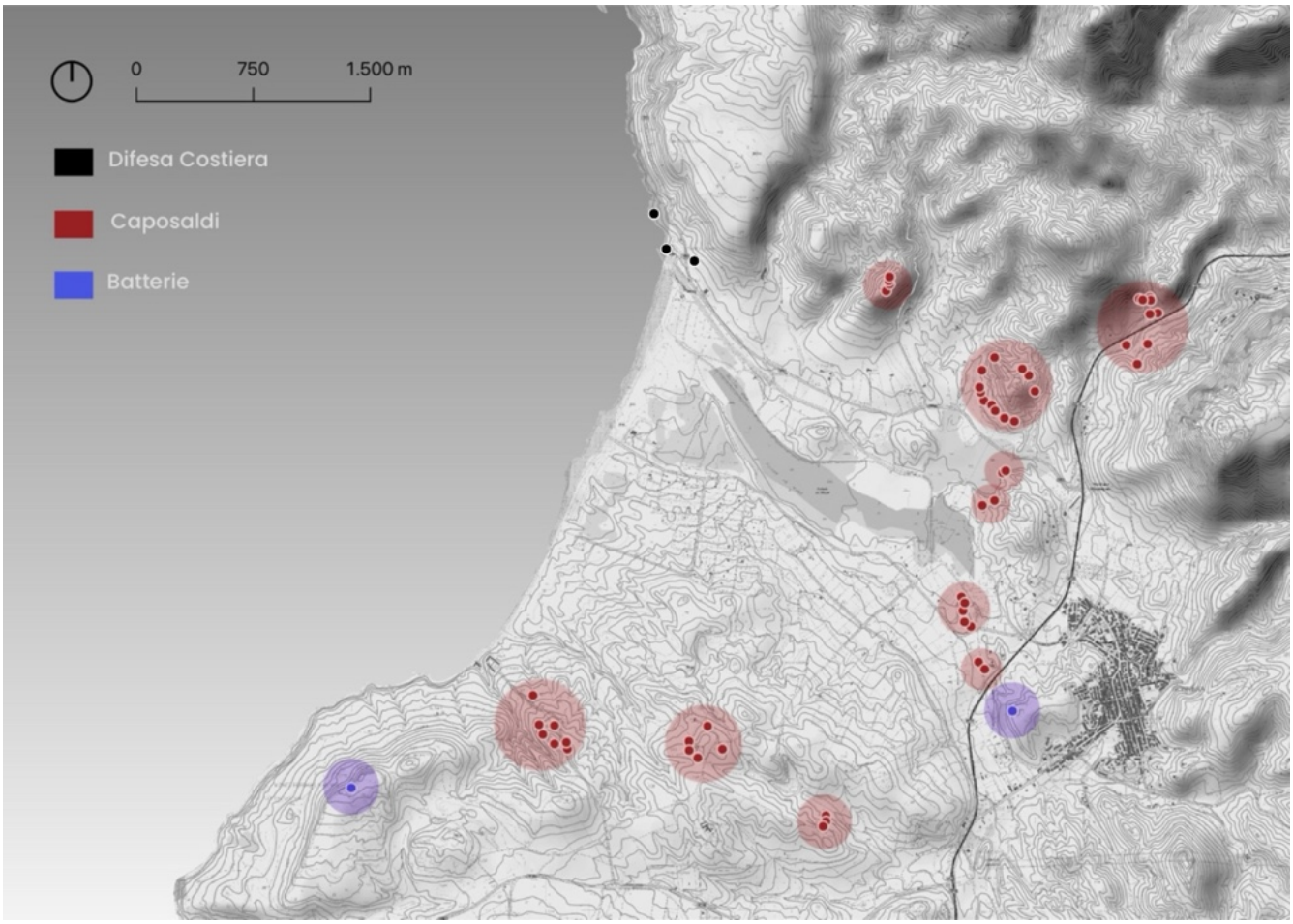


Fig. B.3.11— Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Fontanamare. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Arco di contenimento dominante; opere campali e semipermanenti; presidio ravvicinato della spiaggia; attestazioni di batteria non consolidate come sottosistema autonomo.
Consistenza inventariale	48 elementi nel quadro operativo; il nucleo permanente è dominato da 22 BKC monoarma e 13 Tobruk/barbette, con due opere controcarro.
Caratteri tipologico-territoriali	Forte compresenza di monoarma e Tobruk/barbette; presenza di opere campali, trinceramenti e soluzioni di interdizione che documentano una costruzione selettiva del dispositivo.
Carattere distintivo	Forte scarto fra progetto, avanzamento del cantiere e permanenza: diversi capisaldi risultano non costruiti, non completati o non più rintracciabili.
Leggibilità attuale	Diseguale. Alcuni nuclei conservano bene il rapporto fra pendio, opere e controllo visuale; altri sono frammentari o dipendono in misura maggiore dalla documentazione.

