

# L'isola di Culuccia

Conoscenza del territorio e strategie di valorizzazione

Piergiorgio Chiodello

Maria Carla Cugudda



**Politecnico  
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per la Sostenibilità

A.A 2022/2023

Sessione di Laurea Dicembre 2023

## **L'isola di Culuccia**

Conoscenza del territorio e strategie per la valorizzazione

Tesi di Laurea Magistrale

**Relatore:**

Prof. Filiberto Chiabrando

**Correlatori:**

Prof.ssa Elena Vigliocco

Prof. Andrea Maria Lingua

**Candidati:**

Piergiorgio Chiodello  
s305408

Maria Carla Cugudda  
s300904



|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| <b>Abstract</b>                           | 9   |
| <b>01 Introduzione</b>                    |     |
| 1.1 / Territorio                          | 15  |
| 1.2 / Storia                              | 17  |
| 1.3 / Flora e fauna                       | 22  |
| 1.4 / Normativa                           | 29  |
| <b>02 Principi teorici</b>                |     |
| 2.1 / Introduzione alla Geomatica         | 41  |
| 2.2 / Geodesia, Topografia e Cartografia  | 43  |
| 2.3 / Rilievo metrico                     | 45  |
| 2.4 / Fotogrammetria                      | 47  |
| 2.5 / Aerofotogrammetria                  | 59  |
| 2.6 / Fotogrammetria con drone            | 63  |
| <b>03 Workflow</b>                        |     |
| 3.1 / Missione Team DIRECT / giugno 2023  | 69  |
| 3.2 / Elaborazione immagini / giugno 2023 | 71  |
| 3.3 / Elaborazione immagini storiche      | 82  |
| 3.4 / Vettorializzazione dei dati         | 86  |
| <b>04 Risultati</b>                       |     |
| 4.1 / Presentazione dei risultati         | 91  |
| 4.1 / Ortofoto e Cartografie storiche     | 92  |
| 4.2 / Ortofoto e Cartografie 2023         | 122 |
| 4.3 / Analisi multitemporali              | 126 |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| <b>05 Strategie</b>                                            |     |
| 5.1 / Lettura dei layer                                        | 140 |
| 5.2 / Valorizzazione del luogo                                 | 144 |
| 5.3 / Il glamping                                              | 145 |
| 5.4 / Abitare alternativi                                      | 148 |
| 5.5 / Casi studio                                              | 149 |
| <b>06 Approccio al progetto</b>                                |     |
| 6.1 / Studio del funzionamento di<br><i>glamping</i> esistenti | 173 |
| 6.2 / Proposta di funzionamento<br><i>glamping</i> Culuccia    | 178 |
| 6.3 / Metaprogetto                                             | 180 |
| 6.4 / Simulazione dei costi di avvio                           | 183 |
| <b>07 Progetto</b>                                             |     |
| 7.1 / Masterplan generale                                      | 189 |
| 7.2 / Masterplan polo <i>glamping</i>                          | 190 |
| 7.3 / Definizione del progetto                                 | 195 |
| 7.4 / Elaborati                                                | 196 |
| <b>08 Conclusioni</b>                                          |     |
| 8.1 / Prospettive                                              | 221 |
| 8.2 / Ringraziamenti                                           | 223 |
| <b>Bibliografia</b>                                            |     |
| <b>Riferimenti immagini</b>                                    |     |

**Abstract**

L'isola di Culuccia è un'oasi naturalistica situata nella costa nord-orientale della Sardegna, un esempio unico nel suo genere che rappresenta un enorme patrimonio naturale e ambientale. Il progetto di tesi inizia con una prima fase di conoscenza del luogo, mettendone a fuoco le specificità con un'analisi pro-pedeutica dei suoi sistemi. Risulta centrale un approccio analitico nei confronti della normativa, che tutela rigidamente l'area con il fine di promuoverne la salvaguardia e uno sviluppo e fruizione sostenibili. L'analisi conoscitiva prosegue con l'elaborazione di fotogrammi aerei analogici storici e di immagini digitali scattate con l'uso di droni, grazie alla quali si è potuto realizzare un insieme di elaborati che evidenziassero lo stato dell'isola, organizzando lo sviluppo di una linea del tempo. Questa modalità ha permesso di analizzare in che modo è cambiato l'aspetto dell'isola nel tempo, permettendo di osservarne la progressiva rinaturalizzazione nei periodi di abbandono. La terza fase del lavoro si è focalizzata sulla vettorializzazione delle ortofoto, sfruttando il GIS (Geographical Information System), in modo da restituire un disegno dettagliato dell'isola e fornire una base cartografica dello stato di fatto attuale e passato. La trasposizione da immagini a cartografie ha permesso di ottenere una conoscenza del territorio più approfondita e apre alla possibilità di eseguire analisi multitemporali per il monitoraggio della morfologia del territorio. Dalla lettura del territorio derivata dal processo di analisi, si sono poi delineate strategie progettuali che ne considerassero potenzialità e criticità, analizzando le opportunità senza trascurare la presenza di un interlocutore reale con un interesse economico. L'approccio del progetto è volto alla valorizzazione del territorio in termini economici, come supporto dell'attività filantropica, secondo modalità compatibili con il vincolo e la sensibilità del luogo. In relazione a questi aspetti, si propone una soluzione in ambito ricettivo, che possa dare forma al luogo in ottica di un turismo sostenibile, immaginando un abitare alternativo. Dopo la ricerca e catalogazione di esempi reali legati alle tematiche del nomadismo e dell'architettura mobile, si sono studiate le possibili modalità di gestione, tracciando infine uno schema di funzionamento su misura per l'area di intervento. Tale modello è stato tradotto nel disegno di tre aree glamping, al fine di ampliare e diversificare l'offerta turistica, garantendo un ritorno economico, nel rispetto della normativa e dell'identità del luogo.

# 01

## Introduzione

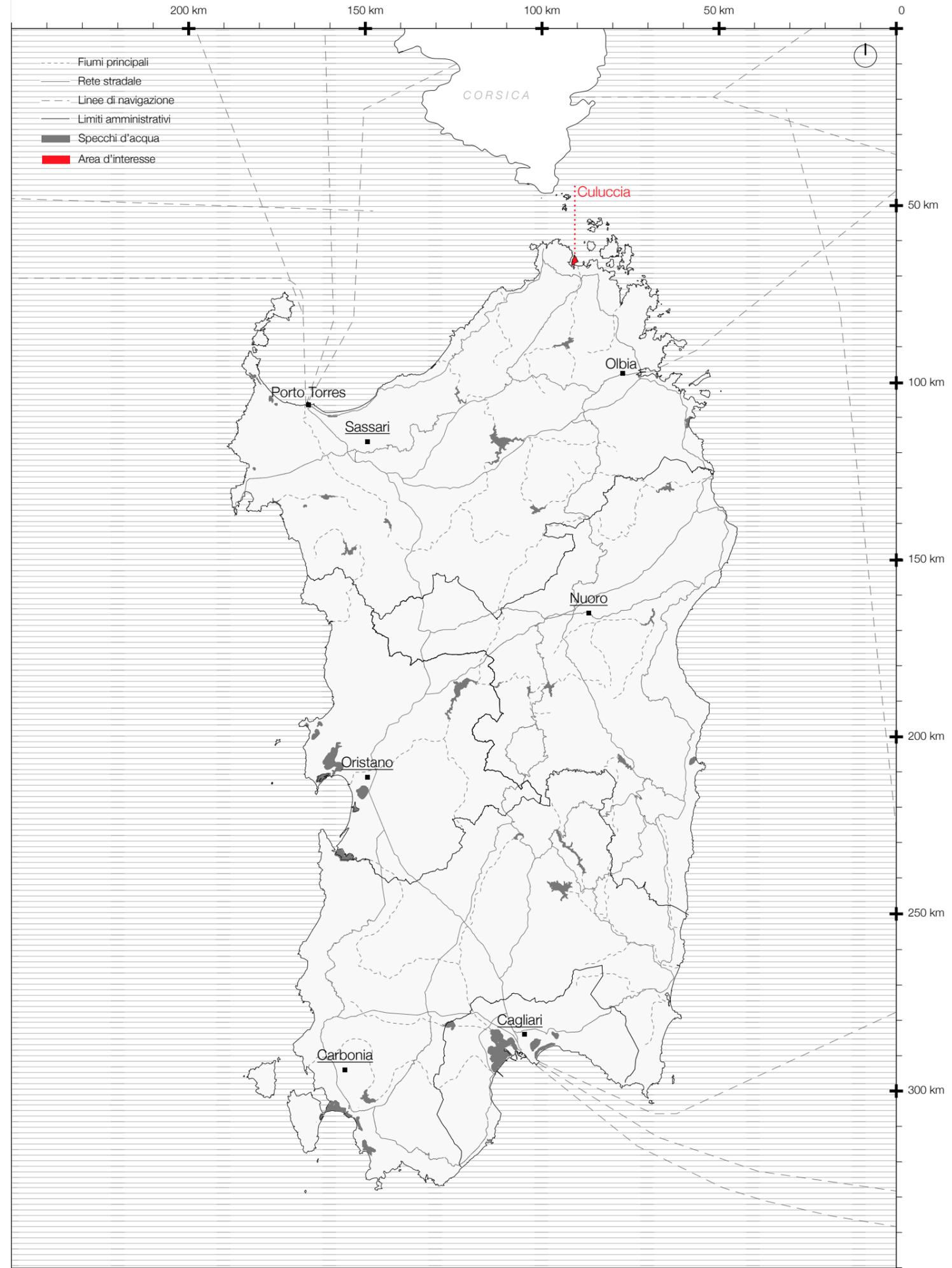
---

1.1 / Territorio

1.2 / Storia

1.3 / Flora e fauna

1.4 / Normativa



Inquadramento territoriale  
/ Regione Sardegna

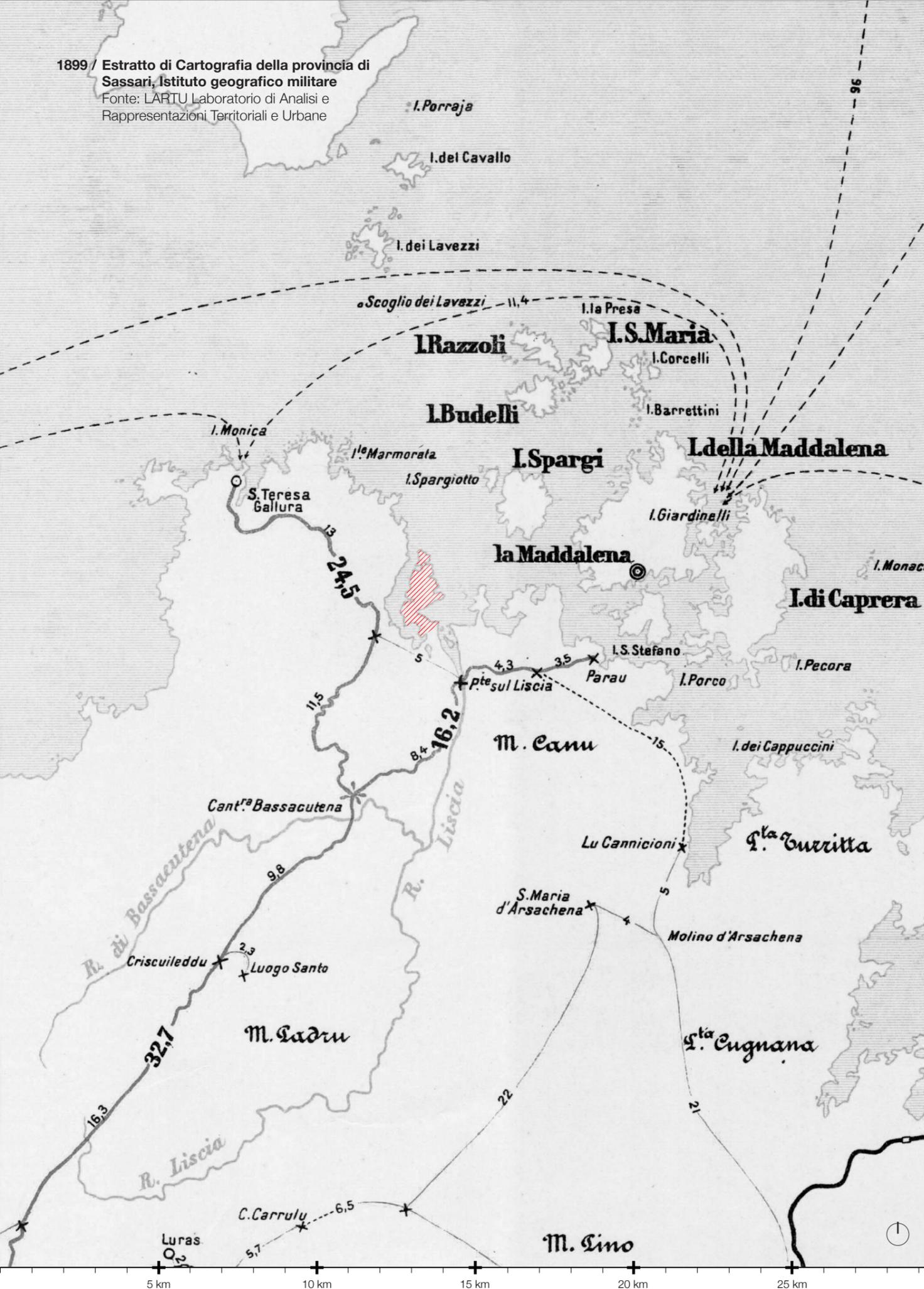


### 1.1 / Territorio

L'isola di Culuccia si trova nella punta settentrionale della Sardegna, nel territorio comunale di Santa Teresa di Gallura, a nord est di Porto Pozzo. Attualmente a livello geografico è più corretto identificarla come una *penisola*, siccome è collegata alla terraferma tramite un piccolo istmo in corrispondenza della zona umida, emerso con il passare del tempo. Essendo tuttora circondata dal mare per la maggior parte del suo perimetro, viene comunemente descritta come *isola*, rimandando al nome con cui era conosciuta in passato, ovvero *Isola delle Vacche*. A nord ovest si intravedono le Isole di Lavezzi, Cavallo e il sud della Corsica, a nord est le isole di Spargi, Spargiotto, Budelli, Razzoli, Santa Maria e la Maddalena. Sul lato est si affaccia verso l'Isola dei Gabbiani, mentre a ovest verso Conca Verde. Rispetto alla terraferma, l'isola si trova in una posizione marginale quanto strategica. Marginale perchè i collegamenti stradali sono ridotti e secondari, strategica per la vicinanza con le principali mete turistiche della Costa Smeralda, e soprattutto con la città di Olbia, che è il più importante scalo passeggeri del Mediterraneo. La quasi totale assenza di insediamenti umani ha permesso alla flora e la fauna di crescere indisturbata e di colonizzare l'intero territorio, offrendo un'enorme ricchezza dal punto di vista naturalistico e della biodiversità. La quasi totalità dell'isola, che si estende per 300 ettari, è ricoperta da macchia mediterranea, che si protrae fino alla costa, prevalentemente rocciosa ma a tratti interrotta e addolcita da insenature sabbiose.

L'accesso via terra è garantito esclusivamente da uno stretto ponte in corrispondenza dell'istmo che la collega alla terraferma, raggiungibile da un'unica strada, Strada Culuccia, che è il proseguimento di una diramazione della Strada Statale 133bis. Essendo parte del demanio pubblico, l'accesso alle coste è libero, e per l'ingresso via mare sono disponibili tre pontili per l'attracco, uno sul versante orientale e due sul versante occidentale di Culuccia, in prossimità della laguna di Porto Pozzo. Nella parte interna dell'isola, che è una proprietà privata, è presente una rete di sentieri e strade sterrati, percorribili a piedi o con adeguati mezzi fuoristrada. Il territorio presenta poche tracce di urbanizzazione primaria, che si limita alla viabilità interna, priva di illuminazione notturna, ai pontili e a sistemi di produzione e distribuzione di energia elettrica, possibile grazie all'uso di generatori e pannelli solari, e cisterne per l'acqua. La presenza di due *stazzu*<sup>1</sup> e di un accurato sistema di muretti a secco, testimoniano un'antropizzazione condensata nello spazio, ma radicata nella storia.

<sup>1</sup> Lu stazzu, o stazzo, è un insediamento rurale tipico del nord della Sardegna, di forma rettangolare e realizzato in blocchi di granito.



## 1.2 / Storia

Le informazioni storiche sull'Isola di Culuccia, anche nota come Isola delle Vacche, sono poche e frammentarie e la maggior parte degli aneddoti è tramandata in forma verbale o informale. La limitata attività antropica è stata senz'altro decisiva nel disegnare il territorio come lo vediamo oggi, incontaminato e verdeggiante. Nel corso della sua storia, l'Isola di Culuccia ha subito diverse forme di antropizzazione e d'uso, fenomeno sicuramente favorito dalle condizioni ospitali del clima, dalla presenza di acqua dolce e dalla morfologia stessa del luogo. Alcuni recenti ritrovamenti di resti di cocci romani e medievali testimoniano una storia radicata nel passato, caratterizzata dalla presenza dell'uomo, seppur per brevi e discontinui periodi, fin dall'antichità. Prima dell'avvento del mito della Costa Smeralda e del turismo di massa degli anni '60, l'economia della Gallura si fondava sulla pastorizia e l'allevamento brado o semibrado. Il centro della vita e dell'economia era lo stazzo, tipico insediamento rurale diffusosi nel diciottesimo secolo, che consisteva in una piccola abitazione di forma rettangolare, eretta in blocchi di granito, solitamente ospitante un unico ambiente che era il nucleo della famiglia e del lavoro<sup>2</sup>. In relazione alla tradizione pastorale, sull'Isola di Culuccia si ritrovano due stazzi e un ricercato sistema di muretti a secco, utilizzati per confinare gli animali durante il pascolo. Sospeso l'uso agreste, la rete di muretti a secco ha subito un cambio d'uso nello scenario dell'illegalità: le piccole costruzioni disseminate lungo la costa sono state identificate come postazioni di contrabbando e scambio di merci proibite, favorite dalla posizione strategica, isolata e poco trafficata, ma facilmente raggiungibile dalla terraferma. Nel corso degli anni è poi divenuta possesso di più famiglie, che ne usufruirono in modi differenti. Il discontinuo popolamento l'ha trasformata, con il passare del tempo, in un territorio di grande ricchezza naturalistica ed elevata biodiversità.

## Il XX secolo

Dal 1923 al 1996 è stata abitata da Angelo Sanna, noto anche come Ziu Agnuleddu, che vi si trasferì per vivere da eremita sull'isola di cui la sua famiglia era proprietaria. La famiglia Sanna, nobili possidenti, era ai tempi conosciuta in tutta la Gallura. Abbandonato il suo lavoro in posta, Zio Agnuleddu decise di spostarsi sull'Isola insieme al suo cane e la sua cavalla, per trascorrere la sua vita in beata solitudine, senza luce né acqua corrente, che considerava *diavolerie* della modernità. Ad abitare sull'isola erano gli animali che allevava: maiali, capretti e mucche, liberi di pascolare nella riserva. Le richieste per il suo bestiame giungevano da tutti i comuni vicini, specialmente quelle per i capretti, la cui

<sup>2</sup> Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Sassari, *Problemi e prospettive della Gallura*, 1970.

carne era resa particolarmente saporita dal pascolo salino. La credenza comune era infatti quella che i capretti della Culuccia fossero i migliori della Gallura. Per raggiungere la terraferma, Angelo Sanna utilizzava due imbarcazioni, un chiattino ed un gozzo, che sfruttava anche per andare a pesca o recarsi nelle isole vicine. All'interno dell'Isola si muoveva a cavallo, impugnando il suo fucile e seguito dal cane. Infatti l'Isola era anche una riserva di caccia autogestita, appuntamento che Ziu Agnuleddu, rigorosamente su invito, organizzava per mantenere relazioni sociali, politiche e militari<sup>3</sup>. Verso la metà del secolo piantò la vigna in puntata, la cosiddetta *Vigna Nuova*, con vitigni autoctoni galluresi come il Vermentino, il Pascale di Cagliari e il Nieddu addosu. Le uve da Vermentino, una volta raccolte, erano lasciate maturare in mare, ottenendo così una speciale varietà di vino dal sapore leggermente salato.

A partire dalla fine degli anni Cinquanta, il nord della Sardegna è stato plasmato da grossi cambiamenti. Nell'immediato dopoguerra, alcuni imprenditori italiani ne avevano già colto le potenzialità, ma la vera svolta fu data dal finanziere inglese John Duncan Miller che rimase folgorato dalla bellezza della Gallura e, decantandone il fascino nei circoli finanziari di Londra, coinvolse il Principe Karim Aga Khan, colui che diede effettivamente forma e sostanza a quella che, ancora oggi, è una delle mete più celebri del turismo internazionale d'élite<sup>4</sup>. Con il boom turistico che ha caratterizzato la *Costa Smeralda* negli anni '60, molti investitori puntavano ad acquistare l'Isola di Culuccia, spinti dal suo alto potenziale turistico, per svilupparvi progetti complementari. Nonostante le proposte accattivanti, Angelo Sanna non intendeva rompere il legame con il suo territorio e rifiutò qualsiasi offerta, decisione che ha permesso di salvaguardare il territorio dall'eccessiva antropizzazione e dal turismo di massa. A tal proposito, qualche decennio più tardi, precisamente nel 1985, il comune di Santa Teresa di Gallura ha identificato l'area come *Zona di rispetto ambientale totale*, anticipando i successivi vincoli di tutela che l'hanno classificata come *Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura*.

Rispettando la volontà espressa nel testamento di Angelo Sanna, la cui morte avvenì nel 1996, l'Isola di Culuccia fu ereditata dall'AIRC - Associazione Italiana per la Ricerca sul Cancro. Ma la manutenzione e i progetti da realizzare si rivelarono troppo onerosi, perciò l'associazione si trovò costretta a venderla, e dal 1998 al 2017 la proprietà passò a due facoltose famiglie italiane. Ciononostante, l'Isola è rimasta per lungo tempo deserta e in stato di abbandono, priva di manutenzione

<sup>3</sup> <https://www.culuccia.com/project>

<sup>4</sup> [consorziocostasmeralda.com](https://www.consorziocostasmeralda.com)

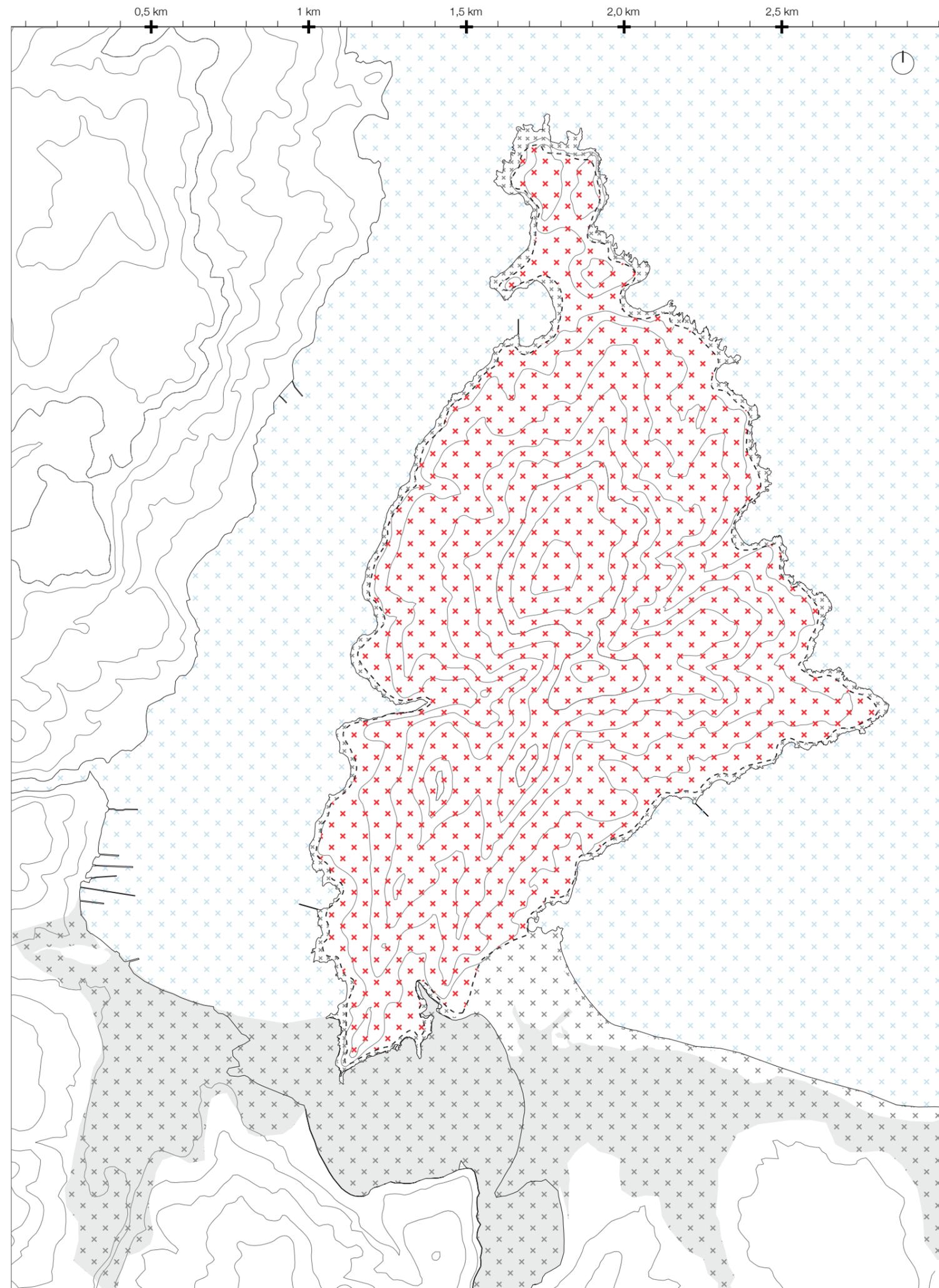
e di abitanti. In questo lasso di tempo, durato circa vent'anni, si è potuto osservare come la macchia mediterranea - potendo crescere indisturbata - abbia disegnato un fitto manto di vegetazione che ha ricoperto l'intero territorio<sup>5</sup>.

## Il XXI Secolo

Dal 2017, l'imprenditore Marco Boglione è diventato l'unico proprietario dell'Isola. Insieme alla moglie Stella ha dato vita ad un progetto di conservazione attiva del territorio, per curare, valorizzare e proteggere il patrimonio naturale che caratterizza l'isola. Per questo sono nati l'Osservatorio Naturalistico e l'azienda agricola Biru s.r.l., che riporta in vita l'opera di Angelo Sanna. Il primo passo verso la valorizzazione del luogo si è attuato con il ripristino di 15 chilometri di strade carrabili, ormai ricoperte dalla vegetazione, ricostruite grazie alle fotografie aeree militari scattate alla fine della Seconda Guerra Mondiale. La riattivazione delle due vigne ha dato il via alla produzione del vino, che ha permesso di riportare in vita l'opera di Ziu Agnuleddu, nel rispetto della tradizione. Oggi l'azienda produce anche mirto, gin, olio e miele, alleva animali ed ostriche, tutto a chilometro zero. L'Osservatorio Naturalistico studia il patrimonio florifaunistico al fine di tutela e valorizzazione delle risorse ambientali, per una fruizione sostenibile della biodiversità. Si sono aperte le porte al turismo, una forma di turismo rispettosa del luogo e dei suoi equilibri: nei mesi estivi sono offerte visite guidate, a piedi o con l'utilizzo di piccoli mezzi 4x4, escursioni a cavallo o in bici, e infine attività in canoa, kayak, vela e sport acquatici. Per usufruire di questi servizi è necessario prenotare tramite un'applicazione e vi si accede via terra, passando per il ponte a sud dell'isola. L'accesso via mare è libero, è possibile attraccare sui pontili e godersi la spiaggia, senza però addentrarsi verso l'interno, valicando la proprietà privata. Sul versante orientale, in corrispondenza della Spiaggia della Macchia Mala, nei mesi estivi viene montato un piccolo bar, il Bar Macchiamala, dove è possibile gustare direttamente i prodotti dell'azienda agricola. L'Azienda Agricola Culuccia punta a rendere l'isola una meta accessibile al turismo sportivo e sostenibile, nel rispetto e la salvaguardia della natura e del territorio, oggi tutelato da rilevanti disposizioni attualistico-ambientali. L'imprenditore ha investito sull'isola con l'intenzione di dare un nuovo volto alla Sardegna, e afferma: *"...Io amo la Costa Smeralda e adoro Porto Rotondo, ma vorrei costruire qualcosa di diverso e non in competizione, per un'altra tipologia di frequentatori. La Gallura è un territorio meraviglioso, e mi piacerebbe creare un posto unico per i giovani del futuro, quelli che sapranno apprezzare un turismo sostenibile, immerso nella natura, fatto di prodotti della terra, di sport e di cultura"*<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> <https://www.culuccia.com/project>

<sup>6</sup> Marco Boglione, 2020.