Sintesi territoriale — Fontanamare occupa una posizione intermedia fra i piccoli sistemi di approdo e i grandi dispositivi maggiormente articolati del Sulcis. La struttura dell'arco resta riconoscibile, ma revisioni progettuali, opere campali e lacune costruttive producono un sistema ridotto e selettivo, particolarmente utile per leggere il rapporto fra progetto e realizzazione.

PSC — Portoscuso

Macroarea: Sardegna sud-occidentale
A · Sistema multilivello

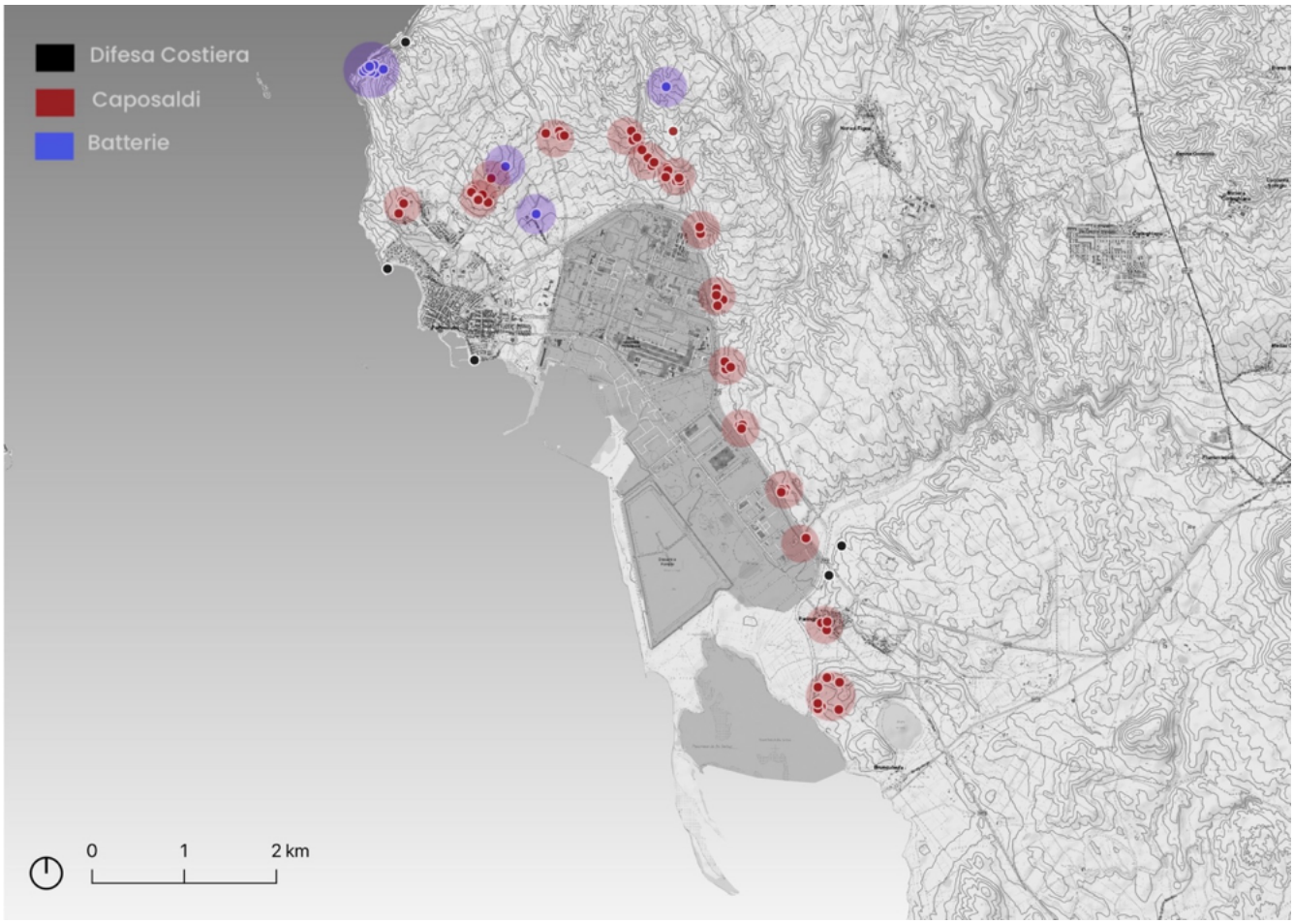


Fig. B.3.12 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Portoscuso. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Arco di contenimento; difesa costiera ravvicinata; batterie, osservazione e componenti complementari connesse al porto e al retroterra produttivo.
Consistenza inventariale	73 elementi nel quadro operativo; 53 BKC riconoscibili.
Caratteri tipologico-territoriali	Dominante monoarma, accompagnata da una quota consistente di poliarma nei nodi più complessi e da Tobruk, ricoveri e dispositivi specialistici.
Carattere distintivo	Forte integrazione fra porto, costa immediata, arco arretrato e sistema industriale-minerario del retroterra.
Leggibilità attuale	Disomogenea ma strutturalmente forte. Nuclei molto leggibili si alternano a complessi quasi completamente perduti; le lacune non cancellano tuttavia la riconoscibilità generale dell'arco.

Sintesi territoriale — Portoscuso costituisce un sistema maturo nel quale la serialità monoarma viene rafforzata selettivamente attraverso poliarma e componenti specialistiche. La cooperazione fra arco, porto, difesa costiera e batterie rende ancora leggibile il dispositivo anche in presenza di perdite rilevanti e trasformazioni del paesaggio produttivo.

SCT — Santa Caterina

Macroarea: Sardegna sud-occidentale
A · Sistema multilivello

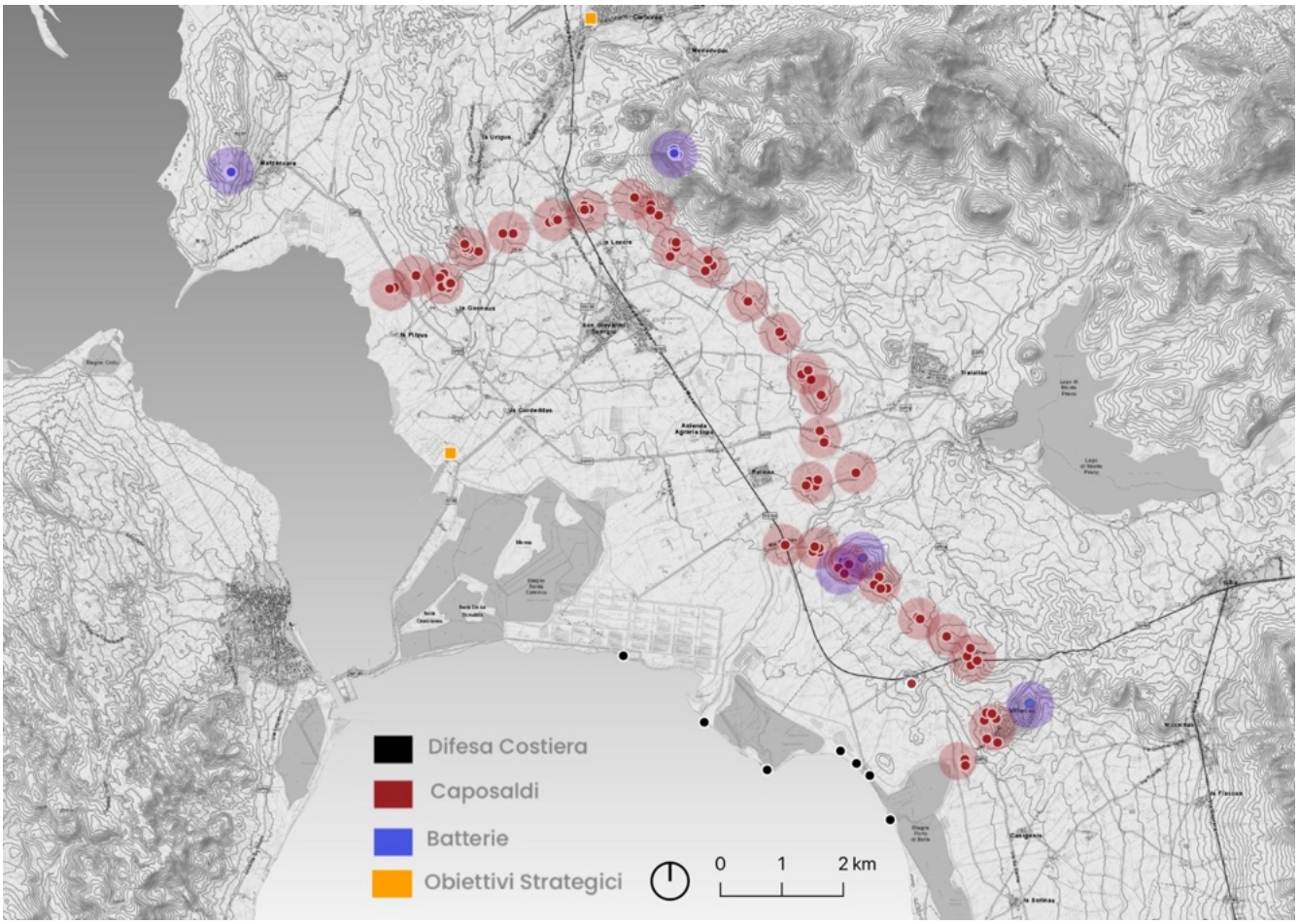


Fig. B.3.13 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Santa Caterina. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Grande arco di contenimento; rete costiera; batterie e osservazione specialistica; ricoveri, supporti e dispositivi complementari.
Consistenza inventariale	137 elementi nel quadro operativo: 104 nell'arco, 7 nella rete costiera e 26 nel sistema delle batterie e dell'osservazione.
Caratteri tipologico-territoriali	Eccezionale prevalenza delle configurazioni poliarma, presenti sia nell'arco sia nella rete costiera; significativa componente di Tobruk/barbette e strutture specialistiche.
Carattere distintivo	Elevata densità fortificatoria associata a un grado avanzato di articolazione tipologica e alla cooperazione fra combattimento, artiglieria, osservazione e supporto.
Leggibilità attuale	Fra le più elevate del repertorio regionale. Numerosi nuclei conservano relazioni ancora riconoscibili con rilievi, visuali, infrastrutture e margini costieri, pur con perdite puntuali.