**Gli ecosistemi di Culuccia**

Ecosistema dell'entroterra 

Ecosistema marino 

Ecosistema costiero 

Zona umida 

### 1.3 / Flora e fauna

L'Isola di Culuccia è un sistema naturale ricco, sia per la quantità, sia per la qualità degli ecosistemi. La limitata attività antropica ha permesso lo sviluppo di un'ampia varietà di ecosistemi, diversificati a livello di habitat e di specie. La grande biodiversità si può raggruppare in tre macrosistemi: il sistema dell'entroterra, il sistema costiero e il sistema marino. A questi si uniscono, in porzioni limitate e nel rispetto della funzionalità dei sistemi naturali, ecosistemi seminaturali, come le vigne, ed ecosistemi antropici, quali edifici e strade sterrate. La flora e la fauna sono quelle tipiche del territorio della Gallura; il prolungato stato di spopolamento dell'isola ha permesso alla vegetazione e agli animali di crescere e proliferare indisturbati, motivo per il quale si ritrovano molte specie endemiche, vegetali e animali, talune protette dalla normativa italiana. Alcune specie sono legate in maniera selettiva ad un complesso ecologico, altre si ritrovano invece in più scenari. La posizione di Culuccia la rende un punto strategico nelle migrazioni tra Africa ed Europa, infatti molti volatili la utilizzano come area di sosta<sup>7</sup>.

Dal punto di vista geologico, si trova in una delle aree più antiche della Sardegna. Le rocce che formano l'isola fanno parte del batolite sardo-corso, formatosi nel Paleozoico, e sono prevalentemente monzograniti e granodioriti, della famiglia dei granitoidi, rocce intrusive magmatiche. La zona umida è invece costituita da depositi litorali (ghiaie, sabbie, arenarie e conglomerati) e palustri (limi, argille limose, fanghi tornosi)<sup>8</sup>. I fondali che circondano l'isola raggiungono profondità che variano dai 15 ai 40 metri, e sono per la maggior parte di tipo sabbioso-fangoso, con massi rocciosi dispersi soprattutto lungo le coste. Le coste di Culuccia sono basse, frastagliate e rocciose, addolcite da insenature e cale sabbiose<sup>9</sup>. L'attività di conoscenza, censimento e catalogazione delle specie è portata avanti dall'Osservatorio Naturalistico, che svolge un ruolo cardine nello studio, il monitoraggio e la salvaguardia della biodiversità.

#### Ecosistema dell'entroterra

Gli ecosistemi interni si estendono fino a raggiungere le coste, in particolare quelle rocciose, caratterizzando così la maggior parte della superficie dell'isola, sia per quanto riguarda gli aspetti naturalistici, sia per quelli morfologici. L'area, di tipo collinare, è ricoperta da una fitta vegetazione, interrotta a tratti da sentieri e percorsi carrabili sterrati. Il paesaggio si distingue tra macchia mediterranea

<sup>7</sup> Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n. 2, 2022.

<sup>8</sup> Sardegna Geoportale, Carta Litologica 2019.

<sup>9</sup> Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n. 3, 2023.

termofila - ginepreto, gariga - sistema rupicolo, sistemi di ruscelli e piccoli stagni e prati terofitici<sup>10</sup>. La vegetazione che caratterizza questo ecosistema è termofila<sup>11</sup> e xerofila<sup>12</sup>, resistente all'ospitalità dei climi caldi e aridi. La macchia mediterranea fa da protagonista, agglomerandosi in fitti boschi talvolta non percorribili. La specie prevalente è il ginepro, ma sono presenti altre tipologie quali l'olivastro, il corbezzolo, l'erica, la ginestra, il mirto, il rosmarino e la lavanda, che si ripetono con prevalenze diverse a seconda delle zone. La presenza così estesa di ginepreti e macchia rende questo ecosistema il preferito dai mammiferi come la volpe sarda e il riccio. Non è raro trovare anche tracce di cinghiale che, introdotto nel 1980 per scopi venatori, ha mutato l'equilibrio del sistema faunistico, prima costituito da animali stanziali come tartarughe, pernici, lepri, volpi, civette e poche altre specie. Tra i volatili si osservano anche piccoli passeriformi e altri uccelli stanziali. Sono comuni i rettili di piccole e medie dimensioni ed è numerosa la fauna invertebrata. Nella punta settentrionale si riconosce la gariga, tipica delle zone più esposte e aride, che si distingue per le tipiche formazioni cespugliose discontinue, ricche di rocce affioranti. Questa tipologia di paesaggio è poco estesa e spesso derivata dalla degradazione della macchia bassa, con la quale si trova in continuità; non è infatti raro ritrovarvi le stesse forme animali. A seguito delle garighe si sviluppano anche i prati terofitici, sistemi di graminacee di piccola taglia e leguminose che seccano completamente nei mesi estivi. Nelle aree più in rilievo affiorano ammassi e filoni rocciosi, mostrando la presenza di un sistema rupicolo che fornisce un ambiente ospitale per specie vegetali e animali rare. L'azienda agricola possiede anche asini e vacche, liberi di vagare per l'isola, anche se talvolta vengono confinati sfruttando la rete di muretti a secco. Storicamente, l'isola è anche nota come *Isola delle Vacche*.

La rete idrografica di Culuccia è definita da corsi d'acqua di portata e dimensioni ridotte, spesso inaccessibili poichè coperti dalla fitta vegetazione. Dall'accumulo d'acqua per risalita dal terreno si sono formati specchi d'acqua dolce, luoghi che non solo accolgono particolari anfibi delle famiglie delle raganelle, rane e testuggini, ma sono anche preziose vasche che permettono alle altre specie animali di abbeverarsi, soprattutto nella stagione estiva.

<sup>10</sup> I *prati terofitici* sono costituiti per la maggior parte da graminacee di piccola taglia e leguminose che seccano completamente durante la stagione estiva. Si sviluppano nelle radure della vegetazione perenne, in continuità con le garighe o con altri tipi di vegetazione legnosa.

<sup>11</sup> Un organismo *termofilo* preferenzialmente in ambienti caldi, in grado di adattarsi e moltiplicarsi in condizioni di temperatura relativamente elevata. Appartenenti alla più ampia classe degli *estremofili*, riescono a prosperare in condizioni estreme, difficili se non impossibili da sopportare per la stragrande maggioranza delle forme di vita.

<sup>12</sup> Con organismo *xerofilo* si intende un organismo vegetale o animale della classe degli *estremofili* che vive preferibilmente in ambienti aridi, ovvero in condizioni di bassa presenza d'acqua.

### Ecosistema costiero

L'ecosistema costiero è suddiviso in coste sabbiose, coste rocciose e zone umide. Questo sistema raduna scenari contraddistinti da un aspetto e da equilibri differenti. Le condizioni estreme dell'*intertidale*, ovvero la fascia di costa che alternativamente viene sommersa o emerge per la marea e il movimento delle onde, sono poco vantaggiose per l'insediamento di specie animali. Questo perché si tratta di un ambiente intermedio tra terra e mare, dove gli organismi sono esposti alla forza delle onde quando il mare è mosso, o ai raggi del sole quando la marea è bassa e il mare è calmo. Le condizioni poco ospitali delle coste sabbiose, in termini di substrato, ventosità, temperature, escursione termica e salinità, rendono questa tipologia di ambienti poco popolata dai vertebrati, che vi si recano sporadicamente alla ricerca di cibo. Sono però diffusi molti invertebrati e microinvertebrati, quali insetti e molluschi. Le coste rocciose sono tipicamente basse e strette, con affioramenti rocciosi fitti e frastagliati, le cui superfici sono colorate dai licheni e dalla vegetazione idrofila e alofila. Nelle zone soggette ad escursioni di marea si sviluppano fasce di alghe e vi si insediano specie di crostacei e molluschi in grado di sopportare emersioni prolungate<sup>13</sup>. A popolare il litorale sono anche granchi e rettili. I mammiferi frequentano di rado le zone costiere, ad eccezione della volpe e di un piccolo gruppo di capre inselvatichite che, arrampicandosi sugli scogli, cercano il sale ottenuto dall'evaporazione delle pozze di scogliera site nella punta settentrionale e in prossimità della Spiaggia dei Fratelli, ambienti rocciosi riparati dal vento. Una componente di rilievo comune a tutti gli ecosistemi di Culuccia ma particolarmente significativo per il sistema costiero, è quello di risiedere lungo un'importante direttrice di migrazione tra Africa ed Europa. Infatti, nell'area che comprende la spiaggia del fiume Liscia e la zona umida sono presenti condizioni favorevoli che invitano molti uccelli a nidificare, svernare o sostare durante la migrazione. Il sistema di zone umide costiere riveste un grande valore paesaggistico e ambientale, ed è per questo tutelato dalla normativa italiana ed europea. Oggi è formato dalla costruzione passata di argini in pietra e canalizzazioni, che disegnano le aree salmastre. La vegetazione è caratterizzata da associazioni di specie alofile<sup>14</sup> come la salicornia e i giunchi, che hanno la capacità di insediarsi in terreni salini o alcalini. La ricchezza dal punto di vista trofico permette alle forme animali di stanziarsi: si ritrovano molluschi bivalvi e crostacei - di cui si nutrono gli uccelli - insetti, anfibi e pesci.

13 Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n. 1, 2021.

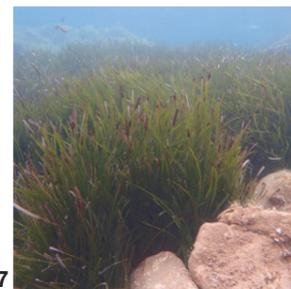
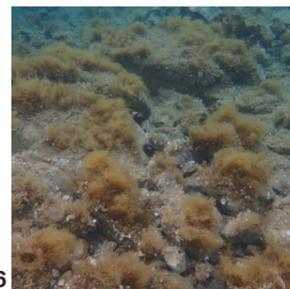
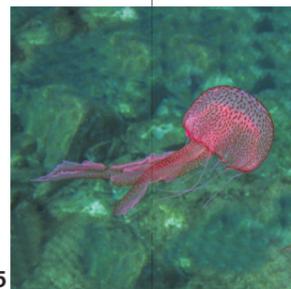
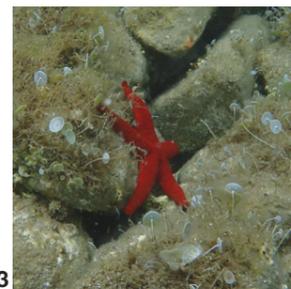
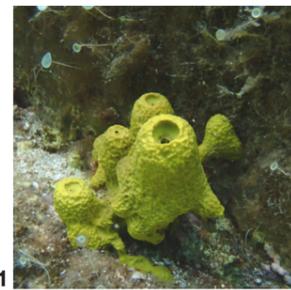
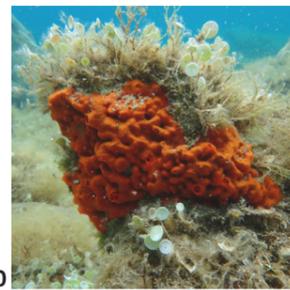
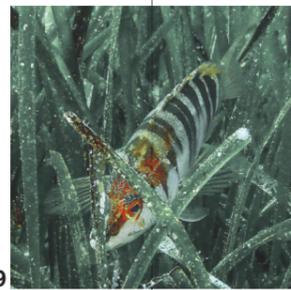
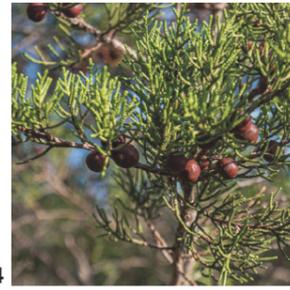
14 Le specie *alofile* sono dotate di adattamenti morfologici o fisiologici che ne permettono l'insediamento su terreni salini o alcalini, oppure in presenza di acque salmastre. Sono particolarmente adattate a livelli di salinità piuttosto elevati, molto superiori a quelle comunemente tollerate dai normali organismi.

### Ecosistema marino

Così come sulla terraferma, anche sott'acqua si riconosce una ricca biodiversità. Il mare, oltre ad essere *Zona Speciale di Conservazione*<sup>15</sup>, fa parte del *Santuario Pelagos*, area nata dall'accordo tra Italia, Francia e Principato di Monaco per la protezione dei mammiferi marini che la frequentano. A seconda del tipo di fondale, del dinamismo dell'acqua e della profondità, variano la vegetazione e gli animali presenti. Il mare è un ricco insieme di habitat diversi, ciascuno con le proprie caratteristiche, da quelli che ospitano specie dalle più piccole la cui presenza non è percepibile, a quelli dei grandi pesci e cetacei come il tursiopo e la balenottera. La presenza di specie vegetali marine è strettamente legata alla presenza di luce: all'aumentare della profondità ne vengono filtrate le lunghezze d'onda, causando la progressiva scomparsa dei colori, partendo dal rosso, poi il giallo, il verde ed infine il blu; di conseguenza riescono ad insediarsi stabilmente solo gli organismi animali, perché la crescita dei vegetali è sfavorita dalle condizioni di buio. Inoltre, essendo l'acqua un ambiente in continuo movimento, quindi più mutevole, la fauna marina tende ad ancorarsi nei fondali, che simulano un ambiente più stabile. Nei fondali sabbioso-fangosi, che si ritrovano nella zona lagunare e lungo i tratti meridionali delle coste orientali e occidentali, non si sviluppano coperture di alghe, che non riescono ad ancorarsi al fondale, e la vita animale, anche se presente, è poco visibile perché si nasconde infossandosi nel sedimento. Alcune delle poche specie visibili sono la verongia (*Aplysina aerophoba*, spugna giallo limone) e la mixicola (*Myxicola infundibulum*, verme polichete). Nelle zone lagunari, caratterizzate da habitat salmastri, abbondano i molluschi, tra cui la vongola verace, che purtroppo viene spesso prelevata da persone non addette, che non solo infrangono la proprietà privata, ma deturpano l'equilibrio del sistema. Diversamente dalle zone sabbiose, la roccia è spesso ricoperta da tappeti algali che ospitano una molteplicità di forme di vita diverse, dai molluschi ai pesci di piccole dimensioni. Un'importante specie vegetale acquatica che cresce nei fondali antistanti l'isola è la *Posidonia oceanica*, che si dispone in praterie secondo fasce regolari e parallele alla riva. Le foglie morte si accumulano a riva, disidratate e compattate, a formare le *banquette*, che arrivano talvolta a ricoprire l'intera costa. La presenza di *banquette* nell'ambiente sopralitorale ha una notevole importanza ecologica, siccome ospitano comunità ricche di specie endemiche di insetti e crostacei, pertanto non vengono mai rimosse né spostate<sup>16</sup>.

15 Una Zona Speciale di Conservazione (ZSC), ai sensi della Direttiva Habitat della Commissione europea, è un sito di importanza comunitaria (SIC) in cui sono state applicate le misure di conservazione necessarie al mantenimento o al ripristino degli habitat naturali e delle popolazioni delle specie per cui il sito è stato designato dalla Commissione europea.

16 Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n. 3, 2023.



**ECOSISTEMA DELL'ENTROTERRA**

1. *Gariga*
2. *Macchia mediterranea*
3. *Mirto*
4. *Ginepro fenicio*
5. *Corbezzolo*
6. *Civetta*
7. *Asino Bastianino*
8. *Volpe*
9. *Vacca*

**ECOSISTEMA COSTIERO**

10. *Cinghiale*
11. *Airone bianco*
12. *Calcestreppola*
13. *Limonio*
14. *Banquette*
15. *Pozze di scogliera*
16. *Zona umida*
17. *Coste sabbiose*
18. *Coste rocciose*

**ECOSISTEMA MARINO**

19. *Sciarrano in posidonieto*
20. *Spugna rossa*
21. *Verongia*
22. *Riccio maschio*
23. *Stella marina rossa*
24. *Vongola verace*
25. *Medusa luminosa*
26. *Tappeto algale*
27. *Posidonieto*



28



29



30



31



32

#### 1.4 / Normativa

Il territorio di Culuccia è sottoposto ad una rigida normativa, introdotta per tutelarne il pregio ambientale, naturalistico e paesaggistico. Queste non si limitano alla salvaguardia della terraferma, ma vi sono disposizioni dedicate anche all'area marina circostante. L'area marina circostante Culuccia è identificata dal Ministero dell'Ambiente come *Zona Speciale di Conservazione*<sup>17</sup> ed è quindi inserita nella *Rete Natura 2000*, similmente a quanto accade nei casi dei poco distanti *Arcipelago della Maddalena* e *Area Marina Protetta Capo Testa - Punta Falcone*. La *Rete Natura 2000* è una rete ecologica estesa su tutto il territorio dell'UE, istituita ai sensi della *Direttiva Habitat*<sup>18</sup>. L'inclusione nel sistema è di recente attuazione, si infatti è verificata dopo la proposta dalla Deliberazione della Giunta Regionale della Sardegna n. 8/70 del 19 febbraio 2019. Questo legame si traduce nell'identificazione di un'area rigidamente protetta, il cui fine è quello di garantire la conservazione a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna rare o minacciate a livello comunitario. Le specie per cui Culuccia è stata scelta come ZSC sono un delfino, il *Tursiope truncato* (figura 28), e quattro specie di uccelli marini, *Berta maggiore* (figura 29), *Berta minore mediterranea* (figura 30), *Gabbiano corso* (figura 31) e *Marangone dal ciuffo* (figura 32)<sup>19</sup>.

La terraferma è tutelata dalla legislazione regionale come *Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura*, al fine di proteggere la fauna selvatica e gli habitat in cui vive. Introdotta dalla Legge 157/92 e dalla L.R. 23/98, sono disposte per la conservazione delle specie selvatiche, favorendo il rifugio della fauna stanziale, la sosta della fauna migratoria e il loro irradiazione naturale, vietando l'attività venatoria<sup>20</sup>. Il Piano Paesaggistico Regionale del 2006 individua il territorio di Culuccia nell'ambito n. 17 *Gallura costiera nord-orientale* e persegue l'obiettivo di "preservare, tutelare, valorizzare e tramandare alle generazioni future l'identità ambientale, storica, culturale e insediativa del territorio sardo; proteggere e tutelare il paesaggio culturale e naturale e la relativa biodiversità; assicurare la salvaguardia del territorio e promuoverne forme di sviluppo sostenibile, al fine di conservarne e migliorarne le qualità"<sup>21</sup>. Alla stregua del D. Lgs. 42/2004, nel P.P.R. sono individuati i tematismi relativi all'assetto ambientale. L'isola è da considerarsi *Area di notevole interesse pubblico*: sono infatti tutelati i sistemi a

17 L'area marina circostante Culuccia è stata inserita nella Rete Natura 2000 dopo essere stata proposta come ZSC dalla Delibera della Giunta Regionale n. 8/70 del 19/02/2019.

18 Direttiva 92/43/CEE "Habitat", il cui scopo è quello di garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

19 Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n. 3, 2023.

20 Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n. 3, 2023.

21 <https://www.sardegнатerritorio.it/pianificazione/pianopaesaggistico/>

baie e promontori, scogli piccole isole e falesie, i campi dunali della spiaggia del Liscia, le zone umide costiere e le aree di interesse faunistico. A livello locale, il vigente P.U.C.<sup>22</sup> identifica l'isola di Culuccia come uno dei territori di maggior pregio della Gallura ed in quanto tale va tutelato per la sua altissima sensibilità ambientale. In estrema sintesi, sono consentite unicamente opere di recupero e potenziamento dell'esistente nel massimo rispetto degli aspetti vegetazionali. Di seguito si riporta un estratto dalle *Norme Tecniche di Attuazione* pertinenti alla Sottozona G8.6 Parco "Coluccia".

*Nella sottozona in esame sono consentiti solo gli interventi volti al recupero e potenziamento delle specificità naturalistiche presenti nell'ambito con particolare riferimento agli aspetti vegetazionali. Nell'ottica della fruizione del bene è consentito il ripristino di sentieri esistenti senza operare alterazioni alla morfologia dei luoghi, con manto rigorosamente in terra battuta, selciati o similari, con l'esclusione del manto bituminoso, nel massimo rispetto della vegetazione esistente; si potrà altresì realizzare qualche infrastruttura leggera di potenziamento dell'esistente nel rispetto delle prescrizioni citate.*

[...]

Sono consentiti i seguenti usi:

*A.a - Attività scientifiche, comprendenti l'insieme delle attività finalizzate allo studio, controllo e conservazione delle risorse ambientali; ricreativi con eventuale realizzazione di infrastrutture leggere (sentieri natura, segnaletica) o strutture leggere di supporto (capanni di osservazione e per la sola somministrazione di bevande e alimenti, ecc), aree belvedere e postazioni naturalistiche;*

*A.c- fruizione culturale, comprendente l'insieme delle attività legate all'uso dei monumenti, zone archeologiche e beni culturali in genere, con eventuale realizzazione di infrastrutture e strutture leggere finalizzate alla conservazione del bene;*

[...]

*A.g - l'apertura e la sistemazione delle piste forestali strettamente necessarie alla gestione del bene;*

[...]

<sup>22</sup> Piano Urbanistico Comunale del Comune di Santa Teresa di Gallura - vigente dal 18 marzo 2020 - Sottozona G8.6 Parco "Coluccia".

*A.i - interventi volti alla difesa del suolo sotto l'aspetto idrogeologico.*

*A.l - interventi connessi alla realizzazione di opere pubbliche o di preminente interesse pubblico quali:*

*a) opere stradali, di accesso al mare;*

*b) opere pubbliche connesse al soddisfacimento del fabbisogno idrico regionale;*

*c) tutte le altre opere di urbanizzazione, di servizio pubblico o di preminente interesse pubblico. Per tali opere è necessaria l'autorizzazione di cui all'art. 7 della Legge 1497/39.*

#### Uso ricreativo culturale

*B.a - Opere di accesso al mare, di supporto alla balneazione, della nautica non motoristica inquadrabile nei servizi di spiaggia e delle attività sportive; strutture leggere per le funzioni di spogliatoio, di ristoro, di ricovero di attrezzature da spiaggia e nautiche; posti di pronto soccorso e servizi igienici.*

#### Uso silvo-pastorale

*C.a - interventi volti alla realizzazione di opere di bonifica e antincendio, forestale e ricostituzione boschiva, ambientale naturale;*

*C.b - opere di rimboschimento d'iniziativa dei competenti Enti pubblici, o da loro autorizzati, semprechè effettuate, col fine di ricostituire la copertura vegetale preesistente con essenze autoctone;*

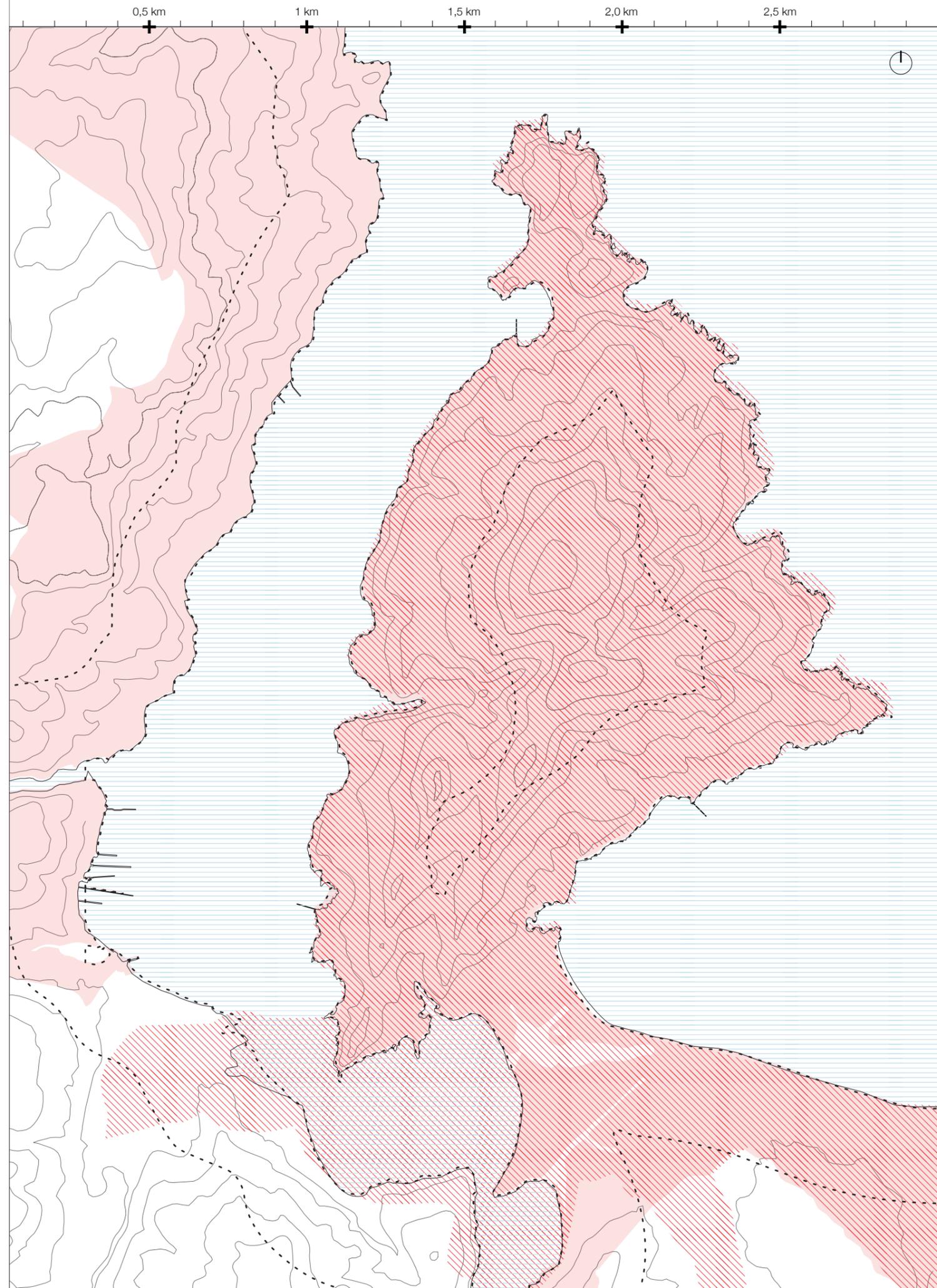
[...]

#### Uso tecnologico

*D.a - opere antincendio e protezione civile;*

*D.e - reti elettriche, telefoniche, cabine e simili.*

Inoltre, per le sue caratteristiche geologiche e morfologiche l'area è interamente sottoposta a vincolo idrogeologico. A questi riferimenti normativi, orientati sulla protezione del territorio, si aggiungono le disposizioni che proteggono precise specie di flora e fauna. Qualsiasi intervento, che sia esso pubblico o privato, dovrebbe essere disciplinato da un piano di gestione - tutt'ora assente sia per l'oasi, sia per l'area marina.