Sintesi territoriale — Santa Caterina costituisce uno dei sistemi più densi e compiuti della Sardegna sud-occidentale. La dominante poliarma e la forte integrazione fra arco, rete costiera, batterie e supporti definiscono un dispositivo nel quale intensità fortificatoria e qualità delle relazioni territoriali risultano ancora ampiamente leggibili.

SAN — Sant’Antioco–San Pietro

Macroarea: Sardegna sud-occidentale
C · Sistema specialistico o selettivo

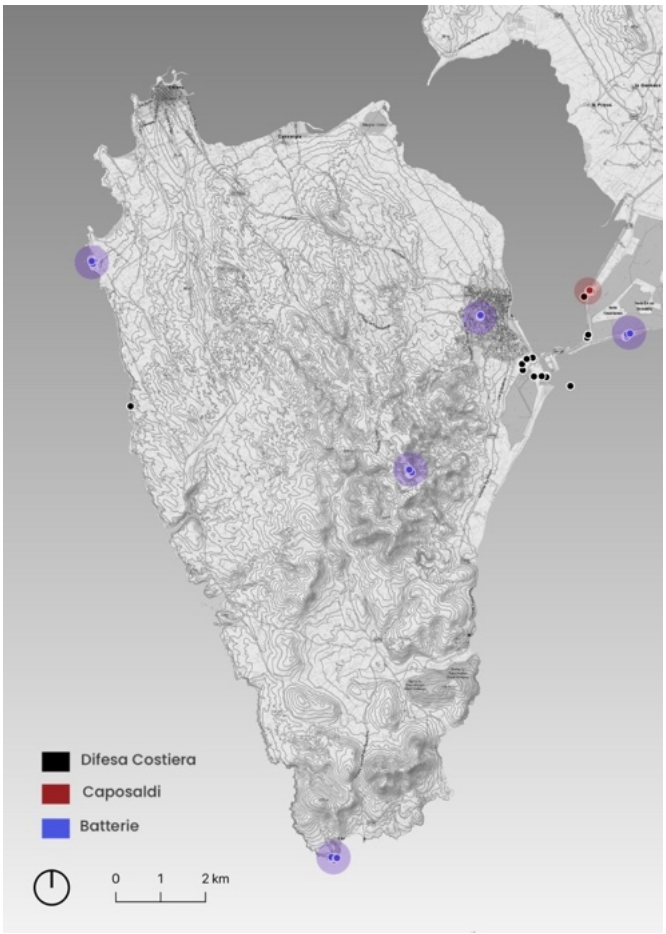


Fig. B.3.14 — Individuazione GIS delle componenti difensive della Seconda guerra mondiale nel sistema di Sant’Antioco–San Pietro. Elaborazione dell’autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Presìdi insulari e di canale; batterie; osservazione e direzione del tiro; nodo fortificato dell’istmo; strutture complementari e di supporto.
Consistenza inventariale	52 elementi nel quadro operativo; 14 BKC direttamente riconducibili ai nuclei fortificati dell’istmo, mentre batterie e piazzole costituiscono una componente numericamente e funzionalmente molto rilevante.
Caratteri tipologico-territoriali	Elevata eterogeneità funzionale: piazzole, batterie, osservatori, BKT, BKO e opere di presidio affiancano le casematte da combattimento.
Carattere distintivo	Il peso strategico supera nettamente la densità strettamente BKC: il sistema è costruito per controllare spazio acqueo, canali, approdi, attraversamenti e raccordi fra isole e terraferma.
Leggibilità attuale	Discontinua. L’istmo conserva la componente materiale più immediatamente leggibile; altre parti del sistema dipendono maggiormente dalla ricostruzione documentaria delle batterie e dei dispositivi di osservazione.

Sintesi territoriale — Sant’Antioco–San Pietro non costituisce un normale settore costiero ad arco. Il dispositivo sfrutta la condizione insulare e di canale attraverso batterie, osservazione e presìdi selettivi, concentrando invece le opere permanenti da combattimento nella soglia terrestre dell’istmo. La sua rilevanza è quindi principalmente sistemica e marittima.