**Normativa / 1**

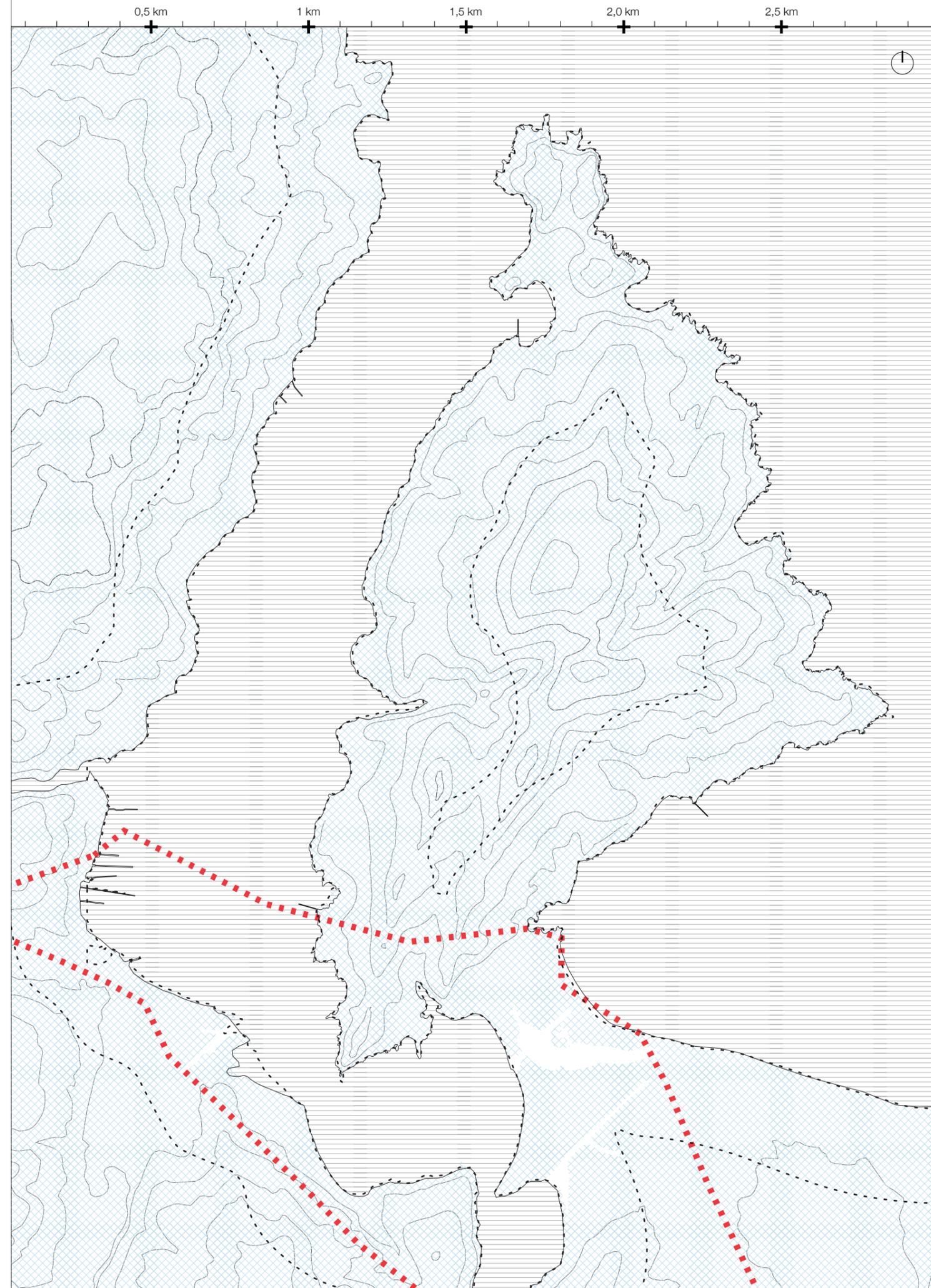
Zona Speciale di Conservazione  
(Rete Natura 2000 - Direttiva 92/43/CEE "Habitat")

Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura  
(L.R. n. 23/1998)

Vincolo Idrogeologico  
(L. 991/1952 - Art. 18)

Fascia costiera 300m  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 142)

Fonte: Sardegna Geoportale



**Normativa / 2**

Aree dichiarate di notevole interesse pubblico  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Artt. 136 e 157)



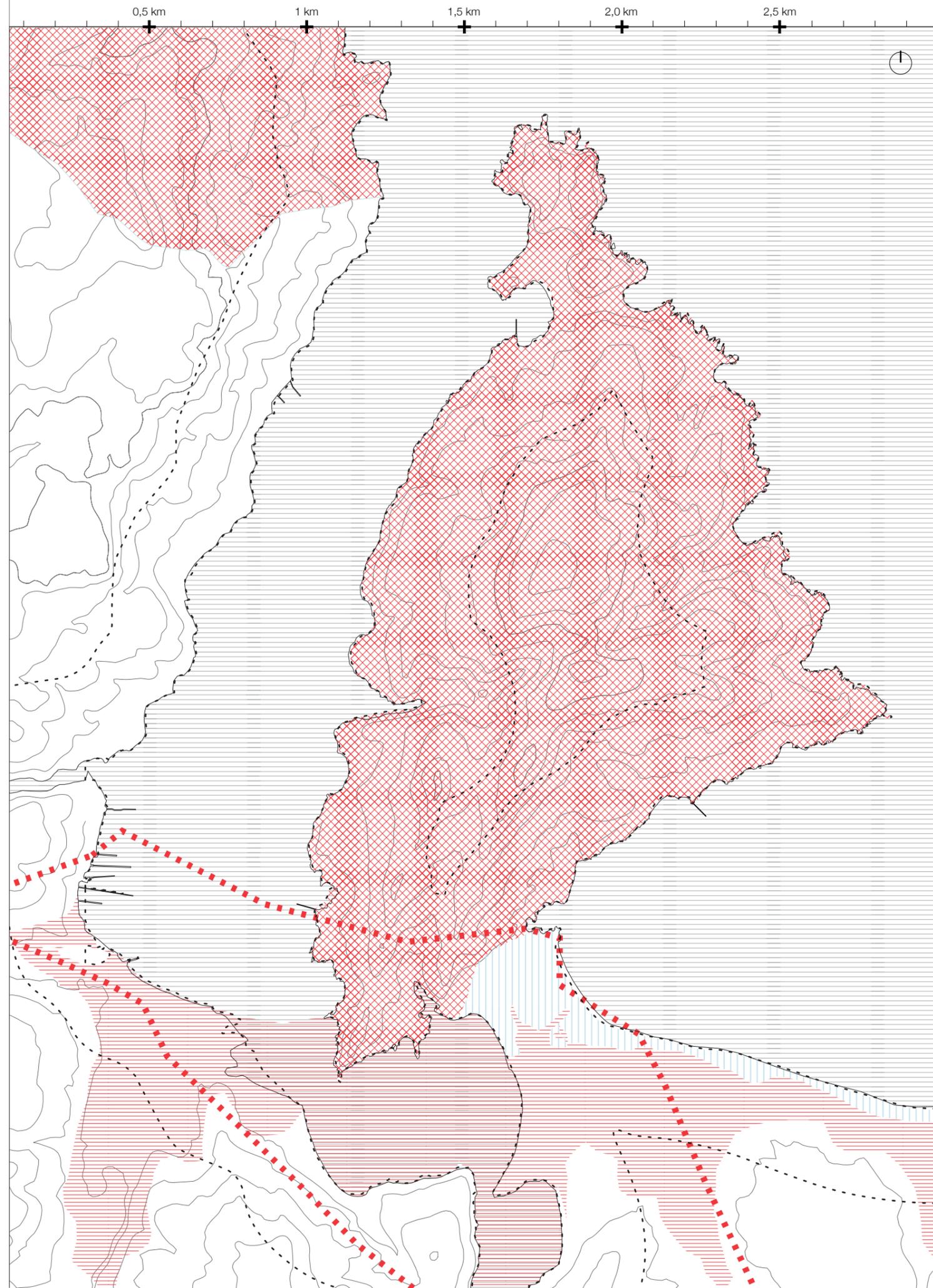
Aree di interesse faunistico  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 143)



Fascia costiera 300m  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 142)



Fonte: Sardegna Geoportale



**Normativa / 3**

- Sistemi a baie e promontori, scogli, piccole isole e falesie  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 143) 
- Campi dunali e sistemi di spiaggia  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 143) 
- Zone umide costiere  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 143) 
- Aree di interesse faunistico  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 143) 
- Fascia costiera 300m  
(D. Lgs. n. 42/2004 - Art. 142) 

Fonte: Sardegna Geoportale

# 02

## Principi teorici

---

2.1 / Introduzione alla Geomatica

2.2 / Geodesia, Topografia e Cartografia

2.3 / Rilievo metrico

2.4 / Fotogrammetria

2.5 / Aerofotogrammetria

2.6 / Fotogrammetria con drone

### **2.1 / Introduzione alla Geomatica**

La nascita della Geomatica risale al XX secolo, momento in cui le attività di osservazione della Terra in ambito scientifico hanno avuto una rapida espansione, tutt'ora in progressiva crescita. Il termine è stato coniato in Francia negli anni '70 con l'introduzione della *Commission permanente de la géomatique* in seno al *Comité central des travaux géographiques* (Comitato centrale dei lavori geografici), a cui si affidava il compito di gestire la cartografia assistita dal computer. Successivamente, all'inizio degli anni '80 Michel Paradis, topografo del *Ministère des Ressources Naturelles du Québec* presentò il neologismo *géomatique* per descrivere l'insieme dei metodi e delle tecnologie utilizzate dall'acquisizione dei dati fino al loro utilizzo. L'Università di Laval fu la prima istituzione a renderla materia d'insegnamento nel 1986, presa consapevolezza delle potenzialità offerte dal calcolo elettronico, strumento che stava rivoluzionando le scienze del rilevamento e della rappresentazione, unitamente all'uso del disegno computerizzato, che semplificava il trattamento di grandi quantità di dati<sup>1</sup>.

La Geomatica è una disciplina che si occupa della gestione automatizzata dell'informazione relativa al territorio, attraverso l'analisi e rappresentazione dei dati spaziali georeferenziati. Integrando diverse discipline quali Geodesia, Topografia, Fotogrammetria, Cartografia, Sistemi Informativi Territoriali (GIS), Telerilevamento e Tecniche di Posizionamento Satellitari (GNSS), si occupa di acquisire, gestire, analizzare e rappresentare l'informazione territoriale a carattere scientifico, tecnico, amministrativo e legislativo. Risponde quindi all'esigenza di trattare in maniera sistemica, interdisciplinare ed interoperabile grandi quantità di dati e di informazioni da questi derivate, rilevati con una molteplicità di procedure e che devono essere elaborati in tempi relativamente brevi<sup>2</sup>. Essendo un campo di studio versatile e multidisciplinare, può essere applicata in diversi settori, tra cui l'architettura, l'urbanistica, l'ingegneria civile, edile e ambientale e l'archeologia. In campo architettonico è fondamentale per l'uso di tecniche e strumenti che permettono di acquisire informazioni relative all'oggetto di intervento in maniera rapida ed efficace, in termini di rilievo metrico, strutturali e tecnologici. In un periodo storico in cui il verificarsi di calamità naturali è sempre più frequente, la geomatica fornisce un vitale supporto alla gestione del territorio e dei rischi ambientali, identificando e monitorando le possibili evoluzioni dinamiche, per

<sup>1</sup> <https://www.treccani.it/enciclopedia/geomatica/>

<sup>2</sup> Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004

valutare situazioni di pericolosità e di rischio<sup>3</sup>. Le discipline e tecniche che costituiscono la più ampia materia della geomatica<sup>4</sup> sono:

- *Computer science* per rappresentare e processare le informazioni in maniera informatizzata, sviluppando tecnologie (*hardware*) e sistemi (*software*).
- *Geodesia* per determinare la forma e la dimensione della Terra.
- *Topografia*, branca della geodesia che consiste nella descrizione, grafica o numerica, dei dettagli della superficie terrestre, ottenuta tramite procedure per l'indagine diretta del suolo.
- *Cartografia* per fornire una possibile descrizione della forma e dimensione della Terra compresi gli elementi antropici e vegetazionali, tramite la rappresentazione grafica o numerica di aree più o meno ampie, seguendo regole fisse.
- *Fotogrammetria*, ovvero la tecnica che consente di determinare la posizione e le forme degli oggetti misurandoli su fotografie.
- *Telerilevamento* per acquisire a distanza dati ambientali e combinare metodi e tecniche per la successiva elaborazione e interpretazione.
- *Global Navigation Satellite System (GNSS)* per fornire la posizione tridimensionale, nello spazio e nel tempo, di oggetti fissi o in movimento su tutta la superficie terrestre, in qualsiasi condizione meteorologica e in tempo reale.
- *Sistema di scansione laser* per localizzare oggetti e misurarne la distanza mediante la radiazione incidente nelle frequenze ottiche (0,3-15  $\mu\text{m}$ ) dello spettro elettromagnetico.
- *Sistema di informazione geografica (GIS)* che consiste nell'utilizzo di strumenti in grado di ricevere, registrare, richiamare, trasformare, rappresentare ed elaborare dati territoriali georeferenziati.
- *WebGIS* per distribuire i dati geografici archiviati in remoto su macchine dedicate per database, secondo complessi sistemi di rete.

<sup>3</sup> <https://www.treccani.it/enciclopedia/geomatica/>

<sup>4</sup> Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

Emerge, con sempre maggiore urgenza la necessità di fornire una motivazione culturale convincente per la conoscenza scientifica e tecnologica relativa alle discipline dedicate al rilievo, l'elaborazione e la restituzione grafica o numerica dei dati, con l'obiettivo finale di rappresentare il territorio in modo da fornire un sostegno ai processi decisionali<sup>5</sup>.

## **2.2 / Geodesia, Topografia e Cartografia**

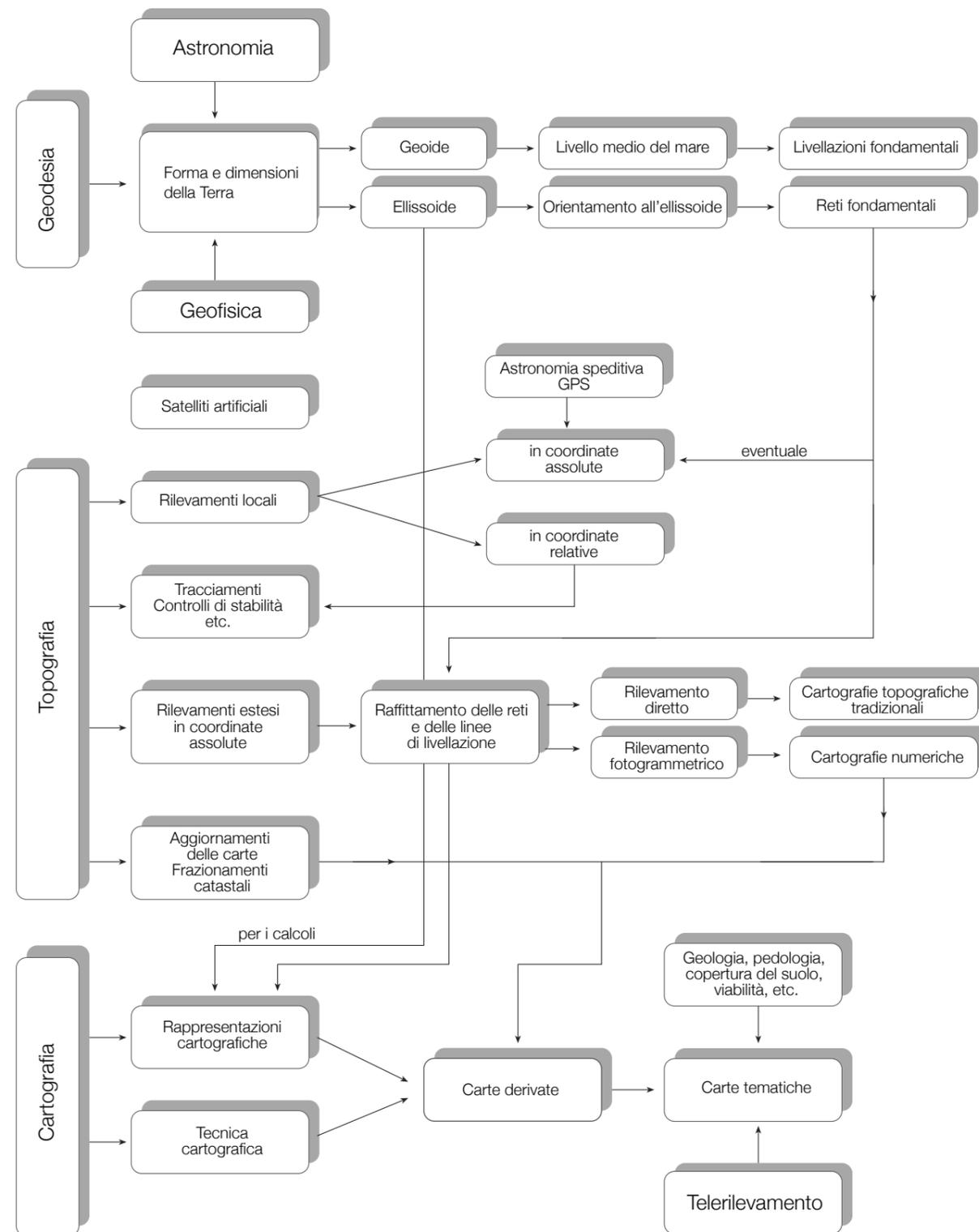
La rappresentazione della Terra in maniera sintetica, esaustiva e il più possibile corrispondente alla realtà è da sempre oggetto di studi da parte dei ricercatori che, in funzione delle conoscenze del momento, hanno tentato di restituire con diverse tecniche e supporti le informazioni geografiche e territoriali. Le carte sono il prodotto grafico-numerico in cui si riportano sinteticamente le operazioni di rilievo e studio del territorio, con l'obiettivo di rappresentare la superficie della Terra secondo regole precise. L'Associazione Cartografica internazionale definisce una mappa come *“un'immagine simbolica della realtà geografica, che rappresenta caratteristiche selezionate, derivanti dallo sforzo creativo delle scelte del suo autore, ed è progettata per l'uso quando le relazioni spaziali sono di primaria importanza”*<sup>6</sup>. La disciplina della cartografia è quindi l'insieme delle operazioni scientifiche e delle tecniche funzionali alla rappresentazione della superficie terrestre, proiettata su un piano attraverso metodi di sviluppo sul piano della superficie del Globo terracqueo. Oggi la principale metodologia utilizzata è quella aerofotogrammetrica, tecnica che determina con rigorose procedure un'accurata rappresentazione in scala del territorio. Gli strumenti principali impiegati nel campo della Cartografia sono la fisica, il disegno, la geometria, la geografia generale e l'ingegneria, a cui si sono aggiunti nel corso del XX secolo il calcolo numerico elettronico e la statistica metodologica, al fine di gestire al meglio l'elaborazione rigorosa dei dati rilevati. Oltre all'uso di domini tradizionali, vi è uno stretto legame con la Topografia e la Geodesia<sup>7</sup>.

La Geodesia è la materia che si occupa dello studio della forma e le dimensioni della Terra, coniugando la gravimetria, ovvero la misura del campo gravitazionale, con l'astronomia di posizione, per l'analisi della collocazione, distanza e dei moti spaziali degli astri. La Topografia è invece la branca il cui scopo è quello di descrivere e rappresentare dal punto di vista metrico e grafico i luoghi della

<sup>5</sup> <https://www.treccani.it/enciclopedia/geomatica/>

<sup>6</sup> Settembre 1995, citato in Mario Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

<sup>7</sup> Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.



33 / Schema delle relazioni esistenti tra alcuni dei principali elementi della Geomatica

superficie terrestre, riportandoli su di un piano secondo rapporti fra lunghezze - grafiche e reali - prestabiliti. E' una disciplina che trova larga applicazione negli ambiti dell'agricoltura, dell'attività militare, della pianificazione e gestione del territorio, dell'architettura e dell'ingegneria ambientale e civile.

### 2.3 / Rilievo metrico

Il rilievo è un insieme di indagini, metodi di misurazione - in 2D o 3D - e di pratiche che permettono di raccogliere e riportare le caratteristiche dimensionali e geometriche di un'opera architettonica o urbanistica, oltre che le sue componenti costruttive, storiche e materiali. Esso è alla base delle operazioni di documentazione, studio, conservazione e qualsiasi intervento post-costruzione su un manufatto. Inoltre, essendo un campo di applicazione della geometria descrittiva, permette di costruire o rilevare l'oggetto edilizio/urbano con lo scopo di individuare la posizione esatta nello spazio attraverso l'estrapolazione di punti significativi, definendone le sue caratteristiche planimetriche, altimetriche e volumetriche.

Esistono principalmente tre tipi di rilievo:

- **Rilievo diretto:** metodo che implica operazioni di misura a diretto contatto con le opere da documentare, attraverso l'utilizzo di semplici strumenti come il metro, il filo a piombo, rotella metrica e simili. Proprio per questo, tra le varie tecniche di rilievo, il metodo diretto è quello impiegabile più facilmente. Viene utilizzato nella maggior parte dei rilievi architettonici per la realizzazione di planimetrie e sezioni ed è la base da integrare eventualmente con le altre procedure. Le fasi del rilievo diretto sono principalmente due, quella di campagna in cui si redige un *eidotipo*<sup>8</sup>, si effettuano le operazioni di misura etc., e infine quella di restituzione in cui si riproduce il manufatto rilevato. Nel rilievo diretto vengono misurate solo le distanze.
- **Rilievo indiretto o topografico:** rilievo che viene effettuato con l'ausilio di strumenti topografici (stazione totale, distanziometro etc.), e si basa sulla collimazione visiva dei punti. Questo metodo assume una notevole importanza per rilievi di oggetti di grandi dimensioni, oppure nell'ipotesi di voler georeferenziare il rilievo rispetto ad un sistema di riferimento generale. Viene quindi preso in considerazione poichè complementare al rilievo diretto e

<sup>8</sup> L'*eidotipo* è un disegno schematico in scala approssimativa, eseguito sul posto durante il rilievo.

fotogrammetrico. Il rilievo topografico si attua in caso di rilievi di precisione, rilievi di planimetrie di grande estensione e nel settore urbano per definire l'andamento planimetrico e altimetrico delle strade. Si può quindi considerare come l'insieme delle misure da eseguire sul territorio e dei procedimenti operativi per poterne effettuare la rappresentazione grafica<sup>9</sup>. Nel rilievo indiretto di un manufatto non vengono misurate solamente le distanze, ma anche gli angoli.

- *Rilievo indiretto o fotogrammetrico*: metodo di rilievo che viene eseguito mediante strumentazioni elettroniche (camere fotografiche metriche, restitutori) che permettono di estrarre dai fotogrammi - una volta rielaborate le immagini attraverso software fotogrammetrici - delle informazioni atte a costruire un modello geometrico dell'opera rilevata e dell'ambiente circostante. Il processo del rilievo fotogrammetrico è composto da tre fasi: la presa che consiste nell'acquisizione delle immagini fotografiche, la fase di orientamento in cui vengono orientati i fotogrammi al fine di ricostruire le posizioni che occupavano in fase di presa (orientamento dei centri di presa), e restituzione. La seconda fase si suddivide in orientamento interno ed esterno, che a sua volta è composto da orientamento relativo ed assoluto<sup>10</sup>. Infine vi è la fase di restituzione nella quale si ricavano le coordinate spaziali che consentono di generare forma e dimensione dell'oggetto rilevato. Durante un rilievo fotogrammetrico vengono quindi misurati angoli e distanze di alcuni punti visibili sulle immagini (appoggio topografico).

## 2.4 / Fotogrammetria

La fotogrammetria è una disciplina che, sfruttando immagini fotografiche, riesce ad estrarre una serie di informazioni al fine di ottenere elaborati dettagliati sugli oggetti fisici rilevati e sull'ambiente circostante. Queste informazioni - posizione, forma e dimensione - si ottengono mediante processi di registrazione, misura ed interpretazione delle immagini (analogiche o digitali) acquisite da punti diversi attraverso macchine fotografiche, cellulari e apparecchi dotati di fotocamera (droni). Secondo la definizione fornita dall'ASPRS<sup>11</sup> la fotogrammetria è *"l'arte, la scienza e la tecnologia di ottenere informazioni affidabili su oggetti fisici e*

9 Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

10 <https://focus.namirial.it/fotogrammetria-che-cos-e-come-funziona/>

11 L'ASPRS - American Society for Photogrammetry and Remote Sensing è una società scientifica americana dedicata alla fotogrammetria e al telerilevamento.

*sull'ambiente, attraverso processi di registrazione, misurazione e interpretazione di immagini e rappresentazioni digitali di modelli energetici derivati da sistemi di sensori senza contatto*". I vantaggi di un rilievo fotogrammetrico rispetto a quello tradizionale sono innanzitutto i tempi brevi e i costi contenuti, unitamente alla possibilità di acquisire un'ampia quantità di dati, completi di tutti i dettagli, metrici e grafici, presenti sull'oggetto del rilievo. I prodotti generati con il supporto di software fotogrammetrici, quali immagini bidimensionali o nuvole di punti e modelli tridimensionali, sono prodotti di alta qualità, che consentono inoltre di effettuare ulteriori misurazioni senza ricorrere al contatto fisico con l'oggetto, evitando sopralluoghi aggiuntivi e dilatazioni dei tempi. Infine, l'uso di droni permette di raggiungere qualsiasi punto del manufatto da rilevare, consentendo di raggiungere in sicurezza anche i punti più inaccessibili.

## Storia della fotogrammetria

Le basi della fotogrammetria si fondano sullo studio della prospettiva, ma la vera e propria svolta si verificò intorno alla metà dell'Ottocento con l'invenzione del dagherrotipo. In questa occasione, il fisico francese Louis Jacques Mandé-Daguerre presentò all'Accademia francese delle Scienze la progressione degli studi effettuati insieme a Joseph Nicéphore Niépce, grazie ai quali riuscì ad impressionare oggetti del mondo reale sopra una pellicola fotosensibile in soli 30 minuti, netto miglioramento rispetto alle 80 ore delle prime prove di eliografia<sup>12</sup>. La comunità scientifica considera come padre della fotogrammetria lo scienziato francese Aimé Laussedat, che nel 1859 presentò alla Commissione dell'Accademia delle Scienze di Parigi una relazione in cui erano indicati i procedimenti per la possibilità di determinare le coordinate di punti di un oggetto, attraverso l'intersezione spaziale di raggi proiettivi riferiti ad una coppia di fotogrammi. Questa tesi tuttavia non era completamente corretta, in quanto la misura delle grandezze sul fotogramma era fonte di rilevanti errori causati dalla distorsione degli obiettivi fotografici<sup>13</sup>. Successivamente, Ignazio Porro migliorò questa tecnica integrandola con il fotogoniometro, dispositivo che consentiva di misurare gli angoli delle direzioni che vanno dal centro dell'obiettivo ai punti dell'oggetto fotografato<sup>14</sup>. Nel 1859, Albrecht Meydenbauer aprì la strada per l'applicazione in campo architettonico, effettuando il primo rilevamento fotogrammetrico di edifici ai fini della documentazione sulla conservazione dei monumenti e dei rilievi topografici del terreno per la progettazione ferroviaria.

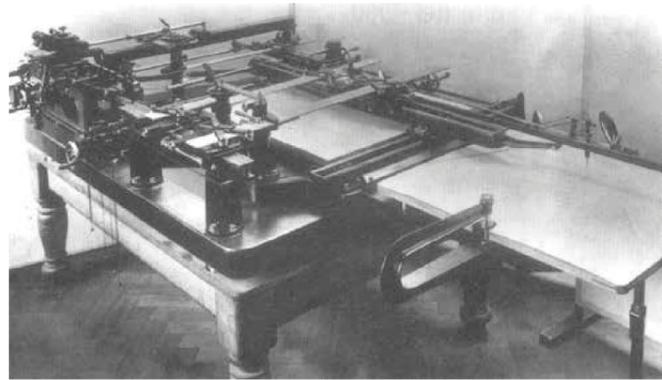
12 Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

13 Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

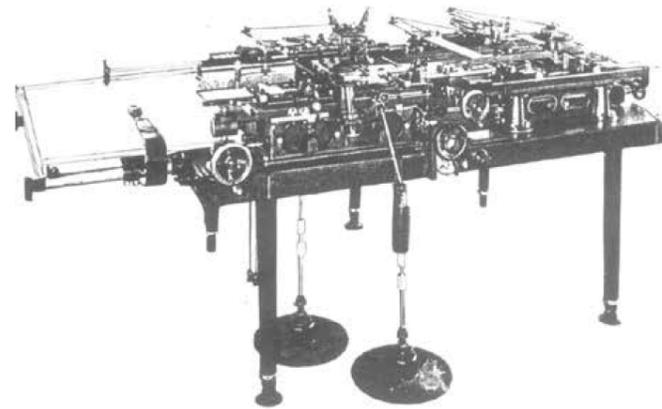
14 Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

Dai primi esperimenti di Laussedat, Porro e Meydenbauer si provò a risolvere il problema della trasformazione proiettiva, nel tentativo di trasformare l'immagine fotografica da prospettiva centrale a proiezione ortogonale. La soluzione al problema si iniziò ad intravedere all'inizio del Novecento, in primo luogo con la comparsa della *stereofotogrammetria*<sup>15</sup>, introdotta dal fisico tedesco Carl Pulfrich, che attraverso sua attività di ricerca per la *Carl Zeiss* fece realizzare il primo stereocomparatore, e in secondo luogo per gli studi di Friedrich Stoltze con il principio della marca mobile. Queste due tecniche consentirono di superare la criticità nel riconoscimento dei punti omologhi su due fotografie diverse.

I successivi sviluppi nel campo della stereofotogrammetria e l'avanzamento degli studi di Pulfrich, nel continuo tentativo di miglioramento dello stereocomparatore portarono Eduard Von Orel, pioniere dei restitutori analogici, alla realizzazione dello **stereoautografo** (1909).



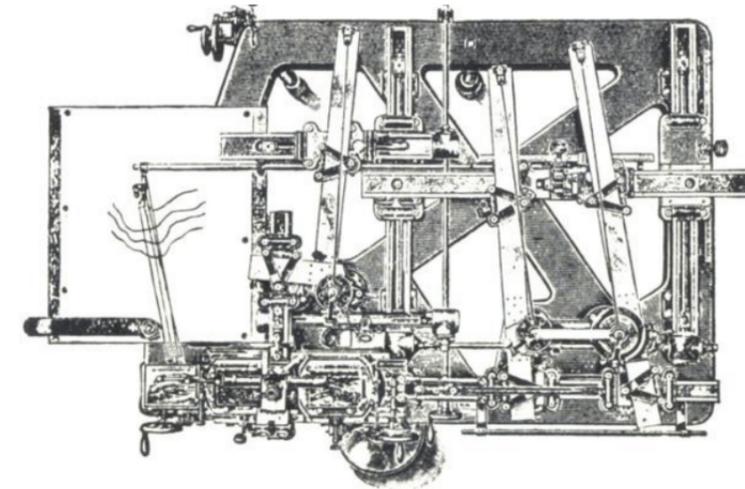
34 / Stereautografo Von Orel - Zeiss, versione perfezionata del 1909



35 / Stereautografo Von Orel - Zeiss, versione commerciale definitiva del 1911

<sup>15</sup> La *stereofotogrammetria* è un metodo di rilevamento topografico che si fonda sull'impiego di coppie di fotogrammi di una stessa zona di terreno, presi da punti di vista diversi.

Questo apparecchio restitutore, mediante l'esecuzione per via meccanica dei calcoli e il tracciamento automatico delle curve di livello, ha reso possibile la riproduzione, a partire da immagini terrestri, di planimetrie e curve di livello, risolvendo definitivamente il passaggio dalla prospettiva dei fotogrammi alla proiezione orizzontale su carta, utilizzando elementi fisici di tipo analogico e che quindi non necessitavano l'uso del calcolo numerico delle coordinate dei singoli punti.



36 / Rappresentazione di uno stereoautografo in funzione

Nei ruggenti anni '20 del Novecento, Walther Bauersfeld, portando avanti ulteriori studi, riuscì a realizzare lo **stereoplanigrafo**, strumento con cui è stato in grado di estendere la funzione dello stereoautografo alla restituzione di fotogrammi aerei: si inizia quindi a parlare di **aerofotogrammetria**. Verso la metà del Novecento, con la diffusione dei calcolatori elettronici, strumenti in grado di elaborare una grande quantità di dati, nonostante le dimensioni ridotte, portò la fotogrammetria verso un approccio analitico al problema. In altre parole, la transizione da una coppia stereoscopica di fotogrammi alla loro proiezione ortogonale è realizzata attraverso l'elaborazione numerica di un set di equazioni elaborate dal computer. L'introduzione dei calcolatori elettronici sancisce il passaggio da un approccio analogico a quello analitico.

Al giorno d'oggi, grazie allo sviluppo della tecnologia, è possibile produrre e utilizzare immagini digitali, organizzate in una griglia di minuscoli elementi noti come *pixel*, che racchiudono una serie di informazioni radiometriche. In parallelo, sono stati sviluppati *software* che, utilizzando tecniche di *Structure from Motion*, svolgono i vari processi fotogrammetrici grazie ai moderni computer ora disponibili. Uno degli aspetti che ha maggiormente ostacolato in passato la diffusione della fotogrammetria è rappresentato dall'elevato costo e complessità

degli apparecchi usati per svolgere le operazioni fotogrammetriche. Grazie alla progressiva evoluzione, che ha garantito la riduzione dei tempi e dei costi, la fotogrammetria ha visto uno sviluppo e una diffusione che l'hanno portata ad essere protagonista di numerose applicazioni, anche in settori nei quali veniva utilizzata sporadicamente, o in settori in cui non era ancora mai stata impiegata, come nel caso dell'ortodonzia.

### Classificazioni

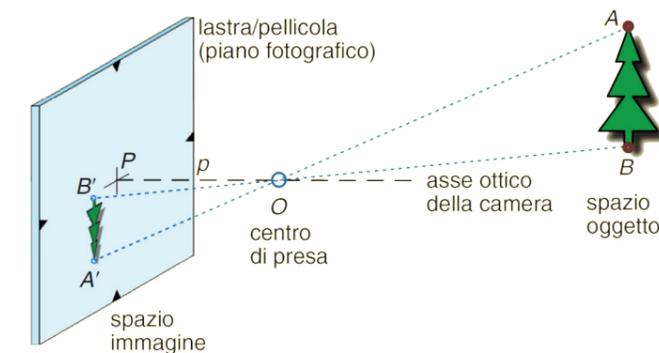
La fotogrammetria può essere classificata secondo tre principali attributi: acquisizione, fotografia ed elaborazione utilizzata. Nella classificazione secondo la tipologia di acquisizione, nonché l'attributo principale, si distinguono due approcci: quello della *fotogrammetria terrestre* e quello della *fotogrammetria aerea*<sup>16</sup>. Nel primo caso, conosciuto anche come fotogrammetria dei vicini, la camera è situata in stazione sul terreno e l'oggetto interessato dev'essere ad una distanza massima di 300 metri. Le applicazioni più frequenti si possono riscontrare nel campo del patrimonio architettonico con la fotogrammetria architettonica, archeologica e dei beni culturali e nel settore delle grandi infrastrutture ingegneristiche - non solo per dighe, ponti etc. - ma anche per descrivere fenomeni di frane e smottamento del terreno. Nell'ambito della fotogrammetria aerea la presa avviene dall'alto con la camera situata a bordo di aeromobili, oppure da satellite, permettendo così di generare cartografie di qualsiasi tipo, da quelle tecniche a grande scala fino a carte generali e militari di piccola scala. Ovviamente, in base alla tipologia di risultato che si vuole ottenere, il tipo di camera utilizzata e la quota di volo svolgono ruoli decisivi. La classificazione in base alla forma di rappresentazione del dato, o meglio in base alla fotografia, suddivide la fotogrammetria in *tradizionale* nel caso in cui l'immagine sia disponibile su supporto fotografico e ottenuta dallo sviluppo di emulsioni fotosensibili su pellicola (in negativo e in positivo); e in *digitale* nel caso in cui le immagini siano riportate in forma numerica ed organizzate in un grigliato di pixel. Infine, nella catalogazione secondo la modalità di elaborazione si può parlare di *fotogrammetria analogica* se la ricostruzione del manufatto rilevato si consegue con dispositivi fisici (bachette metalliche, raggi luminosi...) che riproducono all'inverso il fenomeno della presa; mentre si parla di *fotogrammetria analitica* se la ricostruzione degli oggetti rilevati si ottiene elaborando in maniera numerica - con moderni strumenti di calcolo - opportune misure effettuate direttamente sui fotogrammi. Nel primo caso è l'azione fisica dei componenti a ricostruire le equivalenze geometriche, mentre

<sup>16</sup> Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

nel secondo la ricostruzione è affidata alla precisa modellazione matematica supportata dall'elaborazione digitale<sup>17</sup>. Si parla invece di *fotogrammetria digitale* nel momento in cui l'acquisizione sia direttamente digitale (camere fotogrammetriche digitali) o se si utilizzano software appositi per generare, mediante l'unione delle fotografie scattate, i prodotti fotogrammetrici del manufatto rilevato<sup>18</sup>. Sia l'approccio identificato come tradizionale o digitale, i principi chiave sui quali la fotogrammetria si basa risultano essere sempre gli stessi.

### Principi di funzionamento

Come già accennato in precedenza, la fotogrammetria serve a passare da prospettive centrali a proiezioni ortogonali. Grazie ad essa, è possibile determinare le posizioni dei punti di un oggetto nel contesto reale del territorio mediante le informazioni dei punti corrispondenti sulle fotografie acquisite da differenti punti di presa. E' indispensabile quindi definire le relazioni geometriche tra le posizioni tridimensionali dei punti dell'oggetto e quelle delle loro immagini sul piano fotografico. Ad un qualsiasi punto dello spazio oggetto tridimensionale corrisponde un punto omologo nello spazio immagine (piano fotografico)<sup>19</sup>.



37 / Schema della geometria dell'acquisizione fotografica

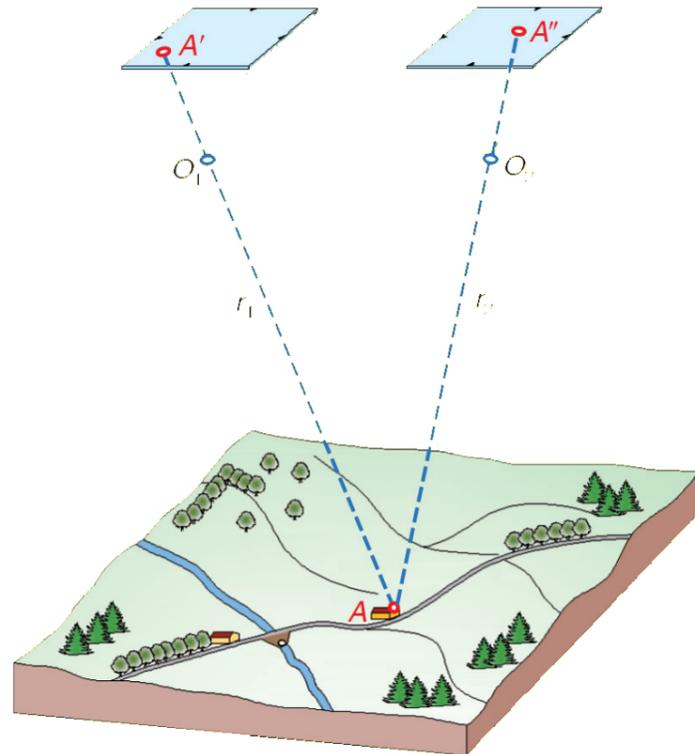
Si considera la fotografia come una prospettiva centrale, nella quale i segmenti che congiungono i punti dell'oggetto con i loro corrispondenti punti immagini (raggi della stella proiettante) si incontrano tutti in un punto chiamato centro di presa. Tuttavia, una sola immagine non contiene abbastanza informazioni per determinare la posizione nello spazio e le dimensioni di un oggetto tridimensionale partendo dalle sue coordinate dello spazio immagine. Di conseguenza, per un

<sup>17</sup> Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

<sup>18</sup> Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

<sup>19</sup> Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

corretto funzionamento del metodo fotogrammetrico, la condizione necessaria da soddisfare è quella di avere almeno due immagini dell'oggetto da due diversi punti di presa. Il principio su cui si fonda tale assunto è quello della **visione stereoscopica**, che permette una più immediata individuazione dei punti omologhi mediante una singola collimazione nel modello tridimensionale<sup>20</sup>.



38 / Principio di visione stereoscopica in fotogrammetria

Questo fondamento è lo stesso di cui si avvale la vista umana, che è in grado di percepire la spazialità dei corpi e degli oggetti. La retina è il tessuto all'interno dell'occhio umano che ospita i fotoricettori, ed è responsabile dell'impressione dell'immagine legata alla vista di un oggetto. Essendo gli occhi ad una distanza interpupillare di circa 60-65 mm, sulle rispettive retine si formano due immagini leggermente differenti. Per percepire un'unica immagine tridimensionale, il cervello umano ne esegue una sintesi, realizzando quella che viene definita visione stereoscopica naturale di un oggetto<sup>21</sup>. Lo stesso principio è alla base della *Structure from Motion* (SfM), che ne costituisce una sorta di estensione.

20 Cannarozzo, Cucchiari, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

21 Cannarozzo, Cucchiari, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

### Equazioni di collinearità

Le tre fasi del processo fotogrammetrico, ovvero l'acquisizione (passaggio dalla posizione dei punti oggetto alla posizione dei punti immagine), l'orientamento (calcolo dei parametri di orientamento interno ed esterno) e infine la restituzione (calcolo delle coordinate dei punti oggetto)<sup>22</sup> sono governate dalle equazioni di collinearità, le quali rappresentano il principio su cui si fonda il processo fotogrammetrico, creando una relazione tra le coordinate di un generico punto presente nei fotogrammi e le medesime coordinate nello spazio reale.

$$x = x_0 - f \cdot \frac{a_{11} \cdot (X - X_0) + a_{12} \cdot (Y - Y_0) + a_{13} \cdot (Z - Z_0)}{a_{31} \cdot (X - X_0) + a_{32} \cdot (Y - Y_0) + a_{33} \cdot (Z - Z_0)} \quad \text{Equazioni di collinearità}$$

$$y = y_0 - f \cdot \frac{a_{21} \cdot (X - X_0) + a_{22} \cdot (Y - Y_0) + a_{23} \cdot (Z - Z_0)}{a_{31} \cdot (X - X_0) + a_{32} \cdot (Y - Y_0) + a_{33} \cdot (Z - Z_0)}$$

Le equazioni di collinearità determinano le coordinate di un punto generico P attraverso almeno due fotogrammi, orientati attraverso una coppia di equazioni formate da 6 incognite, le quali rappresentano i parametri di orientamento. Inoltre, le equazioni di collinearità collegano le coordinate di un punto immagine  $x_p, y_p$  con le coordinate del punto oggetto, attraverso i parametri di orientamento interno ed esterno<sup>23</sup>.

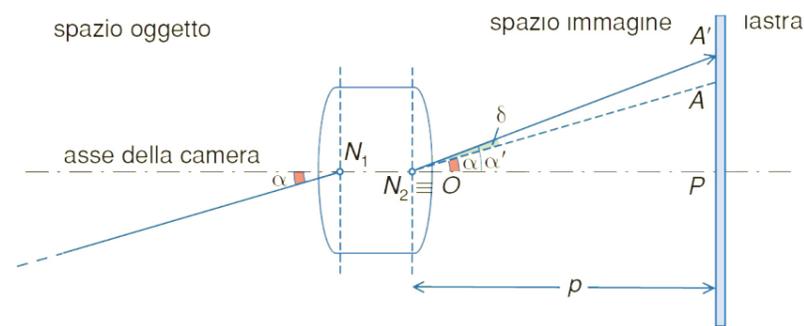
### Distorsioni

La ricostruzione reale dello spazio oggetto si ottiene mediante la calibrazione della camera, fase del processo fotogrammetrico necessaria per acquisire le informazioni metriche tridimensionali del mondo reale mediante l'utilizzo di immagini bidimensionali. Oggi, questa procedura avviene in maniera automatica all'interno dei *software* fotogrammetrici. Fino a prima dell'avvento della fotogrammetria digitale, per risolvere il problema della distorsione radiale, le camere metriche venivano calibrate direttamente dalla casa costruttrice, che forniva un certificato di calibrazione contenente i parametri di orientamento interno e i parametri necessari a modellare gli errori<sup>24</sup>. Nella realtà un obiettivo produce delle distorsioni, ovvero delle aberrazioni del meccanismo di acquisizione della camera, motivo per il quale si creano dei discostamenti tra realtà e modello ottenuto.

22 Cannarozzo, Cucchiari, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

23 Dispense Prof. Chiabrando, A.A. 2019-2020.

24 Dispense Prof. Chiabrando, A.A. 2019-2020.



39 / Rappresentazione dell'aberrazione dell'obiettivo (distorsione)

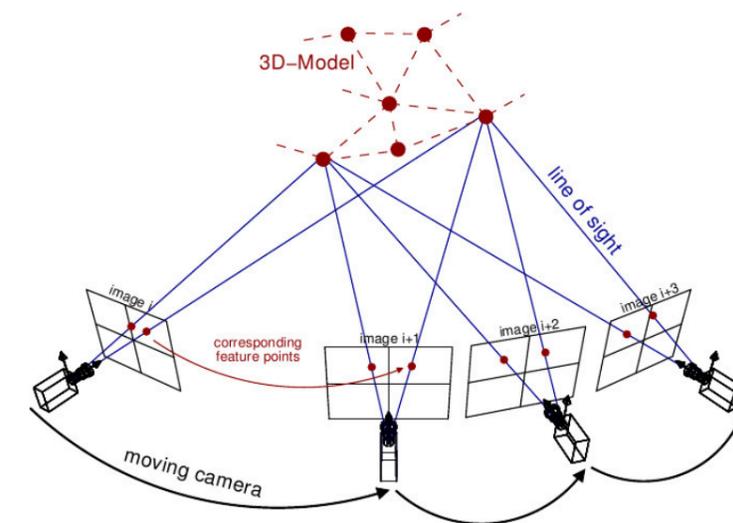
Le distorsioni possono essere di due tipi:

- distorsioni dovute dal sensore: sono la causa della non perfetta ortogonalità tra le righe e le colonne della matrice del pixel - la quale porta ad una generazione di errori nella forma dello stesso, che non sarà più perfettamente quadrata, ma prevederà una distorsione angolare, che prende il nome di *skew*. Il sensore, a livello teorico, è composto da pixel quadrati e righe/colonne perpendicolari; nella realtà questo non avviene poiché i pixel non sono quadrati e le righe sono leggermente inclinate rispetto alle colonne.
- distorsioni dovute all'obiettivo: derivano dall'errata posizione dei punti principali e dalla presenza di distorsioni radiali e tangenziali nell'immagine acquisita. Può trattarsi sia una distorsione radiale (quella predominante), che non è costante ed è direttamente proporzionale al raggio, ovvero la distanza dal punto principale, oppure distorsioni tangenziali presenti nelle camere con ottiche di bassa qualità. Questi fenomeni si possono correggere analiticamente attraverso il modello di *Brown-Conrady* il quale rappresenta il contributo di decentramento nella forma.

### Structure from Motion

La *Structure from Motion* (SfM) è una serie di processi e algoritmi alla base dei software fotogrammetrici che permette la generazione di nuvole di punti, modelli tridimensionali ed elaborati bidimensionali. La SfM pone come obiettivo la ricostruzione tridimensionale di oggetti o scene statiche mediante un insieme di misurazioni proiettive rappresentate da molteplici immagini bidimensionali scattate da diverse posizioni, stimando il movimento della camera che ha acquisito le immagini. Si tratta quindi di una ricostruzione di tipo metrico che passa attraverso il calcolo delle coordinate tridimensionali di punti in un sistema di riferimento noto (*structure*), utilizzando come punto di partenza la posizione delle camere al

momento dell'acquisizione delle immagini (*motion*)<sup>25</sup>. Con quest'ultimo termine "*motion*", si intendono i parametri di orientamento esterno della fotocamera, ossia la loro posizione nel momento di acquisizione delle immagini. Gli algoritmi di *Computer Vision*, integrati a quelli fotogrammetrici, hanno consentito un'automatizzazione dell'intero flusso di lavoro fotogrammetrico.



40 / Schema del principio di funzionamento della Structure from Motion

I metodi di risoluzione della SfM sono molteplici e si basano su metodologie simili che possono essere riassunte dal seguente elenco:

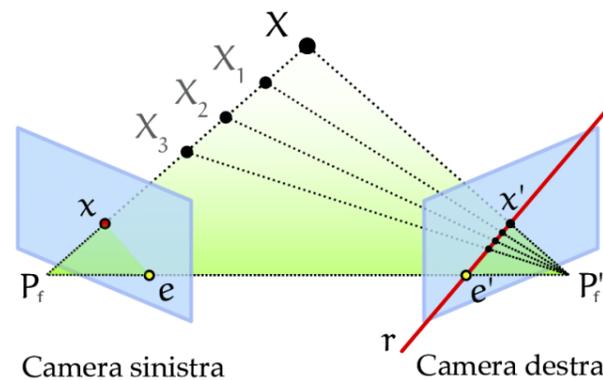
- La prima operazione consiste nell'estrazione delle caratteristiche (*features*) dalle immagini, ovvero una serie di elementi quali punti di interesse e linee, riscontrabili in diverse immagini.
- Dopo aver individuato un sufficiente numero di *features*, mediante criteri radiometrici e geometrici, l'algoritmo cerca di stimare delle corrispondenze tra i punti chiave nelle diverse immagini al fine di eseguire un primo tentativo di relazione tra le diverse viste della scena.
- Successivamente, utilizzando le corrispondenze tra i punti chiave nelle diverse immagini, l'algoritmo (o SfM) stima la posizione e l'orientamento delle camere che hanno catturato le immagini. Al termine di questa operazione la geometria individuata non corrisponde perfettamente alle condizioni reali del blocco fotogrammetrico, ma ne fornisce una geometria equivalente a quella reale. La ricostruzione reale si ottiene conoscendo i parametri di orienta-

<sup>25</sup> Bolognesi, La fotogrammetria digitale e la computer vision per l'ingegneria civile: teoria e casi studio, Tesi di dottorato, Università degli studi di Ferrara, 2015, rel.: P. Russo.

mento interno, i quali si ricavano a priori attraverso la *self-calibration*, o a posteriori con metodi di autocalibrazione.

- In seguito, attraverso il *bundle adjustment*, è possibile ottenere una stima ottimale minimizzando l'errore della ricostruzione attraverso l'inserimento di informazioni aggiuntive.
- Infine, la tecnica di SfM sarà in grado di calcolare la posizione tridimensionale dei punti corrispondenti nella scena generando così una rappresentazione tridimensionale dell'oggetto o della scena. Si parla di *Dense Image Matching*, definito come l'insieme delle tecniche che permettono di stabilire in modo automatico una corrispondenza tra punti estratti da due o più immagini digitali. Il *Dense Image Matching* consente di creare la classica nuvola di punti densa da cui poi sarà possibile processare i vari elaborati. Quest'ultimo può essere eseguito mediante tre diverse tecniche: *Area Based Matching* (ABM) basata sul confronto dei toni radiometrici dei pixel nell'intorno dei punti delle diverse immagini, *Feature Based Matching* (FBM) che si basa invece sull'estrazione di zone di interesse (punti, linee o aree) utili per identificare punti omologhi con maggior facilità e precisione ed infine la *Relational Based Matching* (RBM) che si basa su entità radiometriche, spaziali o topologiche<sup>26</sup>.

Per concludere, un aspetto differente rispetto alla fotogrammetria tradizionale è che la *Structure From Motion* ha una risoluzione automatica del posizionamento e dell'orientamento delle camere grazie ad una sovrapposizione ridondante delle immagini. Inoltre, la SfM utilizza i principi della geometria epipolare, illustrando le relazioni che esistono tra i punti corrispondenti di due immagini.



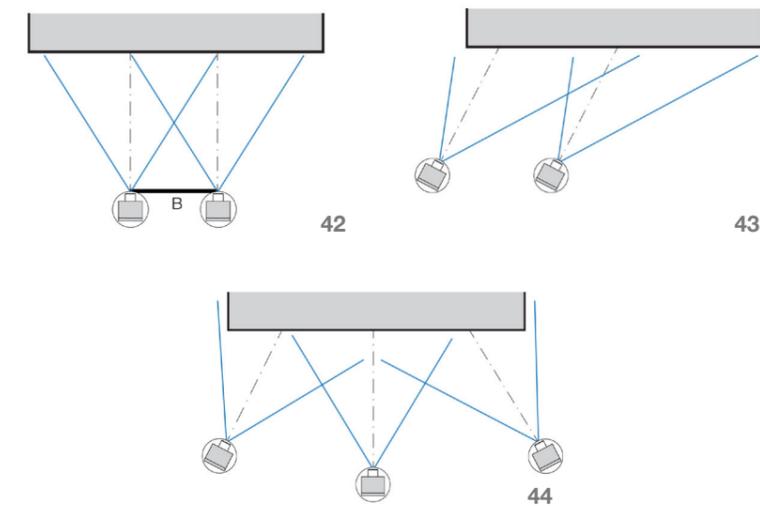
41 / Schema del principio di funzionamento della geometria epipolare

26 Dispense Prof. Chiabrando, A.A. 2019-2020..

## Il rilievo fotogrammetrico / fasi

Le fasi del rilievo fotogrammetrico sono:

- 1. Pianificazione del rilievo:** questa prima fase, se affrontata in maniera superficiale, può rappresentare una delle principali fonti di errore. E' innanzitutto necessario riconoscere l'obiettivo del rilievo, i cui esiti sono influenzati dal livello di dettaglio richiesto, che sarà diverso se si richiede una restituzione di planimetrie, sezioni, prospetti rispetto a quando ci si approccia ad aree più estese come Culuccia. Successivamente, bisogna valutare la strumentazione da impiegare e identificare strategia di acquisizione da adottare. Queste valutazioni sono molto importanti poichè influiscono direttamente sul successo della fase di restituzione.
- 2. Acquisizione dei dati:** riguarda le operazioni di presa delle immagini fotografiche. Nel caso del rilievo fotogrammetrico terrestre esistono tre tipi di presa: normale (o stereoscopica), obliqua e convergente. Nel caso di presa normale gli assi della camera sono disposti in maniera parallela tra loro e perpendicolare rispetto all'oggetto rilevato; la ripresa obliqua invece implica un'inclinazione degli assi delle camere rispetto alla base, mantenendo però il loro parallelismo; infine la presa convergente si ha quando gli assi delle camere creano un qualsiasi angolo con la base di presa (si tratta quindi di acquisizioni inclinate rispetto all'oggetto da rilevare e non parallele tra di loro)<sup>27</sup>.



42, 43, 44 / Schema di presa, da sn a dx: normale, obliqua e convergente

27 Cannarozzo, Cucchiari, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

3. Per eseguire una presa in maniera corretta bisogna innanzitutto conoscere le caratteristiche della camera quali la dimensione del pixel ( $D_{pix}$ ) da cui risalire alla dimensione del sensore ( $l_x, l_y$ ) e la focale  $f$  (distanza principale). Fissata la scala di rappresentazione (1:n) si ricava la precisione richiesta ( $\sigma = 0.2 \text{ mm} \cdot n$ ), dove 0.2 mm rappresenta l'errore di graficismo. Inoltre, in funzione di quanto determinato finora occorre calcolare i seguenti parametri, che derivano dalla semplificazione geometria della fotografia ad una prospettiva centrale: la scala media del fotogramma, l'abbracciamento, la base di presa, il ricoprimento e il *Ground Sample Distance* (GSD). La *scala media del fotogramma* rappresenta il rapporto tra la dimensione massima del fotogramma ( $l$ ) e la corrispondente dimensione reale ( $L$ ) dell'oggetto contenuto nella fotografia, e si calcola mediante il rapporto ( $1/N=l/L$ ) - talvolta espresso come ( $1/N=D/f$ ), in cui  $D$  rappresenta la distanza di presa dalla superficie. L'*abbracciamento* ( $L$ ) rappresenta invece la dimensione reale dell'oggetto contenuto nel fotogramma (ricoprimento a terra in caso di rilievo aerofotogrammetrico), la *base di presa* descrive la distanza tra i centri di presa della camera fra due fotogrammi consecutivi, il *ricoprimento* ( $\mu$ ) delinea la sovrapposizione di una parte dell'oggetto rilevato su due fotogrammi consecutivi ed è in generale circa il 60% dell'abbracciamento  $L$ . Infine, il *Ground Sample Distance* (GSD) rappresenta la dimensione del pixel al suolo - o sull'oggetto reale rilevato - e si esprime con la formula:  $D \cdot D_{pix} / f$ .
4. **Orientamento:** riguarda le operazioni che servono a determinare i parametri e le informazioni necessarie al fine di collocare i centri di presa nella stessa posizione tridimensionale in cui si trovavano al momento dell'acquisizione. Questa fase si suddivide a sua volta in due: orientamento interno ed esterno. L'orientamento **interno** è l'insieme dei parametri utili a definire la geometria interna della camera da presa, determina il centro di proiezione (punto di presa) rispetto al sistema fiduciale definito sul fotogramma, tramite coordinate del punto principale nel sistema fiduciale e la distanza principale della camera. I parametri di orientamento interno sono quindi la distanza focale, ovvero la distanza tra il centro dell'obiettivo e il piano focale, il punto di presa, punto di intersezione tra i raggi proiettivi, il punto principale, che rappresenta l'intersezione tra l'asse della camera e il piano focale e infine lo *skew*. L'orientamento **esterno** rappresenta invece l'insieme dei parametri utili alla definizione della posizione che i fotogrammi avevano nella camera nel momento della presa. Si determinano per ogni singola immagine tanti parametri incogniti quanti sono i movimenti che definiscono la posizione di un corpo rigido nello spazio, ovvero sei: tre traslazioni e tre rotazioni. L'orientamento

esterno è di due tipi, relativo ed assoluto. Quello relativo descrive i parametri che determinano la posizione relativa assunta dalla camera nello spazio al momento dell'acquisizione del primo fotogramma, rispetto a quella assunta - dalla stessa camera - al momento del secondo fotogramma. Quello assoluto determina invece i parametri di rotazione, traslazione e fattore di scala, al fine di definire la corretta collocazione nello spazio dell'oggetto rilevato. Per poter determinare questi parametri bisogna essere a conoscenza della posizione di alcuni punti di riferimento a terra, chiamati *Ground Control Points* (GCP o punti di appoggio) - definiti mediante l'utilizzo di strumentazioni GPS/GNSS - funzionali a definire un sistema di riferimento assoluto. I GCP sono necessari per risolvere l'orientamento esterno assoluto<sup>28</sup>. Ad oggi, queste operazioni di orientamento vengono eseguite all'interno di software fotogrammetrici attraverso tecniche di *Structure from Motion* che, come spiegato in precedenza, sfruttano algoritmi e processi di computer vision per stimare le posizioni tridimensionali dei vari punti all'interno dei fotogrammi.