PPI — Porto Pino

Macroarea: Sardegna sud-occidentale
C · Sistema specialistico o selettivo

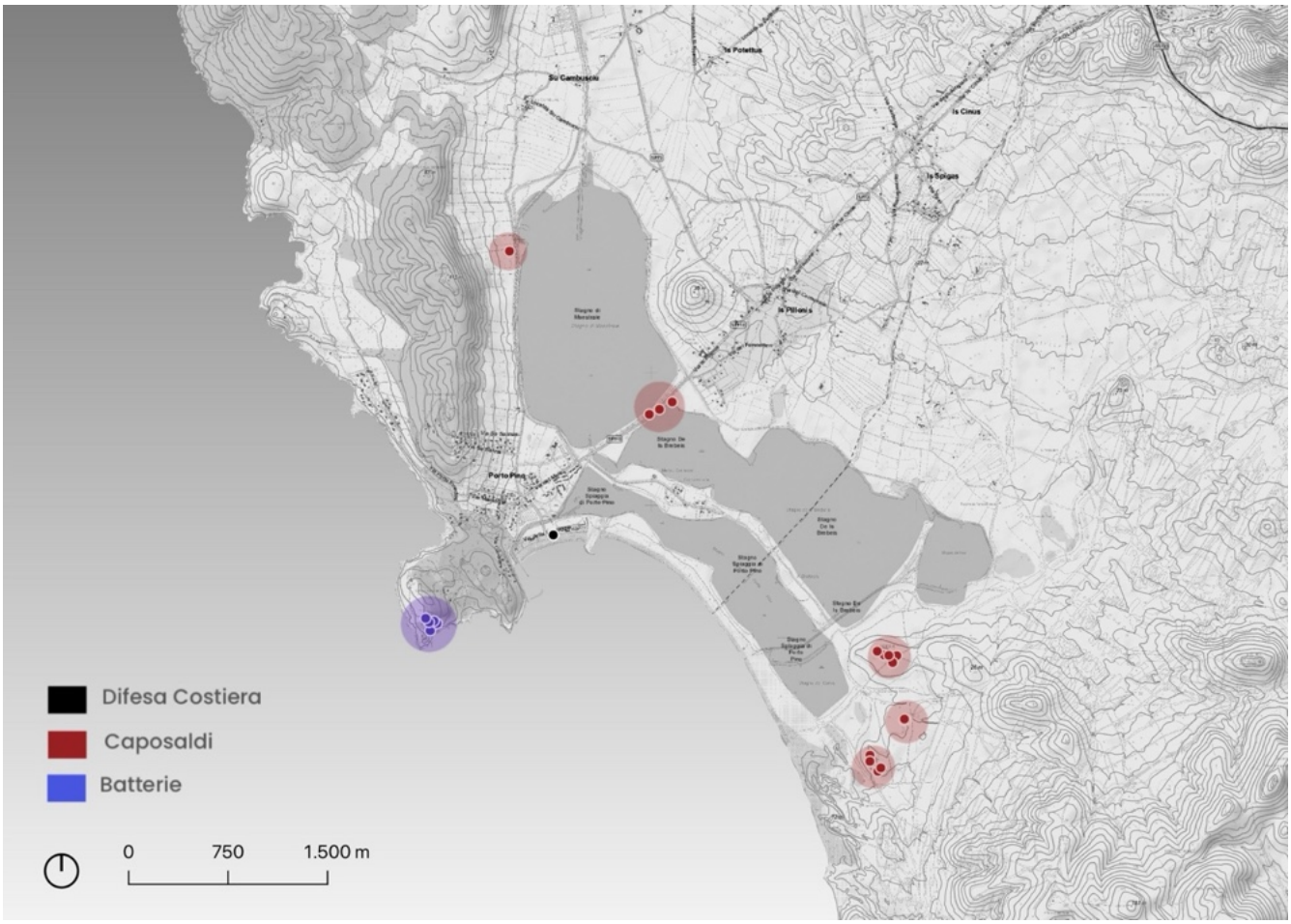


Fig. B.3.15— Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Porto Pino. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento**.**

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Arco compatto fra Guardia Bue e le quote retrostanti; nodo fortificato dell'istmo; presidio ravvicinato della spiaggia; osservazione costiera; batteria "Candiani".
Consistenza inventariale	25 elementi nel quadro operativo. La componente BKC è dominata da 11 poliarma, affiancate da 3 monoarma e da presenze specialistiche puntuali.
Caratteri tipologico-territoriali	Prevalenza poliarma nell'arco principale; variazione tipologica nel nodo dell'istmo; piccola componente monoarma lungo il margine costiero.
Carattere distintivo	Concentrazione di tre condizioni territoriali — rilievo, istmo e fascia dunare-costiera — entro un sistema di dimensioni contenute ma fortemente coordinato.
Leggibilità attuale	Buona in diversi nuclei, in particolare Foligno, Napoli e Ascoli; sono presenti tuttavia distruzioni selettive, trasformazioni successive e opere progettate o iniziate ma non rintracciate.

Sintesi territoriale — Porto Pino dimostra come un settore di dimensioni contenute possa raggiungere un'elevata articolazione attraverso la selezione delle soglie. L'arco poliarma controlla i rilievi, il nodo dell'istmo concentra l'interdizione terrestre e la difesa costiera presidia il margine dunare, mentre la batteria completa il dispositivo verso lo spazio marittimo.