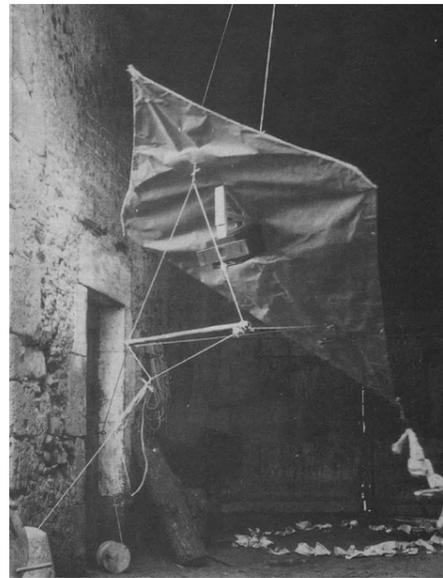
5. **Restituzione:** rappresenta l'ultima fase del rilievo in cui vengono elaborati i fotogrammi acquisiti, al fine di generare i prodotti finali, ricostruendo forma e dimensione dell'oggetto rilevato, mediante l'utilizzo di strumenti noti come restitutori, che realizzano nubi dense, modelli texturizzati, modelli digitali del terreno, ortofoto... Attualmente, è possibile utilizzare software fotogrammetrici commerciali (e.g. Agisoft Metashape, utilizzato in questo progetto di tesi, secondo il procedimento illustrato nei capitoli a seguire) che, grazie ad una serie di operazioni automatizzate, sono in grado di elaborare le grandi quantità di dati ottenuti durante il rilievo.

### 2.5 / L'aerofotogrammetria

Nella storia dell'aerofotogrammetria, vi sono stati dei momenti chiave in cui l'ingegno umano ha cercato dei modi innovativi - e talvolta creativi - per catturare immagini aeree utilizzando sistemi non convenzionali come l'aerostato, sperimentando con gli aquiloni e l'utilizzo di piccioni viaggiatori, per arrivare poi alle moderne tecnologie con aerei e droni. Ognuna di queste tecniche ha contribuito a formare la disciplina dell'aerofotogrammetria e ciò che ad essa è legato (cartografia-acquisizione dati geospaziali...). Le prime fotografie aeree furono scattate intorno alla metà del XIX secolo da parte del fotografo francese Gaspard-Félix Tournachon (noto anche come Nadar) che solcò i cieli di Parigi, mediante l'u-

<sup>28</sup> Cannarozzo, Cucchiari, Meschieri, *Misure, rilievo, progetto*, Zanichelli editore, 2012.

tilizzo di un **pallone aerostatico**, per scattare una serie di fotografie dall'alto della città<sup>29</sup>. Il lavoro eseguito da Nadar ha contribuito in maniera significativa allo sviluppo della fotografia aerea catturando l'interesse per applicazioni militari, scientifiche e cartografiche<sup>30</sup>. Successivamente, dalla fine del XIX secolo, vennero montate le fotocamere sugli **aquiloni**, che una volta sollevati in aria, potevano essere controllati dall'operatore consentendogli di catturare delle immagini aeree di un'area specifica ad un'altezza definita. Il primo esperimento venne eseguito dal meteorologo inglese Douglas Archibald, passando poi dal fotografo francese Arthur Batut che scattò delle fotografie aeree di *Labruguière* - cittadina nelle vicinanze di Tolosa - usando un aquilone con intelaiatura in listelli di pioppo a cui attaccò una fotocamera realizzata in legno e cartone, equipaggiata con un obiettivo costituito da una singola lente e con lo scatto dell'otturatore attuato da una miccia che, bruciando lentamente, azionava un meccanismo ad elastico<sup>31</sup>.



45 / Aquilone utilizzato dal fotografo francese Arthur Batut

All'inizio del XX secolo, George R. Lawrence è stato protagonista di una delle fotografie aeree più iconiche di questi tempi, ovvero una foto panoramica aerea scattata da un'altezza di circa 2000 piedi (corrispondenti a 600 metri) che riprendeva la baia di San Francisco dopo il terremoto del 1906<sup>32</sup>.

29 Mario Gomasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

30 Nannini, *La fotografia aerea da aquilone per l'archeologia*, in *Archeologia Aerea 9'15*, Claudio Grenzi Editore, 2015.

31 Nannini, *La fotografia aerea da aquilone per l'archeologia*, in *Archeologia Aerea 9'15*, Claudio Grenzi Editore, 2015.

32 Nannini, *La fotografia aerea da aquilone per l'archeologia*, in *Archeologia Aerea 9'15*, Claudio Grenzi Editore, 2015.



46 / Fotografia raffigurante la baia di San Francisco dopo il terremoto del 1906

Come accennato ad inizio paragrafo, un altro particolare capitolo della fotografia aerea prevedeva l'utilizzo, in modo creativo ed innovativo, di piccioni viaggiatori per ottenere immagini dall'alto di luoghi più lontani e difficilmente accessibili. Colui che ideò questa tecnica fu il farmacista ed inventore tedesco Julius Neubronner, che sviluppò una piccola imbragatura - da attaccare sul petto dei piccioni - nella quale inserire una macchina fotografica (anch'essa da lui prototipata), attivata ad un intervallo di tempo definito in partenza mediante un meccanismo di temporizzazione<sup>33</sup>.

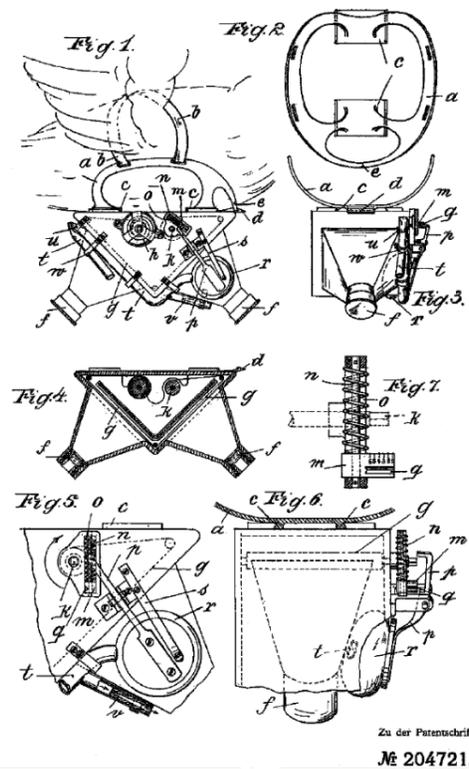


47 / Piccione con imbragatura e macchina fotografica

Neubronner sperimentò questa tecnica di fotografie aeree portando i volatili - abili di percorrere la rotta più veloce per ritornare al punto di partenza - in un'area distante qualche kilometro da casa e, successivamente visionava le immagini scattate per ripercorrerne il tragitto. Il peso dell'imbragatura faceva in modo che il piccione volasse ad un'altezza relativamente bassa (50-100 mt dal suolo) rap-

33 Gomasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

presentazione così un vantaggio. Pochi anni più tardi (1908) ottenne il brevetto per la fotografia aerea con piccioni, per poi vedere impiegata la sua idea nel campo militare già con la Prima Guerra Mondiale.



48 / Brevetto imbragatura volante, Julius Neubronner

Nonostante la possibilità di eseguire ricognizioni fotografiche da aereo, si preferiva l'utilizzo di questi volatili sia per la bassa quota di volo che consentiva di produrre foto più dettagliate, sia perchè era un vettore più discreto. L'intento iniziale di Neubronner non era quello di realizzare fotografie aeree di qualità, ma di scoprire il percorso fatto dai piccioni durante i loro spostamenti, siccome li sfruttava per consegnare i farmaci.

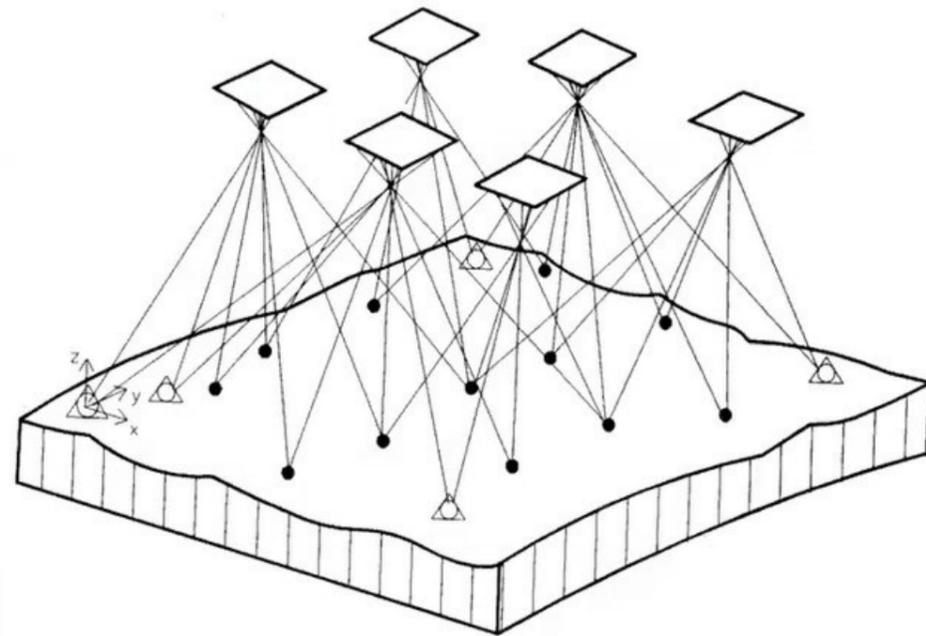


49 / Fotografia dall'alto ripresa dal volatile

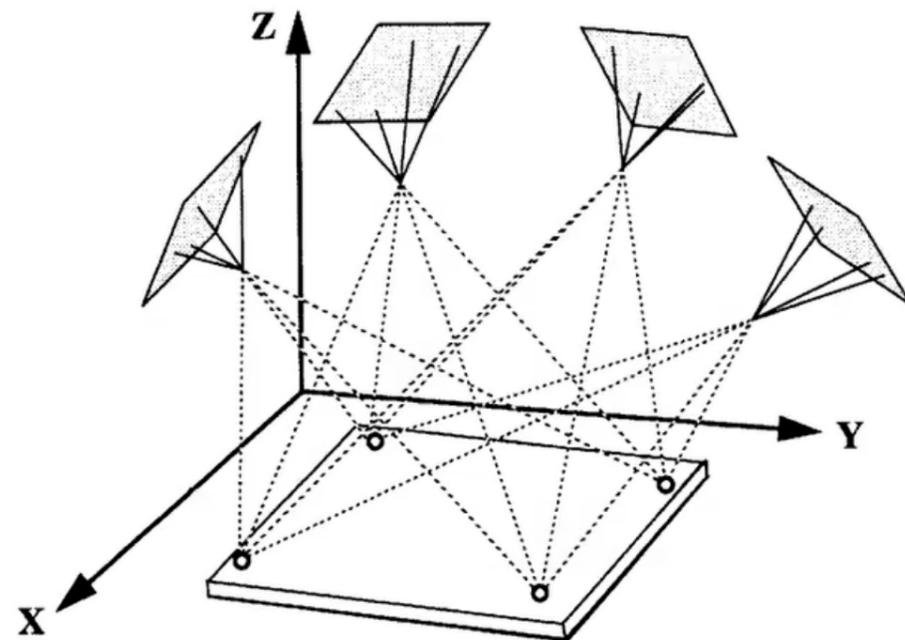
Parallelamente, l'inizio del Novecento vede anche la nascita dell'aeroplano, e di conseguenza le prime raccolte di immagini aeree, eseguite montando su di esso delle camere. Nel 1903, i fratelli Wright effettuarono il primo volo controllato con un aeroplano (*Flyer*). L'impiego degli aerei per catturare immagini dall'alto, costituisce una parte importante delle attività militari di ricognizione e pianificazione che, con l'avvento della Seconda Guerra Mondiale, assunsero un ruolo ancora più importante nella realizzazione di mappe per scopi bellici. Nel periodo successivo, grazie a tecniche di interpretazione delle immagini aeree più sofisticate, l'aerofotogrammetria iniziò ad essere utilizzata anche per scopi civili come la mappatura dettagliata del terreno, delle risorse naturali, pianificazione urbanistica e la produzione di cartografie. Oggi l'aerofotogrammetria è eseguita principalmente con l'uso di velivoli a pilotaggio remoto (APR) che hanno permesso di fare enormi progressi nel settore.

## 2.6 / Fotogrammetria con drone

Negli ultimi decenni, l'aerofotogrammetria ha beneficiato notevolmente dell'avanzamento della tecnologia dei droni, i quali possono catturare immagini aeree in maniera più rapida, più accessibile a tutti, senza perdere di qualità e con la possibilità di utilizzo in una vasta area di settori applicativi, dalla topografia e rilievo del terreno al monitoraggio ambientale, passando dal campo dell'agricoltura fino al rilievo dei beni architettonici e la mappatura di aree soggette a calamità naturali. Tutto ciò è possibile grazie all'utilizzo, di specifici sensori agganciati al drone (LIDAR, camere multispettrali, camere RGB, camere termiche) che l'utente può cambiare in base al tipo di attività che andrà a svolgere. Come accennato in precedenza, la fotogrammetria da drone permette di eseguire rilievi di aree vaste e di parti di edifici non facilmente raggiungibili e, dopo l'inserimento nei software fotogrammetrici delle informazioni acquisite, consente di generare gli elaborati quali ortofoto, modelli tridimensionali, modelli digitali del terreno e altri. Al fine di eseguire nella maniera più corretta le operazioni di rilievo, è necessario scegliere la strumentazione adatta in base alla finalità di esso (drone e tipologia di sensore), conoscere le caratteristiche della camera fotografica (Dpix, focale) e fissare i parametri descritti in precedenza - quali scala di rappresentazione, precisione del rilievo, GSD, quota di volo - in modo da garantire una corretta programmazione del **piano di volo**. Partendo dallo schema di ripresa, è possibile acquisire i fotogrammi con inclinazione nadirale della camera (perpendicolare al terreno, chiamata anche *presa classica*) oppure con inclinazione obliqua. Una combinazione di immagini nadirali ed immagini oblique permette di ricostruire meglio non solo la forma del terreno, ma anche degli edifici che insistono su di esso.

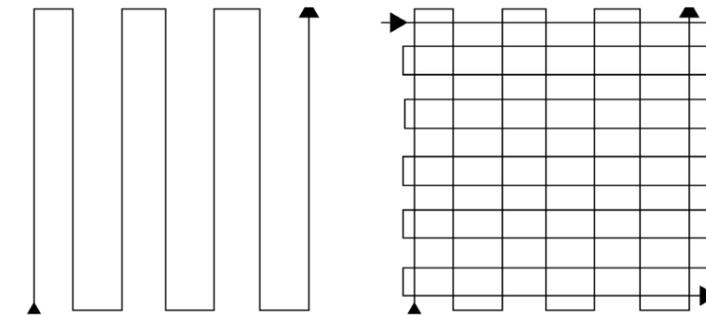


50 / Schema di presa classico



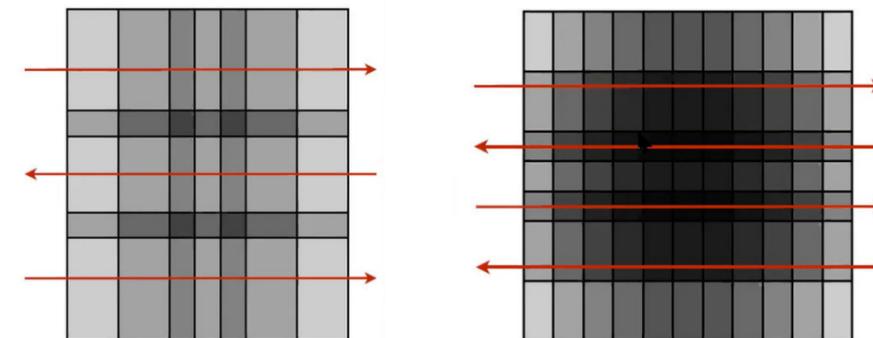
51 / Schema di presa obliquo

L'insieme di immagini che vengono acquisite lungo una direzione prende il nome di *strisciata*, che può essere singola o incrociata - quest'ultima nel caso di terreni accidentati o con oggetti in elevazione - e deve essere più lunga possibile in modo da abbattere i tempi di virata e riallineamento del drone<sup>34</sup>.



52 / Schemi tipi di strisciata, da sn verso dx: singola ed incrociata

La parte comune che si sovrappone tra due immagini contigue prende il nome di *ricoprimento longitudinale* ( $\mu$ ), mentre quello tra due strisciate adiacenti prende il nome di *ricoprimento trasversale* ( $\epsilon$ ). Lo schema di acquisizione tradizionale prevede circa un 60% di ricoprimento longitudinale e un 20% di ricoprimento trasversale: il motivo principale di queste percentuali era dovuto all'elevato costo dell'acquisizione e di sviluppo delle immagini mentre oggi, abbattuto il costo delle immagini e trascurato il numero di acquisizioni da elaborare, si può adoperare un ricoprimento longitudinale dell'80% e trasversale del 60%, consentendo di avere un'abbondanza di informazioni per ogni singolo punto e migliorare così l'estrazione tridimensionale e diminuire il numero di punti di controllo a terra.



53 / Schema del blocco fotogrammetrico, da sn verso dx: classico e moderno

Dalle figure sopra riportate, le quali rappresentano gli schemi dei blocchi fotogrammetrici, si evince come nelle zone più scure vi sia un'abbondanza di informazioni, mentre i punti deboli risiedono nei quattro estremi del blocco fotogrammetrico. Per tentare di superare tale mancanza, in queste zone critiche si posizionano quattro *GCPs*, in aggiunta agli altri già presenti nel blocco.

<sup>34</sup> Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.

# 03

## Workflow

---

3.1 / Missione Team DIRECT / giugno 2023

3.2 / Elaborazione immagini / missione giugno 2023

3.3 / Elaborazione immagini storiche

3.4 / Vettorializzazione dei dati

54 / Preparazione rilievo  
con laser scanner mobile



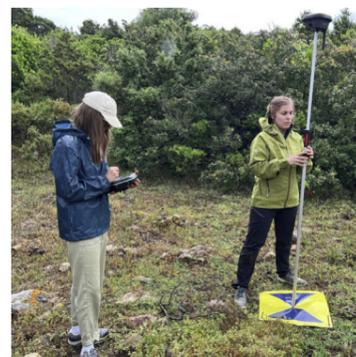
55 / Rilievo con laser  
scanner mobile



56 / Ricevitore GNSS  
su treppiede



57 / Misurazione GCPs con  
strumentazione GNSS



### 3.1 / Missione team DIRECT / Giugno 2023

Per approfondire la conoscenza del territorio dal vero, nel mese di giugno 2023 abbiamo avuto l'opportunità di recarci sull'isola di Culuccia con il Team DIRECT (*Disaster and RECOVERY Team*), gruppo di lavoro del Politecnico di Torino composto da professori e studenti dei Dipartimenti di Architettura ed Ingegneria, che si occupa di geomatica per la gestione di eventi catastrofici, emergenze ambientali e del patrimonio culturale a rischio. La missione, della durata di una settimana, è stata concepita per eseguire ulteriori acquisizioni di dati a completamento dei precedenti rilievi, unitamente all'esplorazione dei fondali marini. La possibilità di visitare il luogo ha permesso approfondirne i punti di forza e di fragilità, di conoscerne il funzionamento e sperimentare in prima persona cosa vuol dire soggiornare sull'isola. Il territorio di Culuccia è stato utilizzato come laboratorio a cielo aperto, sfruttando strumenti all'avanguardia insieme a strategie innovative, attraverso l'approccio del *Learning by doing*, metodo di apprendimento che si basa sull'imparare qualcosa attraverso l'esperienza sul campo.

#### Piano di volo / Fase pre-rilievo

Le operazioni di rilievo sono iniziate con la misurazione dei GCPs - per la precisione 14 - posizionati su elementi naturali e su *markers* fotogrammetrici a terra, distribuiti in maniera uniforme sull'isola, laddove possibile, poichè alcuni punti si sono rivelati inaccessibili a causa della densità della vegetazione. I *markers* sono elementi di forma quadrata che presentano una tonalità di colore molto contrastante con i colori del paesaggio, in modo tale da essere individuabili molto più facilmente nelle immagini acquisite dal drone, da inserirsi poi all'interno del *software* fotogrammetrico. Questi punti, importanti per la corretta georeferenziazione delle immagini, e utilizzati per l'orientamento esterno assoluto, necessitano di un'elevata precisione nel momento in cui vengono rilevati, motivo per cui sono stati determinati attraverso l'utilizzo di un ricevitore GNSS in movimento (*rover*) collegato ad un ricevitore posizionato in un punto con coordinate note (*base*) che, sfruttando la tecnologia nRTK (*Network Real Time Kinematic*), ha permesso di ricavare delle accuratezze centimetriche per il *rover* (GCP misurato). Entrambi i ricevitori GNSS osservavano le stesse stazioni e, partendo dalla coordinata nota della stazione base, è stato possibile ricavare le accuratezze centimetriche del ricevitore in movimento (*rover*). Ciò ha consentito di incrementare l'accuratezza dei dati di posizionamento, fornendo correzioni differenziali in tempo reale, contribuendo alla realizzazione di una rete di punti di appoggio efficace per lo step di orientamento del modello fotogrammetrico. Inoltre, è possibile sfruttare la tecnologia nRTK anche con un solo ricevitore GNSS, a patto di avere sempre

le stesse correzioni di base (nel nostro caso abbiamo sì sono utilizzati i servizi di HxGN *SmartNet ex Italtos*) e soprattutto di avere una copertura internet valida. Questa stessa tecnologia è stata usata non solo per la misurazione dei *GCPs*, ma anche per l'intero rilievo con drone, in quanto quest'ultimo al suo interno presenta un ricevitore RTK e lavora proprio come se fosse un ricevitore mobile (*rover*), inviando segnali al radiocomando, che è dotato di una connessione internet e si occupa di trasferire le correzioni di base al drone, alla stazione base (a cui deve rimanere sempre collegato) e ai satelliti. La tecnica di nRTK è sempre garantita, purché ci sia visibilità tra il radiocomando ed il drone. Infine, grazie al rilievo con tecnica di nRTK è anche possibile posizionare (e quindi rilevare) un numero inferiore di *GCPs* rispetto ad un rilievo classico<sup>1</sup>.

Come accennato nel capitolo 2 / *Principi teorici*, prima di effettuare il rilievo fotogrammetrico con drone è necessario verificare le condizioni di volo, le quali sono state valutate come *ottimali* per l'assenza di radiazione solare diretta, che garantisce condizioni di luce ideali. Inoltre, l'assenza di ostacoli ha consentito l'esecuzione del volo in modalità V-LOS (*Visual Line of Sight*), ovvero mantenendo l'operatore del drone in continuo contatto visivo con il mezzo aereo. In seguito a queste verifiche si è potuto procedere alla pianificazione del volo, la quale è stata impostata in maniera automatica attraverso il *software DJI Pilot*, integrato nel radiocomando del drone. Attraverso la localizzazione in tempo reale, il programma permette all'operatore di disegnare l'area da mappare, e successivamente di inserire i parametri da rispettare per la miglior realizzazione del volo, che si determinano in funzione del tipo di rilievo che si deve eseguire. Nel nostro caso si è deciso di volare a 126 metri di altezza, con un GSD di 1.48 cm/pixel. Sebbene l'isola non sia una superficie piana, bensì presenti elevazioni del terreno, tali parametri sono rimasti invariati durante tutto il volo, grazie alla *feature di terrain follow* automatico che - utilizzando come riferimento un DSM (*Digital Surface Model*), scaricabile direttamente nel software - genera l'adattamento delle quote di volo in modo che seguano l'andamento del terreno da mappare, consentendo così al drone di mantenere sempre la stessa distanza dal suolo. I parametri di ricoprimento ottenuti sono stati dell'80% per quanto riguarda quello longitudinale ( $\mu$ ) e del 60% per quello trasversale ( $\epsilon$ ). Inoltre, la precisione che abbiamo adottato è stata di 2 cm, di gran lunga sufficiente per gli elaborati necessari per lo sviluppo del progetto.

<sup>1</sup> <https://rivistageoedia.it/2022011817589/Rilievo-e-localizzazione/l-evoluzione-della-fotogrammetria-con-i-droni-rtk-ppk>

Per mappare l'isola - la cui estensione è di circa 3 km<sup>2</sup> - nella sua interezza, si è dovuta suddividere l'area in quattro parti, disegnando altrettanti piani di volo (settati mantenendo i parametri invariati). Ciononostante si è riusciti a concludere il rilievo nell'arco di una giornata, senza bisogno di interrompere il volo, grazie alla possibilità di cambiare le batterie a caldo, che permetteva quindi al drone di continuare la missione senza interruzioni. Questo è stato possibile ricorrendo all'utilizzo del *Dji Matrice 300 RTK*, velivolo all'avanguardia impiegabile in molteplici settori, quali la ricerca e soccorso, l'ispezione di linee elettriche, la prevenzione e il controllo degli incendi, fino ad arrivare all'applicazione nel campo della geomatica, in cui si sfrutta per automatizzare i flussi di lavoro dei rilievi e migliorarne la produttività nella raccolta e analisi dei dati<sup>2</sup>.



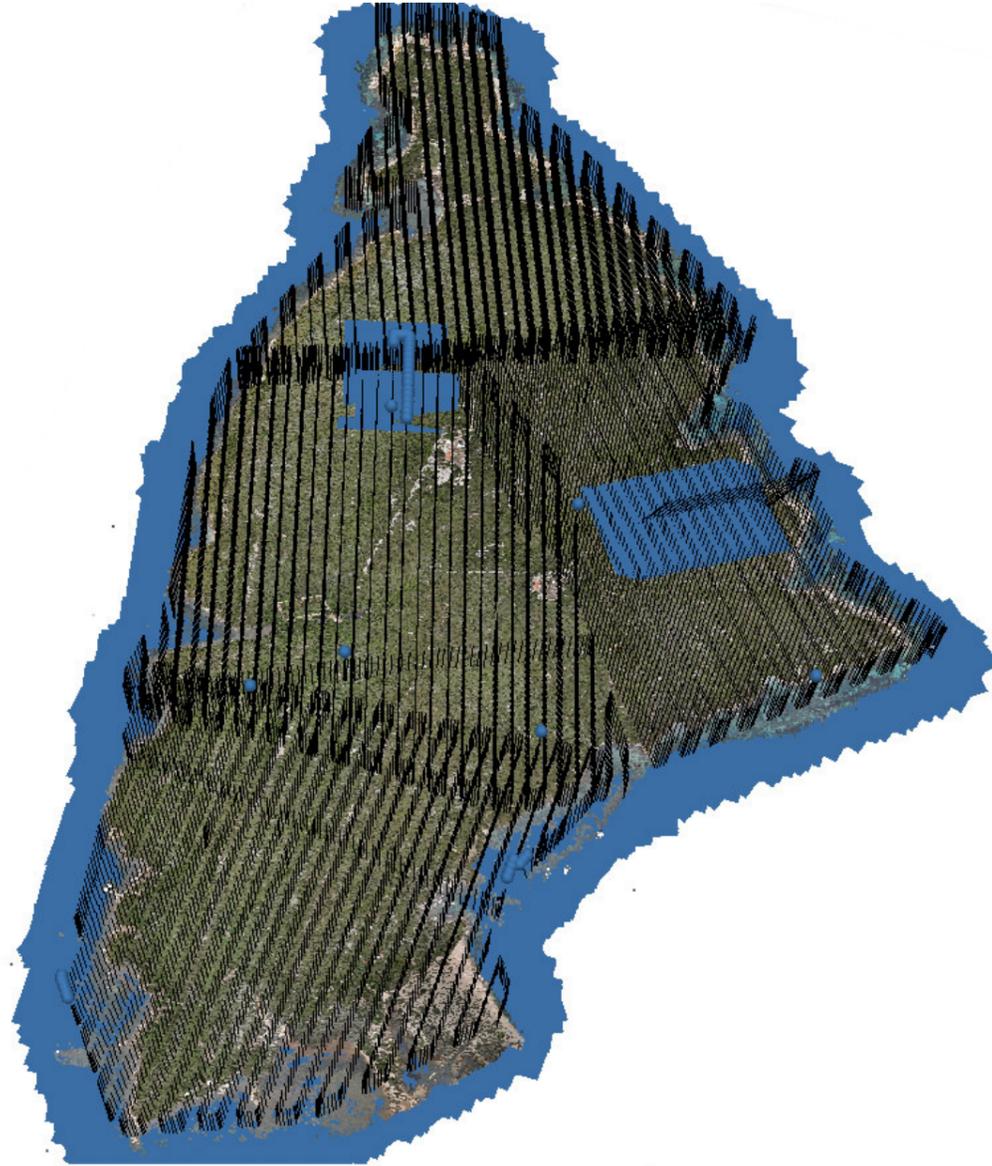
58 / Drone DJI Matrice 300 RTK sul campo



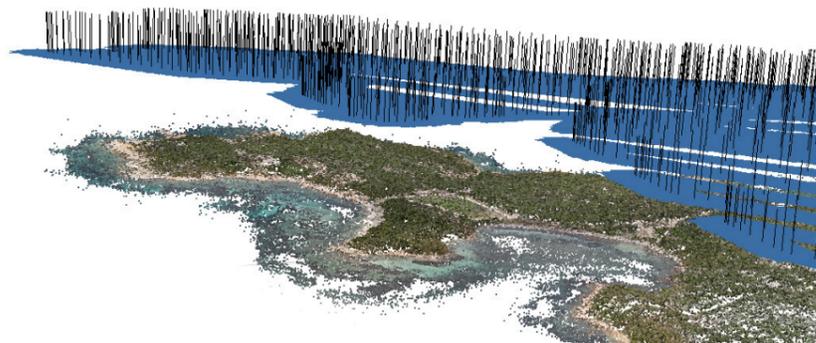
59 / Payload DJI Zenmuse P1

Il drone è stato utilizzato insieme al *payload Zenmuse P1* (carico utile progettato per operazioni di fotogrammetria), che integra un sensore full frame da 45 MP con obiettivi intercambiabili a fuoco fisso su uno stabilizzatore a 3 assi, una dimensione del pixel di 4,4  $\mu\text{m}$ , una focale di 45 mm e un intervallo minimo tra le foto di 0,7 secondi. Queste caratteristiche hanno portato all'acquisizione di circa 7500 immagini di tutta l'isola, le quali sono poi state importate nel *software* fotogrammetrico *Agisoft Metashape* al fine di realizzare i vari elaborati (modello tridimensionale, DSM, ortofoto e altri). Il volo è stato impostato con l'inclinazio-

<sup>2</sup> <https://enterprise.dji.com/it/matrice-300>.



60 / Allineamento dei fotogrammi e nuvola sparsa



61 / Particolare della fase di allineamento e nuvola sparsa

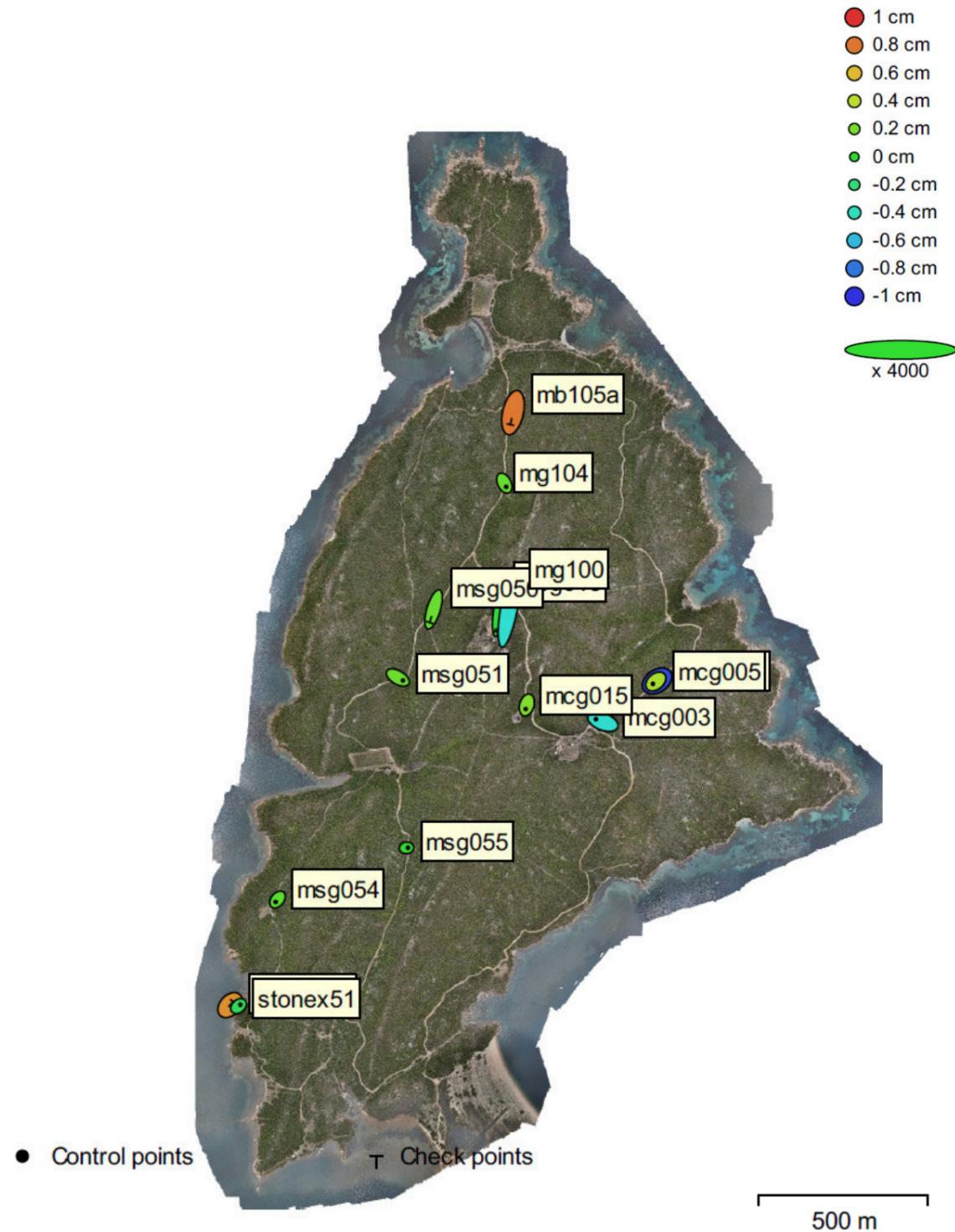
ne del sensore in posizione nadirale, e non con inclinazione obliqua poichè gli elaborati propedeutici per lo sviluppo della tesi si incentravano sulla generazione di ortofoto dell'isola nella sua interezza o comunque di immagini dall'alto di determinate posizioni. Dall'elaborazione delle 7500 immagini, si sono generati una nuvola densa costituita da 1'633'135'221 punti, elaborata in circa trenta ore, un modello digitale del terreno (5 cm/pix) e un'ortofoto (5 cm/pix). Quest'ultimo elaborato, che rappresenta lo stato attuale ultimo dell'isola, si aggiunge all'insieme di ortofoto degli anni passati da vettorializzare al fine di creare le varie cartografie.

### 3.2 / Elaborazione immagini / missione giugno 2023

La fase di elaborazione delle immagini è sicuramente quella meno gestibile di tutto il rilievo, ed è avvenuta con l'ausilio di *Agisoft Metashape*, software commerciale che esegue elaborazioni fotogrammetriche di immagini digitali con lo scopo di generare prodotti quali: ortofoto, modelli digitali del terreno e modelli tridimensionali. Il primo passaggio è stato l'inserimento delle immagini all'interno dello spazio di lavoro, in modo tale da eseguirne l'**allineamento**, fase in cui si risolve l'orientamento relativo del blocco fotogrammetrico attraverso una ricerca dei punti di legame nelle varie immagini, i quali compongono una prima nuvola di punti (nuvola sparsa) relativa all'isola.

Successivamente, al fine di ottimizzare la precisione del blocco fotogrammetrico, vengono **importati i GCPs** - e le relative coordinate ottenute mediante la conversione della quota da ellissoidica ad ortometrica - poi collimati nei singoli fotogrammi. Il sistema di riferimento in cui sono state inserite le coordinate relative ai *GCPs* è il S.R. WGS 84 / UTM zone 32N (EPSG::32632).

Dopo un'abbondante e sufficiente collimazione, eseguita mediante il posizionamento di una bandierina di colore verde nel centro del *marker* fotogrammetrico visibile nelle varie immagini, si sono disattivati quattro *GCPs*, al fine di ottenere altrettanti *check points*, ovvero punti che vengono utilizzati non per l'orientamento esterno assoluto, ma per convalidare l'accuratezza dell'allineamento delle camere e i risultati delle procedure di ottimizzazione. Di seguito vengono riportati i *GCPs* e i *check points*, con le relative stime degli errori.



62 / Posizione dei GCPs e dei check points sul territorio della Culuccia

| Label        | X error (cm) | Y error (cm) | Z error (cm) | Total (cm)  | Image (pix) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| mcg003       | -1.03        | 0.37         | -0.45        | 1.19        | 0.24 (22)   |
| mcg005       | -0.41        | -0.34        | 0.34         | 0.64        | 0.15 (15)   |
| mcg013       | -0.47        | -3.07        | -0.02        | 3.10        | 0.30 (18)   |
| mcg015       | -0.17        | -0.58        | 0.23         | 0.65        | 0.34 (15)   |
| msg051       | 0.76         | -0.43        | 0.17         | 0.89        | 0.28 (13)   |
| msg054       | -0.28        | -0.36        | 0.12         | 0.47        | 0.23 (20)   |
| msg055       | 0.20         | 0.020        | 0.01         | 0.21        | 0.30 (32)   |
| mg100        | 0.87         | 4.73         | -0.45        | 4.83        | 0.42 (32)   |
| mg104        | 0.27         | -0.54        | 0.15         | 0.62        | 0.22 (22)   |
| stonex51     | 0.26         | 0.21         | -0.11        | 0.35        | 0.36 (22)   |
| <b>Total</b> | <b>0.55</b>  | <b>1.81</b>  | <b>0.25</b>  | <b>1.92</b> | <b>0.30</b> |

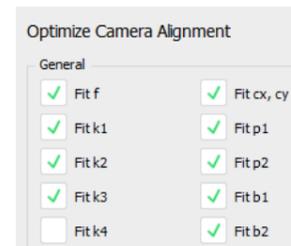
63 / Tabella errori GCPs

| Label        | X error (cm) | Y error (cm) | Z error (cm) | Total (cm)  | Image (pix) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| mcg004       | -0.61        | -0.42        | -0.91        | 1.18        | 0.18 (15)   |
| msg050       | -0.58        | -1.94        | 0.16         | 2.03        | 0.18 (15)   |
| mb105a       | -0.39        | -1.75        | 0.79         | 1.96        | 0.16 (18)   |
| stonex50     | 0.43         | 0.47         | 0.72         | 0.96        | 0.31 (21)   |
| <b>Total</b> | <b>0.51</b>  | <b>1.34</b>  | <b>0.71</b>  | <b>1.61</b> | <b>0.22</b> |

64 / Tabella errori check points

### Bundle Block Adjustment e Camera optimization

Attraverso la *Bundle Block Adjustment* - procedura con la quale è possibile georeferenziare e reffiticare le immagini - si sfruttano i punti misurati con precisione sul luogo (e quindi le loro coordinate) al fine di correggerne i difetti, e allo stesso tempo ottenere il grado di accuratezza previsto. Questi difetti sono delle distorsioni e delle deformazioni prospettiche dovute alla strumentazione utilizzata, poichè i fotogrammi sono una rappresentazione bidimensionale in un ambito tridimensionale. All'interno di *Agisoft Metashape* è possibile eseguire un processo di ottimizzazione dell'allineamento delle camere (*camera optimization*), scegliendo determinati parametri che si vogliono tenere in considerazione nella fase di orientamento interno.

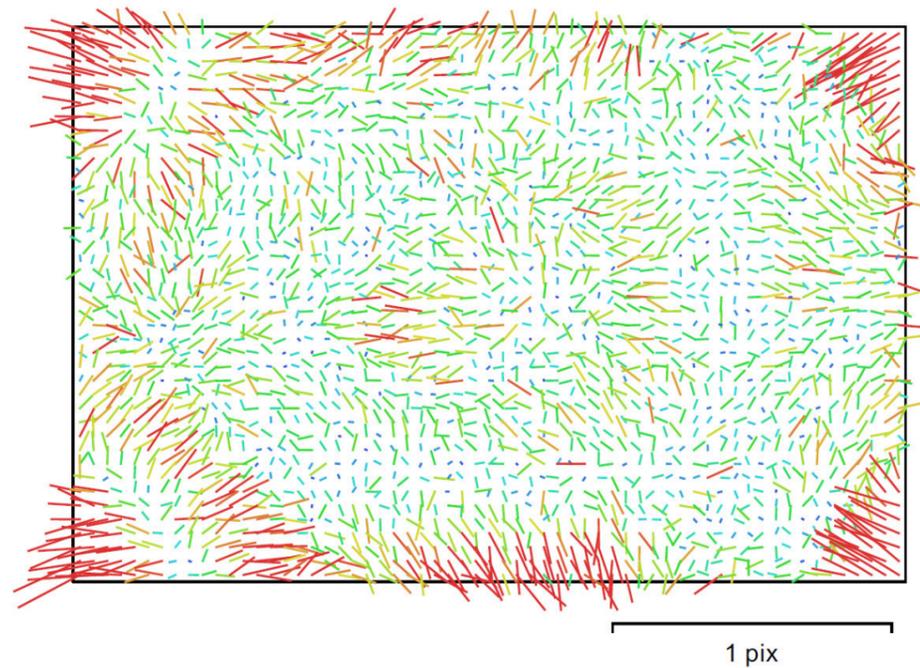


65 / Tabella parametri per la calibrazione della camera

Nel nostro caso, si sono selezionati i seguenti parametri:

- $f$  : distanza principale o focale
- $c_x, c_y$  : coordinate del punto principale (riferite al centro dell'immagine)
- $k_1, k_2, k_3$  : coefficienti di distorsione radiale
- $p_1, p_2$  : coefficienti di distorsione tangenziale
- $b_1, b_2$  : coefficienti di affinità e di skew (incertezza sulla forma del pixel)

Attraverso questa operazione si minimizzano gli scarti sui punti di appoggio, e allo stesso tempo il *software* effettua una stima dei parametri della triangolazione aerea e la metricità della camera da presa. Infine, si riportano nelle figure successive, i residui delle immagini della camera (Zenmuse P1), i coefficienti di calibrazione e la matrice di correlazione.



66 / Residui della camera Zenmuse P1

|    | Value       | Error   | F    | Cx    | Cy    | B1    | B2    | K1    | K2    | K3    | P1    | P2    |
|----|-------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F  | 8200.69     | 0.55    | 1.00 | -0.27 | 0.18  | -0.05 | -0.01 | -0.20 | 0.03  | -0.10 | 0.02  | -0.01 |
| Cx | -25.6845    | 0.053   |      | 1.00  | -0.05 | 0.03  | 0.05  | 0.04  | 0.01  | 0.00  | 0.50  | 0.00  |
| Cy | 18.5754     | 0.045   |      |       | 1.00  | -0.07 | 0.02  | -0.03 | 0.00  | -0.01 | -0.00 | 0.43  |
| B1 | 1.2814      | 0.0096  |      |       |       | 1.00  | 0.01  | 0.02  | -0.04 | 0.05  | -0.02 | 0.02  |
| B2 | -0.183576   | 0.0094  |      |       |       |       | 1.00  | 0.01  | -0.00 | 0.00  | -0.02 | -0.02 |
| K1 | -0.0499859  | 3.8e-05 |      |       |       |       |       | 1.00  | -0.95 | 0.90  | -0.03 | 0.01  |
| K2 | 0.0147617   | 0.00023 |      |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.98 | 0.02  | 0.00  |
| K3 | -0.0936425  | 0.00044 |      |       |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.03 | 0.00  |
| P1 | -0.00105352 | 1.5e-06 |      |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  | -0.00 |
| P2 | 0.000698839 | 1.2e-06 |      |       |       |       |       |       |       |       |       | 1.00  |

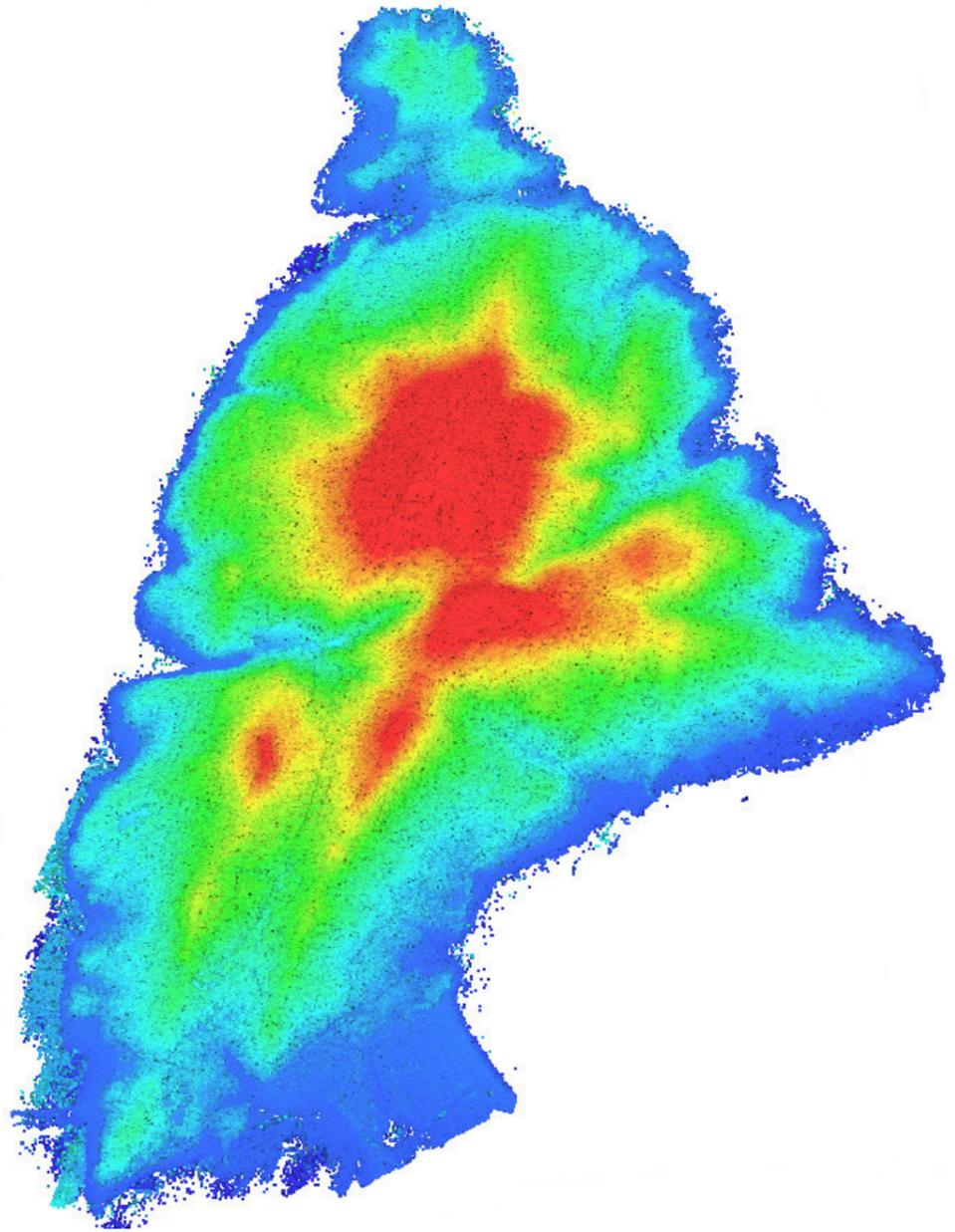
67 / Matrice di correlazione

### Generazioni prodotti finali / modelli digitali

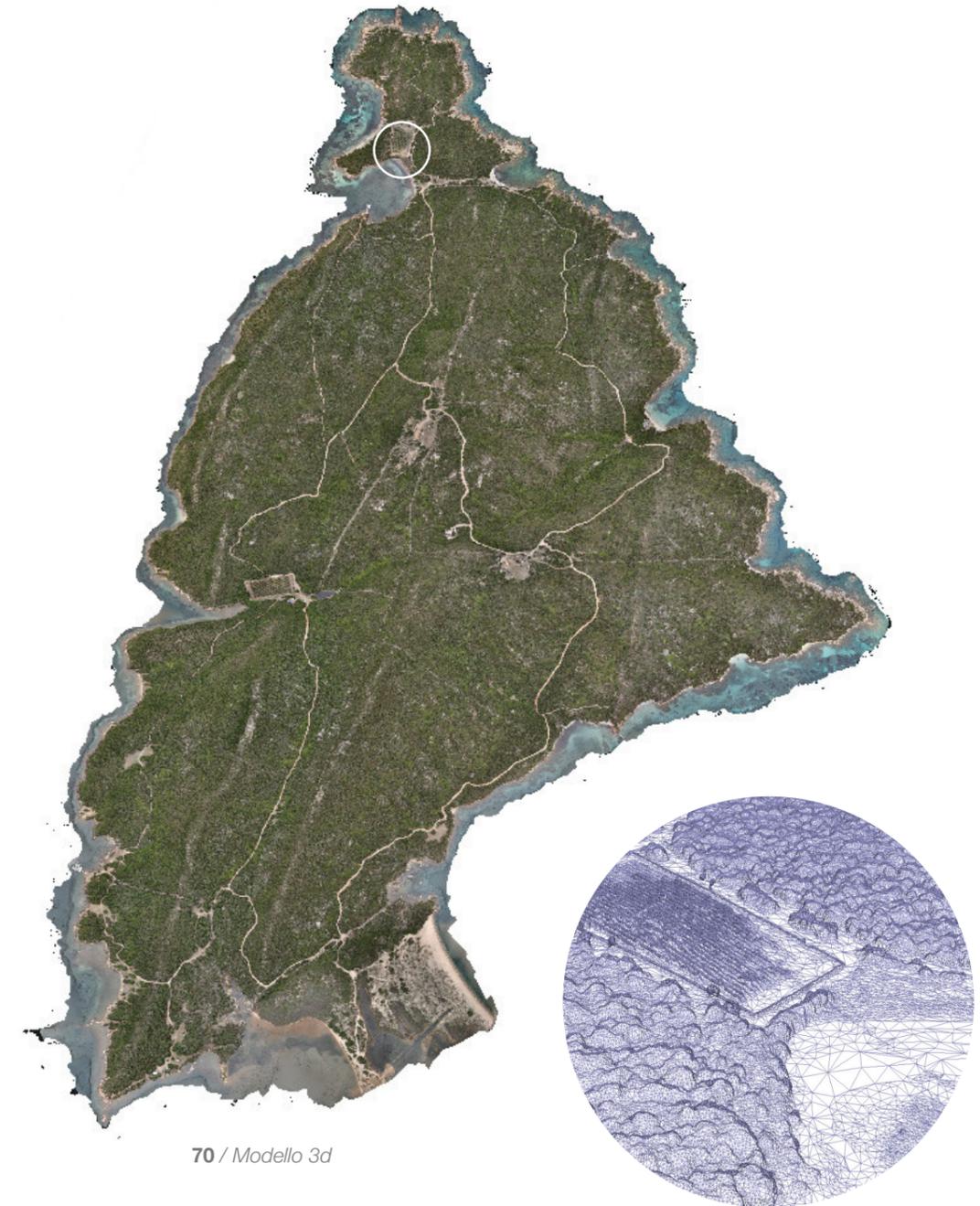
Dopo l'allineamento dei fotogrammi, la corretta calibrazione della camera e l'ottenimento del modello (scalato e georeferenziato), il *software* fotogrammetrico - estrapolando le informazioni di profondità di ogni singolo fotogramma - è in grado di generare dei modelli digitali. Il primo che si è ottenuto è stata la nuvola di punti densa (**Dense Cloud**), generata in qualità media e costituita da 1'633'135'221 punti, con un tempo di elaborazione di 31 ore.



68 / Dense Cloud



69 / Dense Cloud / elevation

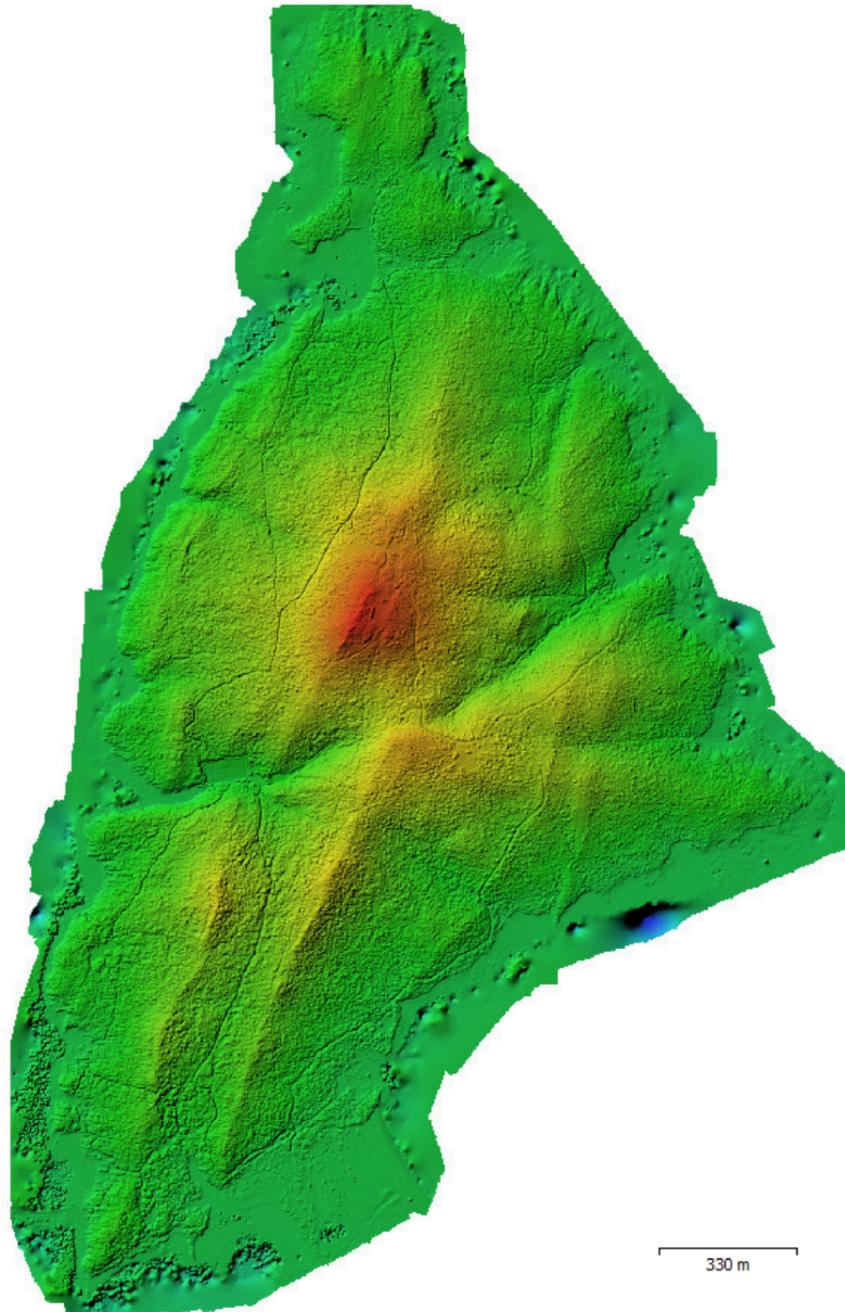


70 / Modello 3d

71 / Modello 3d / zoom

Successivamente alla creazione della *Dense Cloud*, *Metashape* può generare il vero e proprio modello 3D attraverso l'unione di facce triangolari tra i milioni di punti (*Mesh*), per poi applicare una *texture* che le attribuisce l'aspetto finale. Come sorgente dei dati per la generazione della mesh è stata utilizzata la *Dense Cloud*, impiegando circa 10 ore per l'elaborazione e costituita da 19'276'547 facce.