TEU — Teulada

Macroarea: Sardegna sud-occidentale
C · Sistema specialistico o selettivo

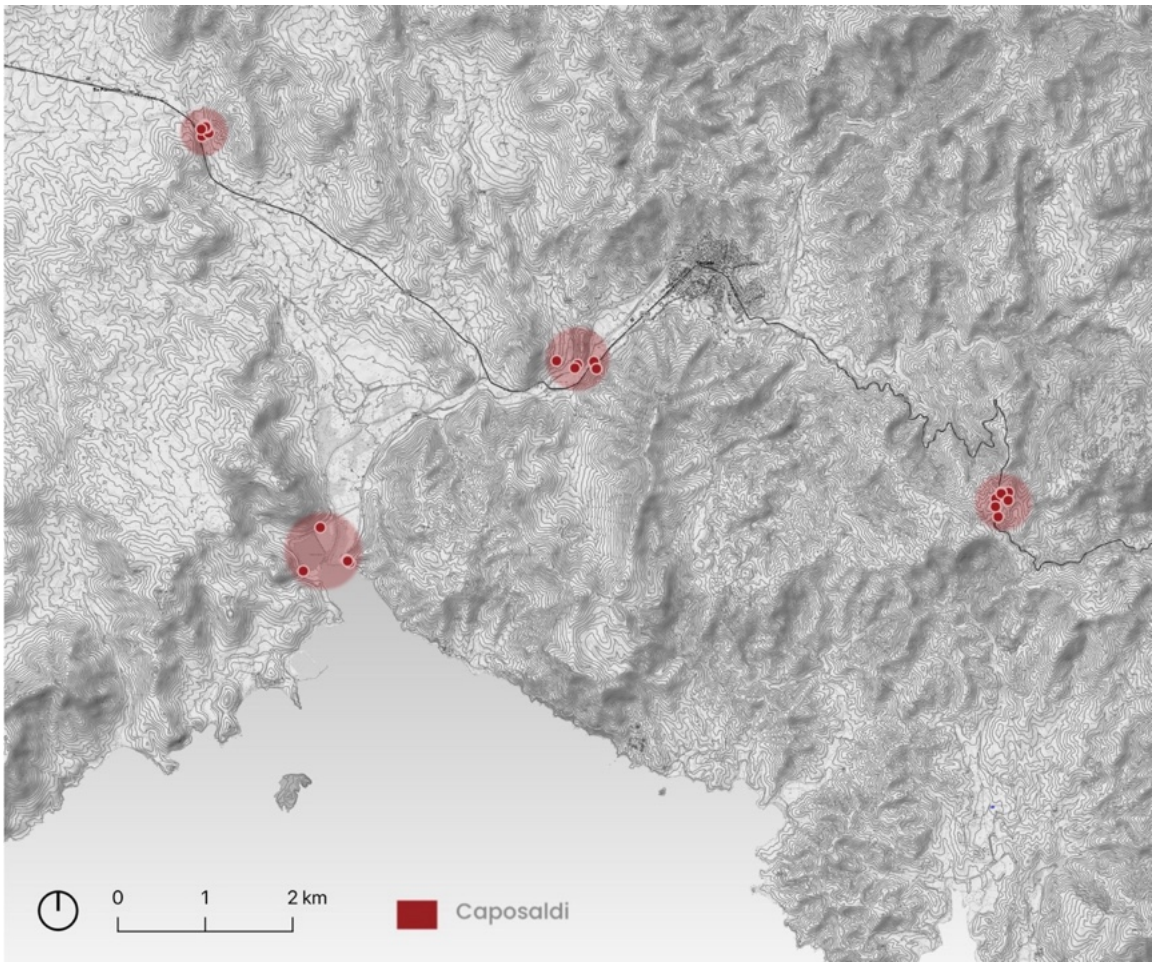


Fig. B.3.16 — Individuazione GIS delle architetture difensive della Seconda guerra mondiale nel settore di Teulada. Elaborazione dell'autore su base GIS e dati del censimento.

Campo	Sintesi
Struttura del sistema	Nuclei di sbarramento e presidio distribuiti fra Porto Budello, Domus de Maria–Firenze, Teulada–Velletri e Monte Arbus–Teramo; osservazione e componenti complementari associate.
Consistenza inventariale	25 record georeferenziati, corrispondenti ad almeno 26 oggetti; 21 BKC riconoscibili costituiscono il nucleo principale del sistema.
Caratteri tipologico-territoriali	Prevalenza monoarma, accompagnata da Tobruk/barbette, opere controcarro e pochi BKC non ulteriormente qualificati.
Carattere distintivo	Sistema di margine e transizione costruito per nuclei puntuali, calibrati su approdi, strade, passaggi obbligati e collegamenti fra costa e retroterra.
Leggibilità attuale	Frammentaria ma significativa. I nuclei non costituiscono un fronte continuo e alcune opere risultano perdute o documentate soltanto progettualmente; le principali soglie rimangono tuttavia interpretabili.