Dopo aver elaborato il modello tridimensionale dell'area, si è generato il DSM (*Digital Surface Model*) ovvero un modello digitale rappresentante l'andamento del terreno comprensivo di tutto ciò che lo sovrasta: elementi antropici, vegetazione e altro. Il DSM è stato elaborato selezionando come sorgente di dati sempre la *Dense Cloud*, come sistema di riferimento sempre il WGS 84 / UTM zone 32N (EPSG::32632) e ha impiegato circa 30 minuti per l'elaborazione.



72 / DSM - Modello digitale della superficie dell'isola di Culuccia

Infine, come ultimo prodotto fotogrammetrico, si è generato l'ortomosaico, ovvero una rappresentazione bidimensionale rettificata (composizione di fotogrammi geometricamente corretta) in cui sono assenti le distorsioni prospettiche. Si riporta di seguito quello relativo alle acquisizioni di giugno 2023. Lo stesso si è realizzato per le immagini storiche, come illustrato nelle pagine a seguire.

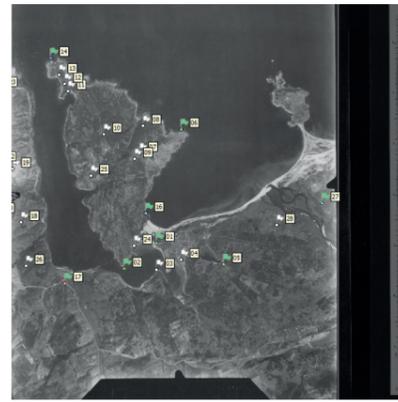
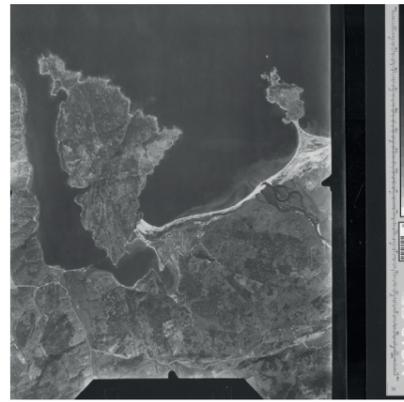


73 / Ortofoto

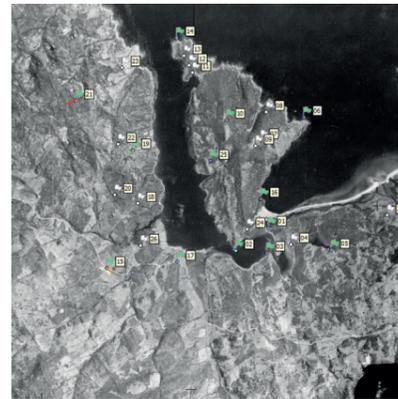
Immagini storiche

GCPs

Nuvola densa



1939



1940

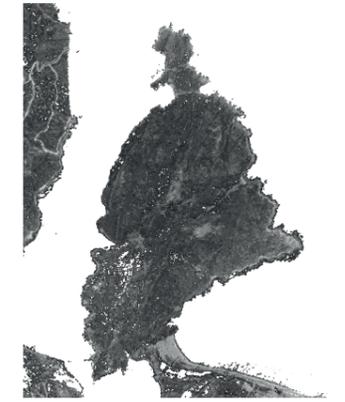
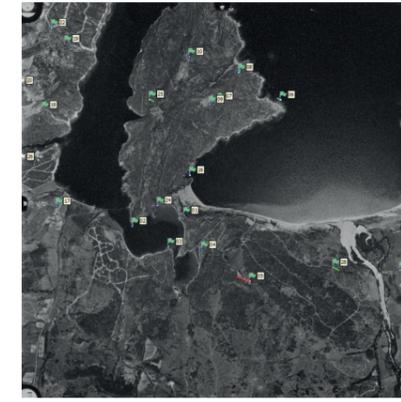


1954

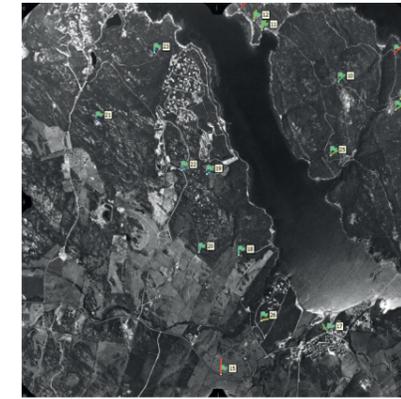
Immagini storiche

GCPs

Nuvola densa



1968



1987



1995

Immagini storiche

GCPs

Nuvola densa



1999



2001

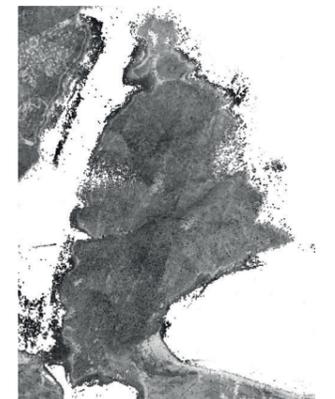
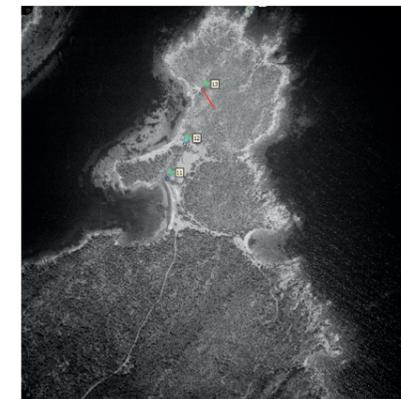


2002

Immagini storiche

GCPs

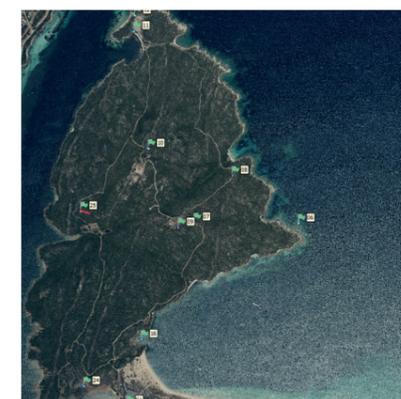
Nuvola densa



2003



2013



2019

### 3.3 / Elaborazione immagini storiche

In seguito all'acquisizione delle immagini di giugno 2023, si è elaborata una serie di fotogrammi storici - in parte acquistati e in parte acquisiti dal Team DIRECT - che rappresentavano il territorio della Culuccia a partire dagli anni della Seconda Guerra Mondiale (1939) fino ad oggi. Per l'elaborazione di questi fotogrammi si è partiti dall'individuazione su *Qgis*, *software* GIS libero e *open source*, di specifici punti - più precisamente, si sono identificati 28 *GCPs*, corrispondenti a spigoli di fabbricati, angoli stradali, elementi naturali come rocce o vertici di muretti a secco - individuati sulla base dell'ortofoto più recente, in modo tale da essere visibili anche nei fotogrammi degli anni precedenti. Successivamente, per ciascun punto, sono state ricavate le coordinate x,y, e z - quest'ultima è stata estrapolata attraverso un modello digitale del terreno inserito all'interno di *Qgis* - per poi essere esportate ed inserite all'interno del *software* fotogrammetrico *Agisoft Metashape*. Collimando i punti nei fotogrammi, si è ottenuta una serie di ortofoto, nate dall'elaborazione con metodi moderni che sfruttano *software* digitali, di fotogrammi storici di tipo analogico.

### 3.4 / Vettorializzazione dei dati

Successivamente, le ortofoto generate sono state importate su *Qgis* con lo scopo di ottenere per ciascun anno una cartografia attraverso il tracciamento di tutti gli elementi naturali, i muretti a secco presenti sull'isola, gli edifici, le strade con la loro relativa larghezza, le fonti di acqua e il profilo di costa della Culuccia. Queste operazioni sono state effettuate attraverso la realizzazione di nuovi *layer shapefile* (.shp), con una geometria lineare per gli elementi come i muretti a secco ed il profilo costiero, e una geometria poligonale per gli edifici, i laghi e le strade in modo da poterne misurare l'area. Tali operazioni si sono iterate per ciascuna delle categorie sopra elencate, ripetendo il procedimento per ognuna delle ortofoto ottenute in precedenza, relativamente agli anni:

- 1939
- 1940
- 1954
- 1968
- 1987
- 1995
- 1998
- 1999
- 2001
- 2002
- 2003
- 2006
- 2013
- 2016
- 2019
- 2023 (febbraio)
- 2023 (giugno)



74 / Vettorializzazione dei dati su *Qgis*

# 04

## Risultati

---

4.1 / Presentazione dei risultati

4.2 / Ortofoto e Cartografie storiche

4.3 / Ortofoto e Cartografie 2023

4.4 / Analisi multitemporali

#### **4.1 / Presentazione dei risultati**

Il processo di elaborazione dei fotogrammi grazie ad avanzati *software* fotogrammetrici e sistemi informativi territoriali ha permesso di ottenere ortofoto e cartografie di alta precisione. Tali elaborati rappresentano il territorio in maniera accurata, consentendone una comprensione esaustiva, funzionale al monitoraggio del contesto naturale e antropico, e sono il punto di partenza per lo studio dei possibili sviluppi futuri. Per ciascun *dataset* di fotogrammi, si è ottenuta l'ortofoto corrispondente, successivamente tradotta in cartografia con i metodi precedentemente illustrati. Il procedimento si è ripetuto per ciascun gruppo di immagini, con l'obiettivo di realizzare una linea del tempo che racchiudesse la storia dell'isola di Culuccia, registrandone i cambiamenti in maniera tangibile. Si sono tracciati i profili della linea di costa, le strade, i sentieri, i muretti a secco, gli edifici e le fonti d'acqua. Dopo un primo tracciamento degli elementi del disegno su *Qgis*, i dati esportati sono stati editati con programmi di grafica vettoriale, per uniformarne i segni grafici e ottenere una rappresentazione uniforme, riportata in legenda all'interno di ciascuna cartografia. Le diciassette coppie di elaborati (diciassette ortofoto e diciassette cartografie) ricoprono un arco temporale compreso tra il 1939 e il 2023, e rispecchiano gli eventi che hanno caratterizzato il territorio nel tempo. Un esempio risiede nell'osservazione di una prima - per quanto sporadica - urbanizzazione data dalla presenza di Angelo Sanna, poi sostituita dalla progressiva rinaturalizzazione del territorio conseguente allo stato di abbandono. La possibilità di osservare in maniera agile il susseguirsi dei cambiamenti che hanno caratterizzato l'aspetto di Culuccia, ha aperto alla redazione di analisi multitemporali che, mettendo a fuoco specifiche variabili, permettono di fare ulteriori riflessioni sul contesto naturale e antropico.