Sintesi territoriale — Teulada chiude il sistema sud-occidentale attraverso una difesa per nuclei anziché mediante un grande arco continuo. La distribuzione delle opere segue approdi, viabilità e soglie di penetrazione, costruendo una profondità selettiva nella quale la dominante monoarma viene rafforzata localmente da Tobruk, controcarro e opere complementari.

B.4 — Indice degli apparati iconografici e crediti

La paternità dei materiali è indicata nelle singole didascalie. In assenza di un credito specifico, fotografie, disegni, rilievi, restituzioni grafiche, elaborazioni cartografiche, schemi e composizioni sono dell'autore. I contributi di collaboratori e i materiali provenienti da archivi, pubblicazioni, istituzioni o risorse digitali sono riepilogati nel § B.4.2.

B.4.1 — Indice sintetico delle figure

Sezioni introduttive
Figg. 1–7 — Prefazione, motivazioni, ringraziamenti, introduzione e sintesi della struttura della ricerca.

Capitolo 1 — Quadro teorico, statuto del bunker e Muro Mediterraneo
Figg. 1–23.

Capitolo 2 — La banca dati delle architetture difensive e il sistema informativo territoriale
Figg. 1–19.

Capitolo 3 — Protocollo di documentazione e rappresentazione del paesaggio militare
Figg. 1–52.
Parte I — Rilievo integrato e output metrici e analitici: figg. 1–20.
Parte II — Rilievo percettivo e conoscenza situata: figg. 21–49.
Parte III — Rappresentazione ibrida, Atlante e narrazione grafica: figg. 50–52.

Capitolo 4 — La forma del sistema difensivo sardo: il caso guida del Golfo di Cagliari
Figg. 1–20.

Capitolo 5 — Atlante del Golfo di Cagliari: attraversare e leggere il paesaggio militare
Figg. 1–156.

Settore QSE — Quartu Sant'Elena: figg. 1–91.
Settore CAG — Cagliari: figg. 92–140.
Settore CAP — Capoterra: figg. 141–153.
Settore PUL — Pula: figg. 154–156.

Le figure del Capitolo 5 comprendono tavole territoriali e di raggruppamento, Schede minime BKC, restituzioni metriche e digitali, tavole percettive e rappresentazioni multilivello appartenenti alle famiglie T, R, D, P e M. La successione delle tavole coincide con la sequenza iconografica dell'Atlante e la relativa famiglia è identificata nelle didascalie; non viene pertanto predisposto un ulteriore elenco analitico delle tavole.

Capitolo 6 — Genealogia dei bunker del sistema sardo: tipologie e confronti mediterranei
Figg. 1–70.

Capitolo 7 — La valorizzazione del paesaggio militare in Sardegna
Figg. 1–20.

Capitolo 8 — Conclusioni e prospettive
Figg. 1–3.

B.4.2 — Crediti e fonti iconografiche esterne

Contributi fotografici, grafici e di rilievo

Raffaele Argiolas — acquisizioni laser scanning, rilievi e nuvole di punti: Cap. 3, figg. 8, 9 e 50.

Emanuela Chiavoni — disegno percettivo presso la batteria Carlo Faldi: Cap. 3, fig. 21.

Daniele Grioni — documentazione fotografica: Cap. 5, figg. 30 e 155; Cap. 6, fig. 24.

Andrés Martínez-Medina — documentazione fotografica: Cap. 1, figg. 1 e 5; disegno percettivo: Cap. 3, fig. 21.

Nicola Paba — fotografia, ricognizioni UAV, rilievi fotogrammetrici e nuvole di punti: Cap. 1, fig. 21; Cap. 2, fig. 11; Cap. 3, figg. 5, 8, 10–12, 15, 50 e 51; Cap. 5, figg. 8, 9 e 19.

Andrea Pirinu — fotografie, elaborazioni e disegni: sezioni introduttive, fig. 3; Cap. 1, figg. 7 e 23; Cap. 3, figg. 2, 5, 21 e 48; Cap. 4, fig. 2; Cap. 5, fig. 84; Cap. 6, fig. 38.

Gabriella Serri — documentazione fotografica: sezioni introduttive, fig. 3; Cap. 8, fig. 2.

Vincenzo Bagnolo — documentazione fotografica: Cap. 1, fig. 23.

Archivi, istituzioni e collezioni documentarie

Archivio del XIV Reparto Infrastrutture, Cagliari — documentazione tecnico-militare e rilievi delle opere: Cap. 1, figg. 11, 13 e 22; Cap. 6, figg. 1 e 2.

Archivio dell'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito (AUSSME), Roma — cartografie del censimento postbellico del 1948: Cap. 4, figg. 8, 12 e 16.

Istituto Geografico Militare (IGM) — basi e cartografie storiche: Cap. 1, fig. 13; ulteriori impieghi sono specificati nelle singole didascalie.

Ministero della Difesa – Stato Maggiore dell'Esercito — documentazione tecnico-militare relativa al mascheramento: Cap. 1, fig. 11.

ASSFORT Sardegna — documentazione tecnica concessa per il confronto con le opere della Circolare 7000: Cap. 1, fig. 18.

Archives Centre Pompidou — documentazione della mostra *Bunker archéologie*: Cap. 8, fig. 1.

Comune di Cagliari — immagini aeree storiche non ortorettificate del 1963: Cap. 4, fig. 10.

Regione Autonoma della Sardegna — modello digitale del terreno impiegato nelle restituzioni territoriali: Cap. 3, fig. 12.

Basi digitali e cartografiche

Google Earth — immagini zenitali e oblique, ricognizione territoriale e basi per successive elaborazioni: Cap. 2, figg. 8–9; Cap. 3, figg. 12 e 33; Cap. 4, figg. 6 e 14; Cap. 5, figg. 34 e 103; Cap. 6, fig. 66.

Le immagini derivate da basi digitali sono utilizzate secondo la funzione dichiarata nelle rispettive didascalie; quando sottoposte a ridisegno o sovrapposizione interpretativa, la fonte di base rimane distinta dall'elaborazione grafica dell'autore.

Pubblicazioni e fonti iconografiche esterne

Virilio, 1975 — Cap. 1, fig. 2.

Rolf, 1985 — Cap. 1, fig. 3.

Wikimedia Commons — documentazione storica della costruzione di un *Bauform Ringstand*: Cap. 1, fig. 12; fotografia di Arwin Meijer: Cap. 8, fig. 2.

Inventaire général / Evelyne Lohr; Tourisme-Marseille.com — Cap. 1, fig. 16.

George Karidis / WW2Wrecks.com — Cap. 1, fig. 17.

Andrew Lavigne / The Alpine Wall — Cap. 1, fig. 19.

Tommaso Empler, in Caldarone et al. (2024) — Cap. 1, fig. 20.

Martínez-Medina, 2016 — immagine della genealogia dei bunker dalla mostra *Arquitecturas para la defensa de la costa Mediterránea (1936–1939)*: Cap. 6, fig. 51.

Bunker Museum Hanstholm; Atlantikwall Raversyde; Tourisme Bretagne — esempi di musealizzazione dell'Atlantikwall: Cap. 7, fig. 7.

Lorient Bretagne Sud Tourisme / Emmanuel Lemée; Stefa e Mydyti (2012); Verschuure-Stuip (2016) — casi di riuso e trasformazione: Cap. 7, fig. 8.

Kasematte, 2017 — Catrin Bolt, *Tarnrasen*: Cap. 7, fig. 9.

National Trust — Orford Ness: Cap. 7, fig. 10.

Del Real Baeza e Baile Jiménez, 2018 — *Proyecto Atolón*, Capo di Santa Pola: Cap. 7, fig. 11.

Clot de Galvany — planimetria ufficiale del parco: Cap. 7, fig. 13.

Perra et al., 2012 — progetto di riqualificazione della batteria Carlo Faldi: Cap. 7, fig. 17.

Maguolo, 2021; Archives Centre Pompidou — mostra *Bunker archéologie*: Cap. 8, fig. 1.

Marc Gibért; Maria de la Paz; Guillaume Lefebvre; Justo Oliva Meyer; Arwin Meijer — fotografie delle architetture utilizzate nel confronto conclusivo: Cap. 8, fig. 2. Le attribuzioni individuali sono riportate nella relativa didascalia.

B.4.3 — Elenco delle tabelle

Capitolo 2 — La banca dati delle architetture difensive e il sistema informativo territoriale
Tabb. 1–10.

Capitolo 3 — Protocollo di documentazione e rappresentazione del paesaggio militare
Tab. 1 — Componenti, statuti, scale e funzioni delle famiglie di tavole e dei dispositivi documentari che strutturano l'Atlante.

Capitolo 4 — La forma del sistema difensivo sardo: il caso guida del Golfo di Cagliari
Tab. 1 — Consistenza indicativa delle principali macroaree e dei sistemi territoriali.
Tab. 2 — Classificazione dei settori secondo il grado e la forma di articolazione dei sottosistemi difensivi.
Tab. 3 — Componenti principali del dispositivo difensivo del settore di Cagliari.
Tab. 4 — Articolazione inventariale del settore di Quartu Sant'Elena.

Capitolo 6 — Genealogia dei bunker del sistema sardo: tipologie e confronti mediterranei
Tab. 1 — Convenzioni adottate per la costruzione del diagramma massa–vuoto e il calcolo dell'ICP.
Tab. 2 — Classi inventariali degli oggetti architettonici e territoriali del sistema difensivo.
Tab. 3 — Campioni selezionati, funzione analitica, ancoraggi sardi e statuto prevalente delle evidenze.