0.5 m

1 km

1.5 km

2 km

2 km

1.5 km

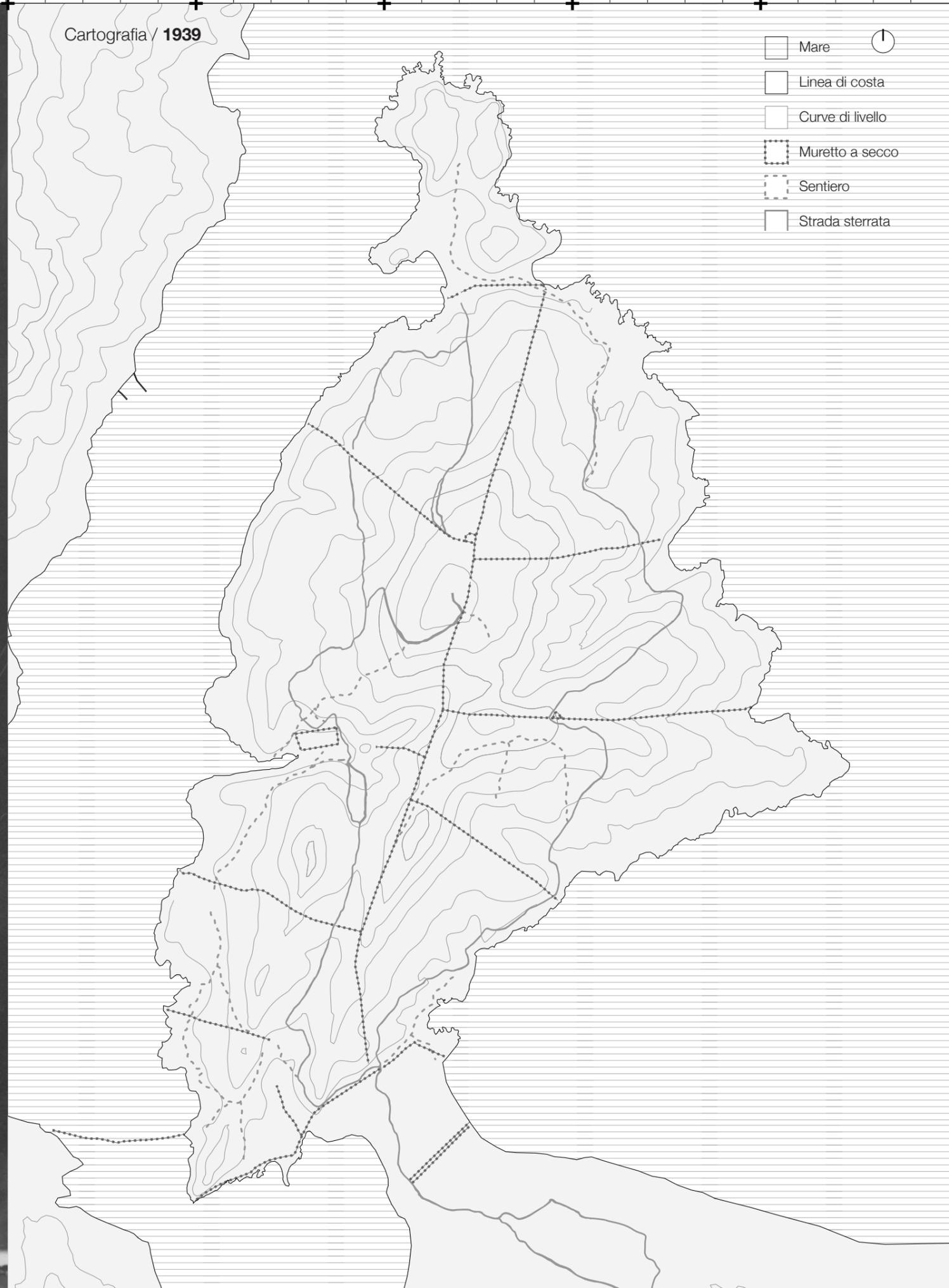
1 km

0.5 km

4.2 / Ortofoto / 1939

Cartografia / 1939

- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata



0.5 m

1 km

1.5 km

2 km

2 km

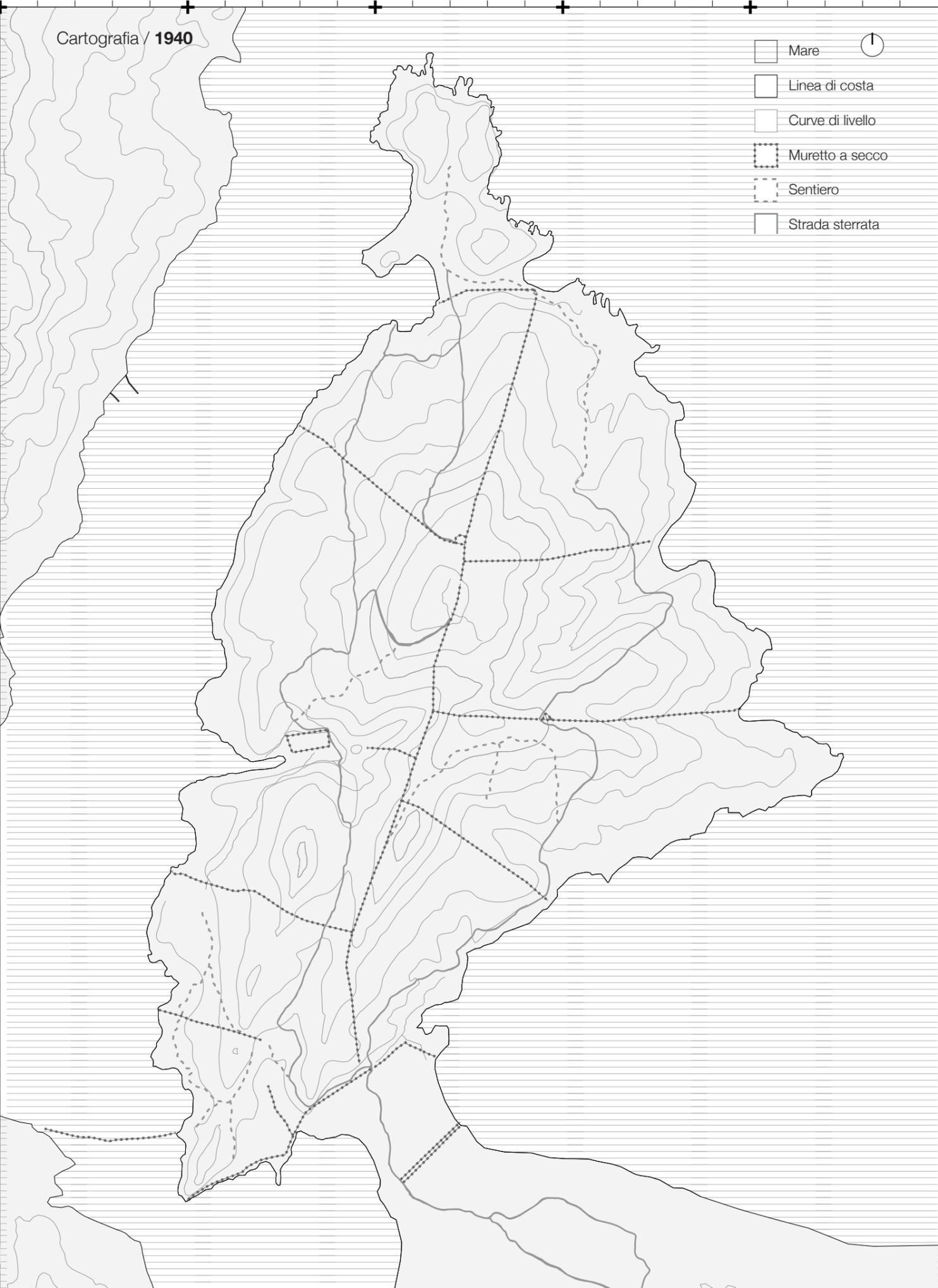
1.5 km

1 km

0.5 km

4.2 / Ortofoto / 1940

Cartografia / 1940



- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata



0.5 m

1 km

1.5 km

2 km

2 km

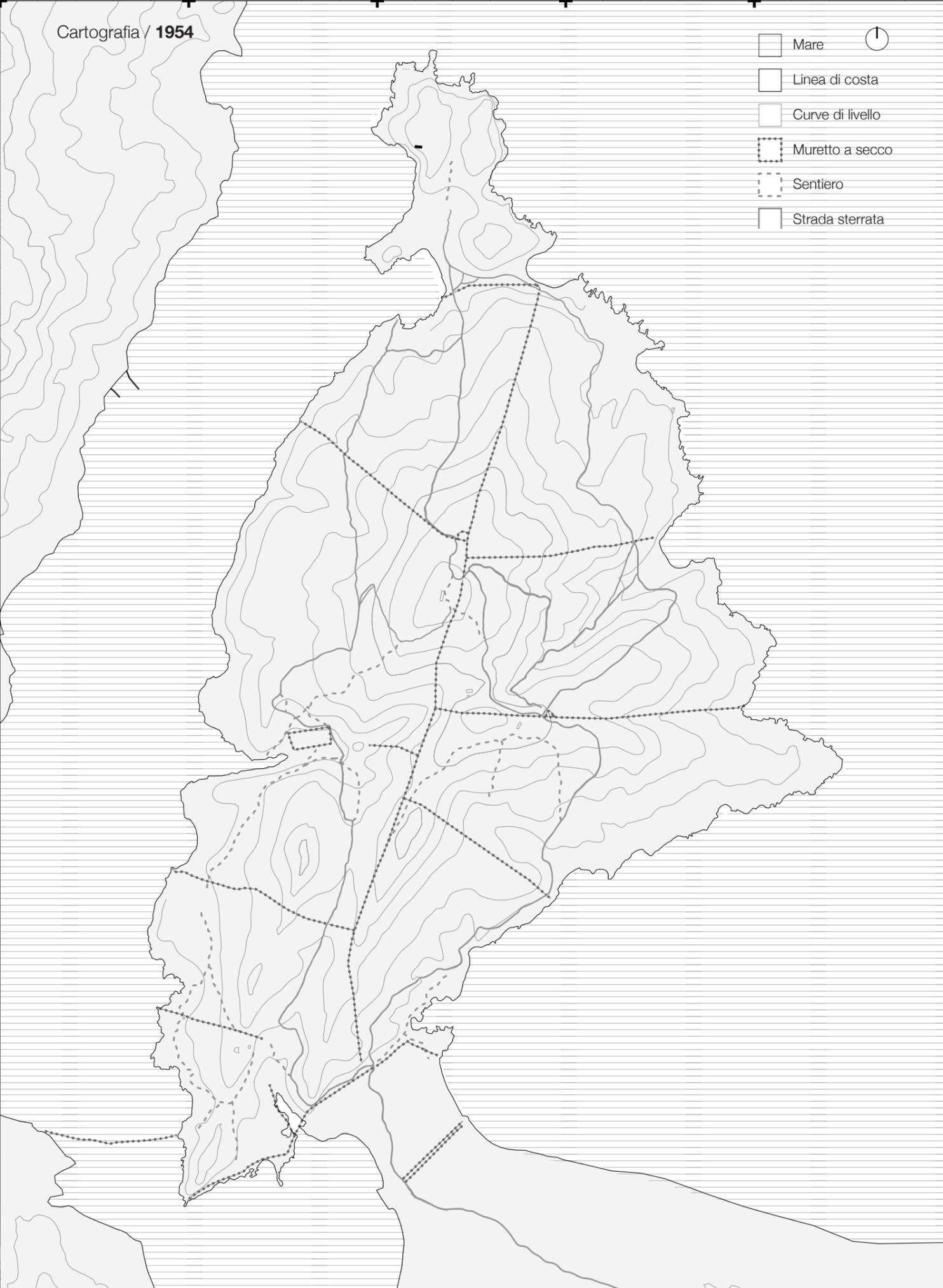
1.5 km

1 km

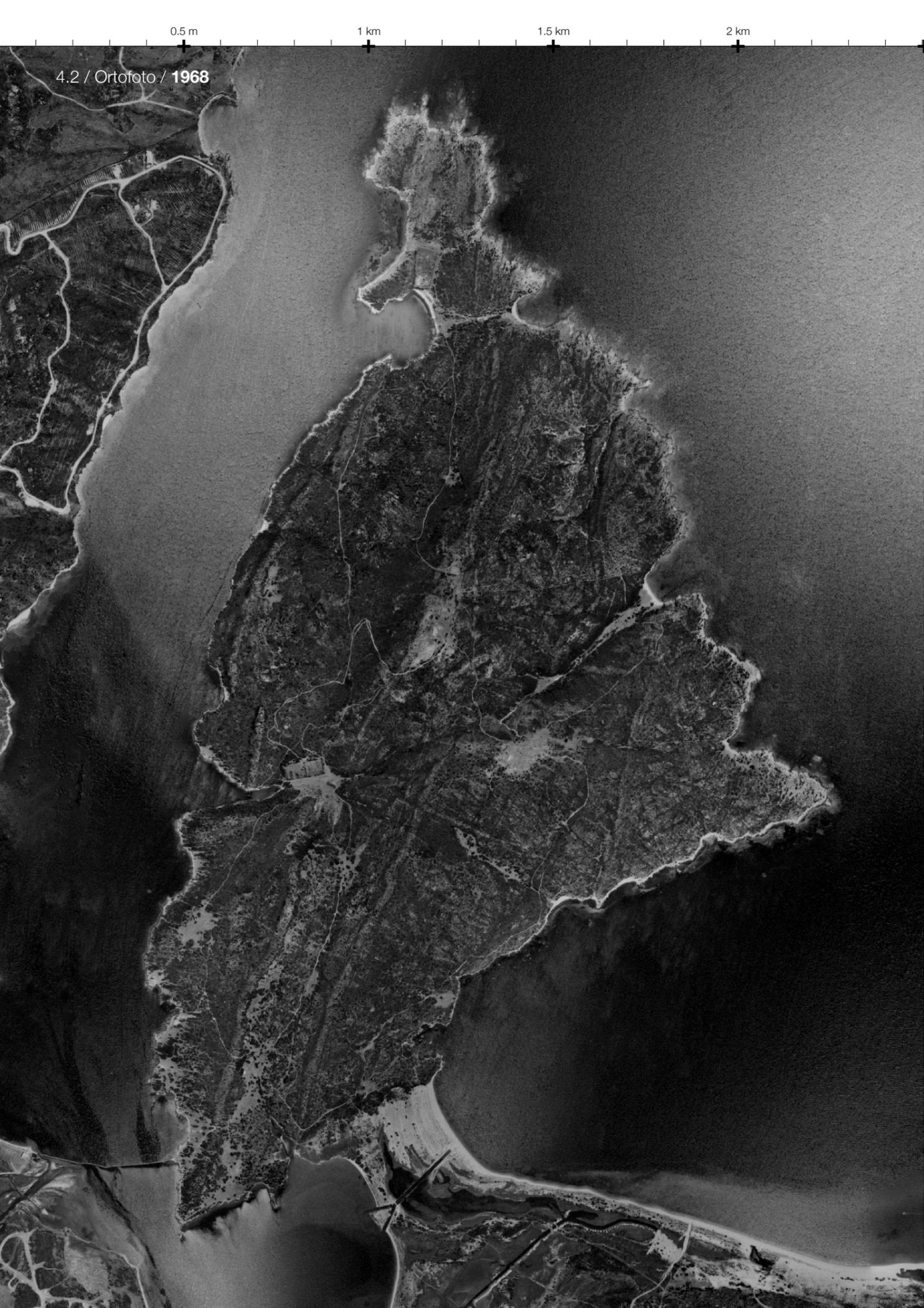
0.5 km

4.2 / Ortofoto / 1954

Cartografia / 1954



- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata

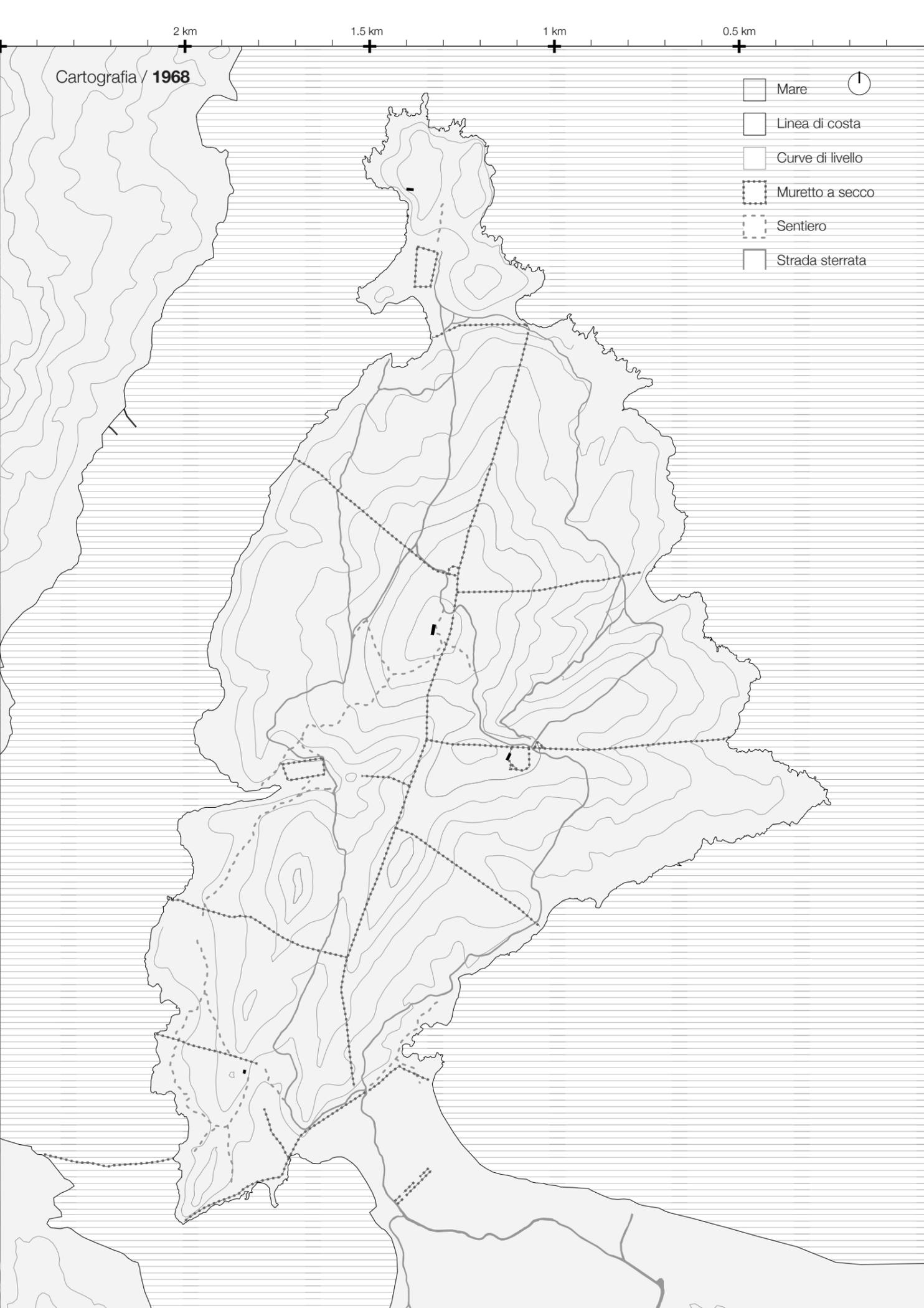


0.5 m

1 km

1.5 km

2 km



2 km

1.5 km

1 km

0.5 km

- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata

0.5 m

1 km

1.5 km

2 km

4.2 / Ortofoto / 1987



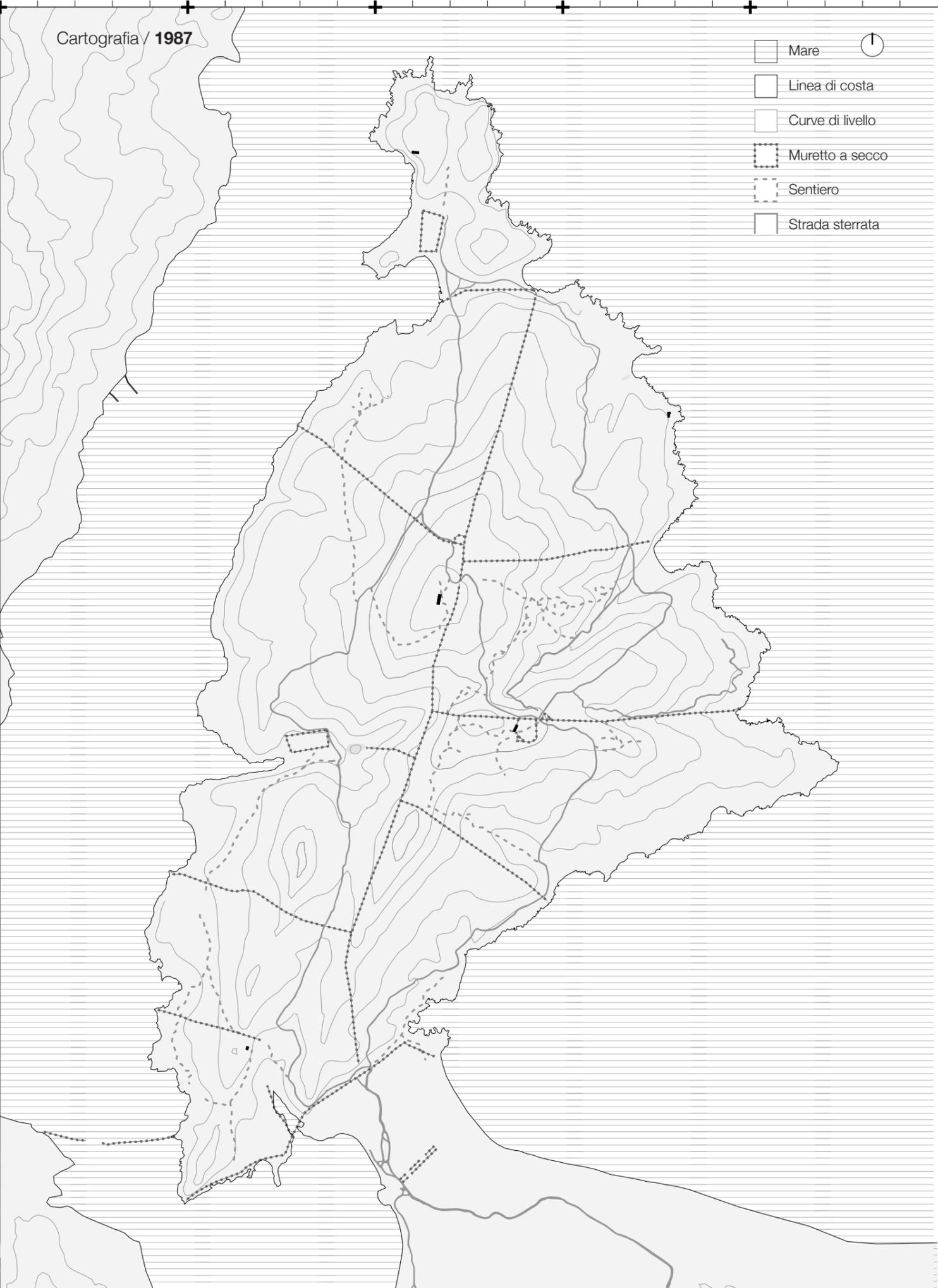
2 km

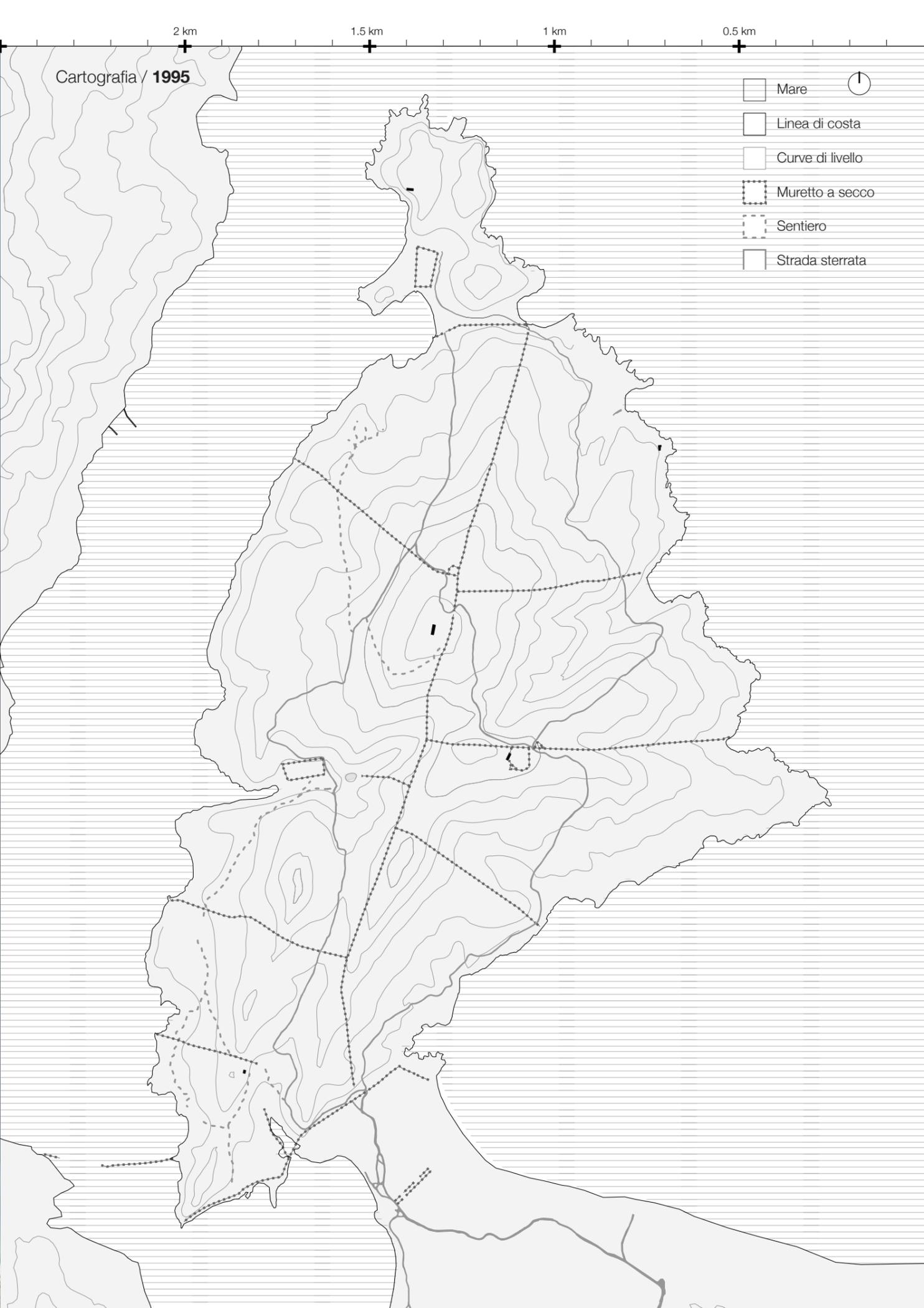
1.5 km

1 km

0.5 km

Cartografia / 1987

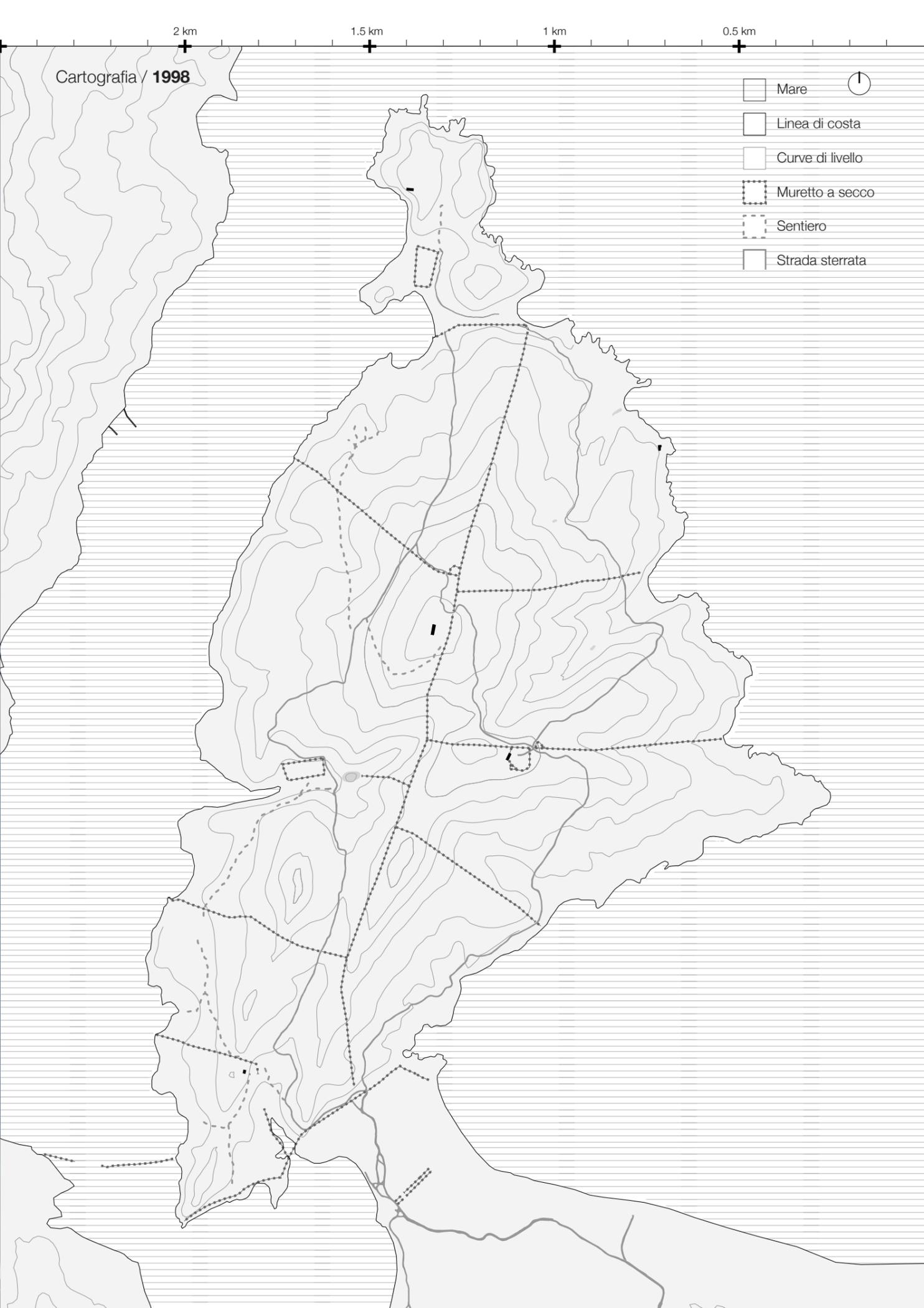




4.2 / Ortofoto / 1998



Cartografia / 1998



- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata

0.5 m

1 km

1.5 km

2 km

4.2 / Ortofoto / 1999



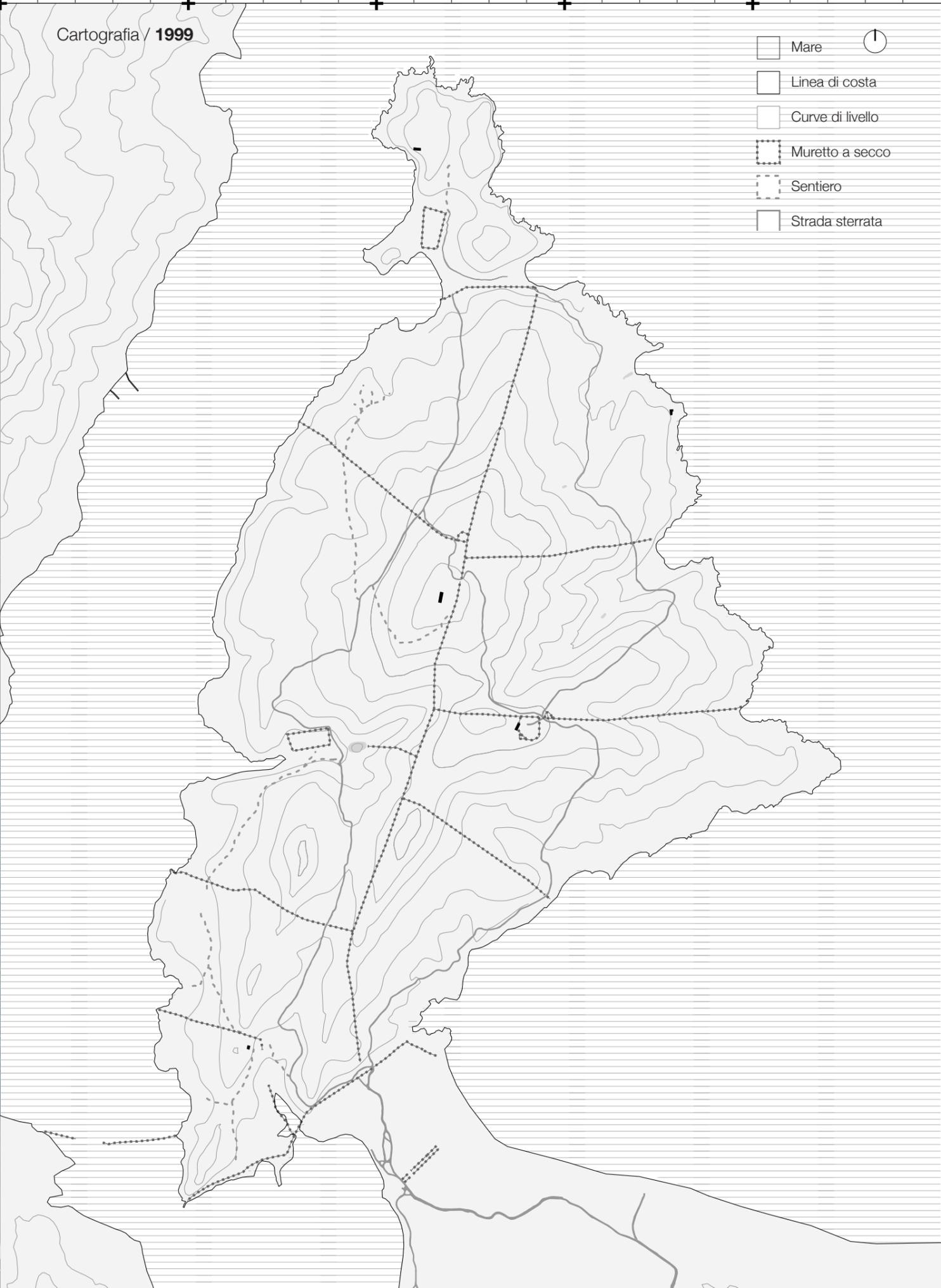
Cartografia / 1999

2 km

1.5 km

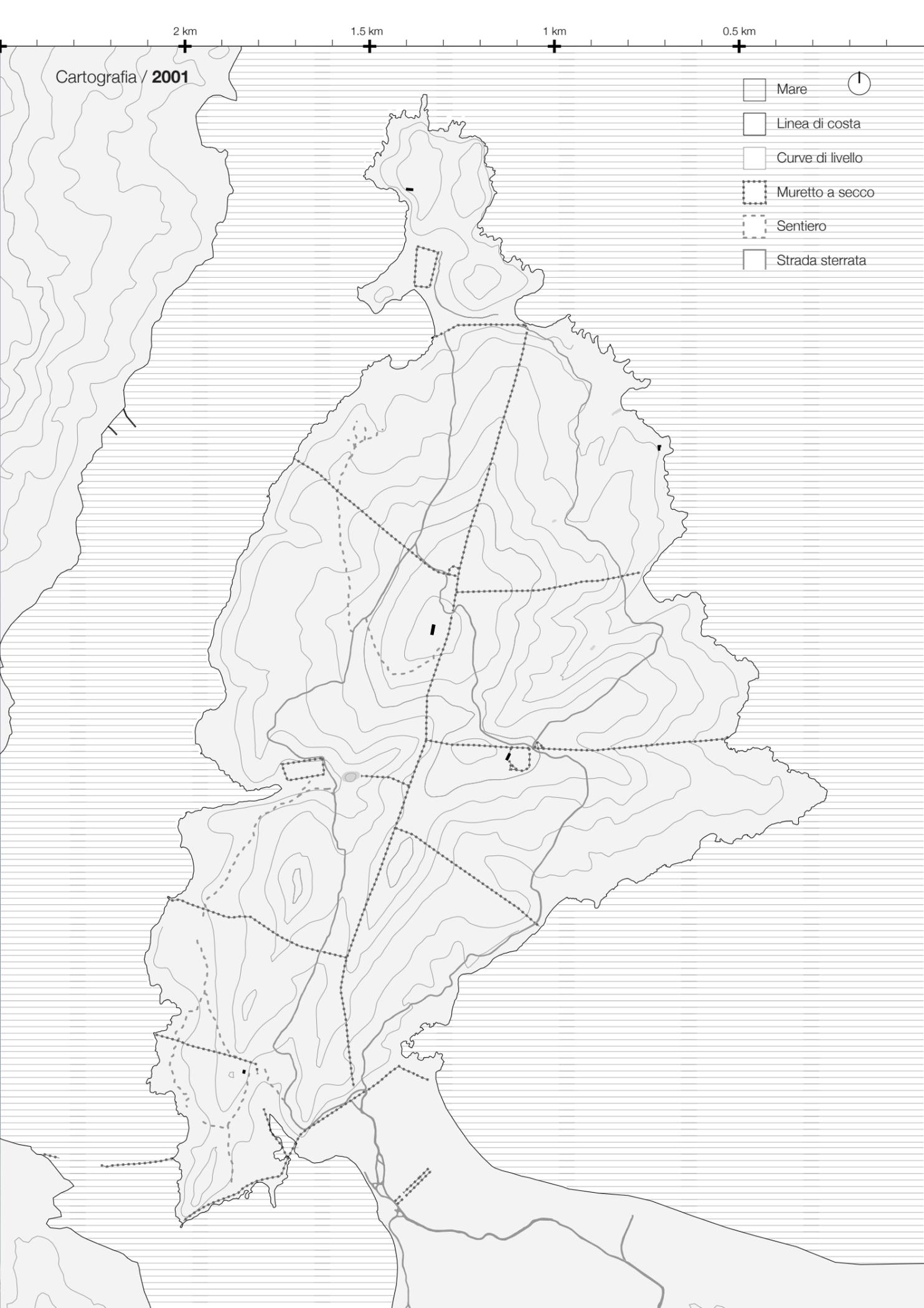
1 km

0.5 km





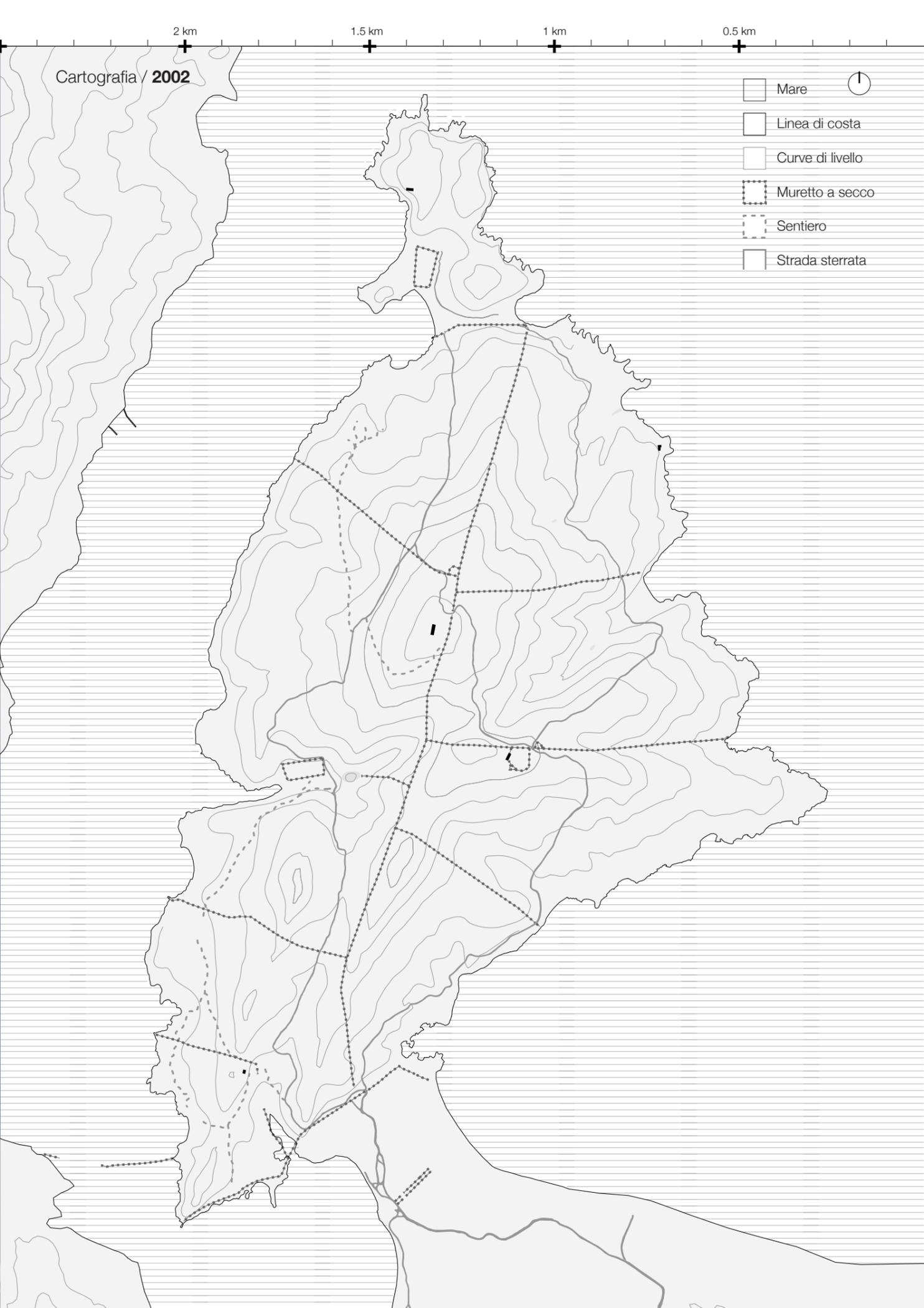
4.2 / Ortofoto / 2001

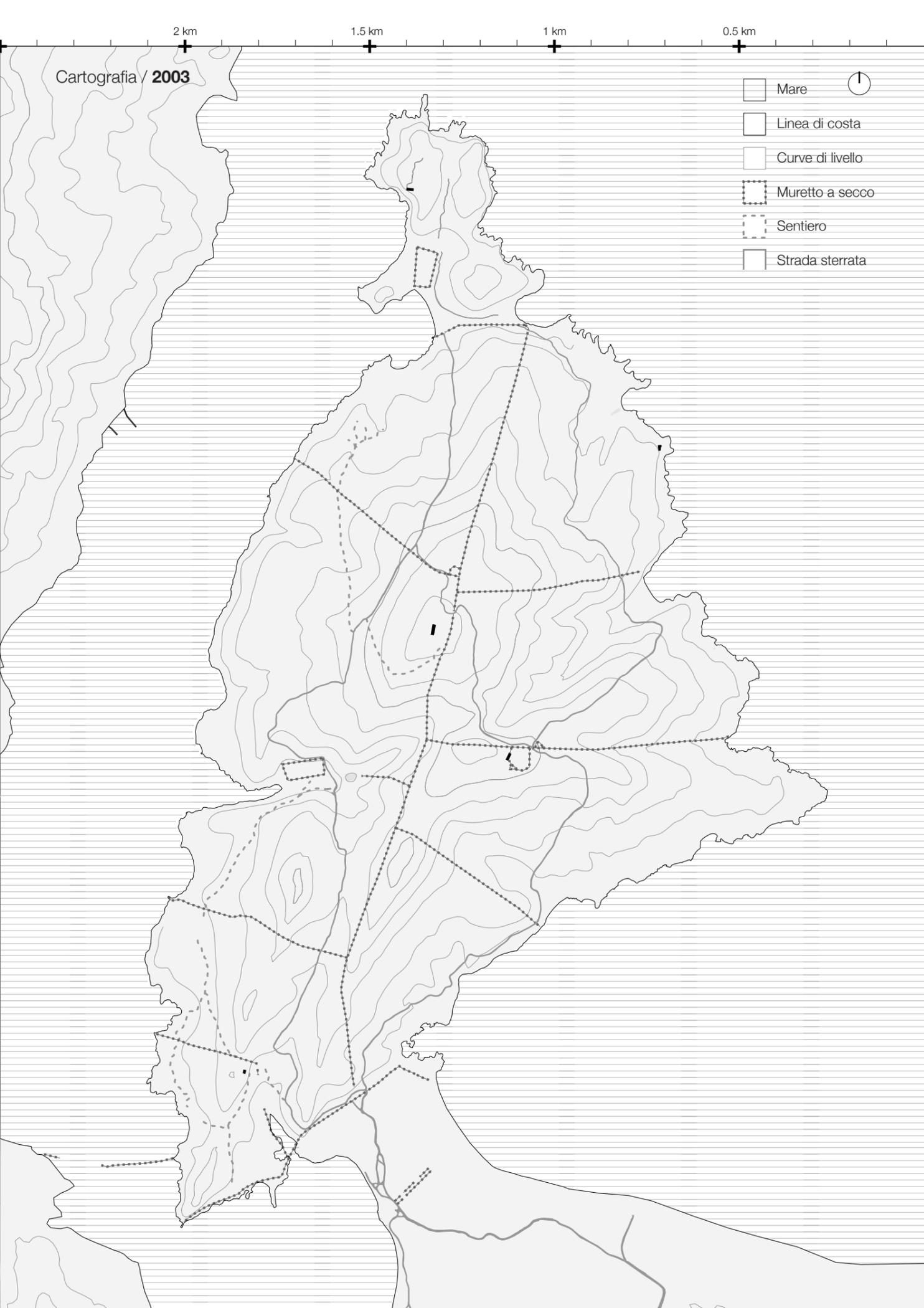




4.2 / Ortofoto / 2002

0.5 m 1 km 1.5 km 2 km







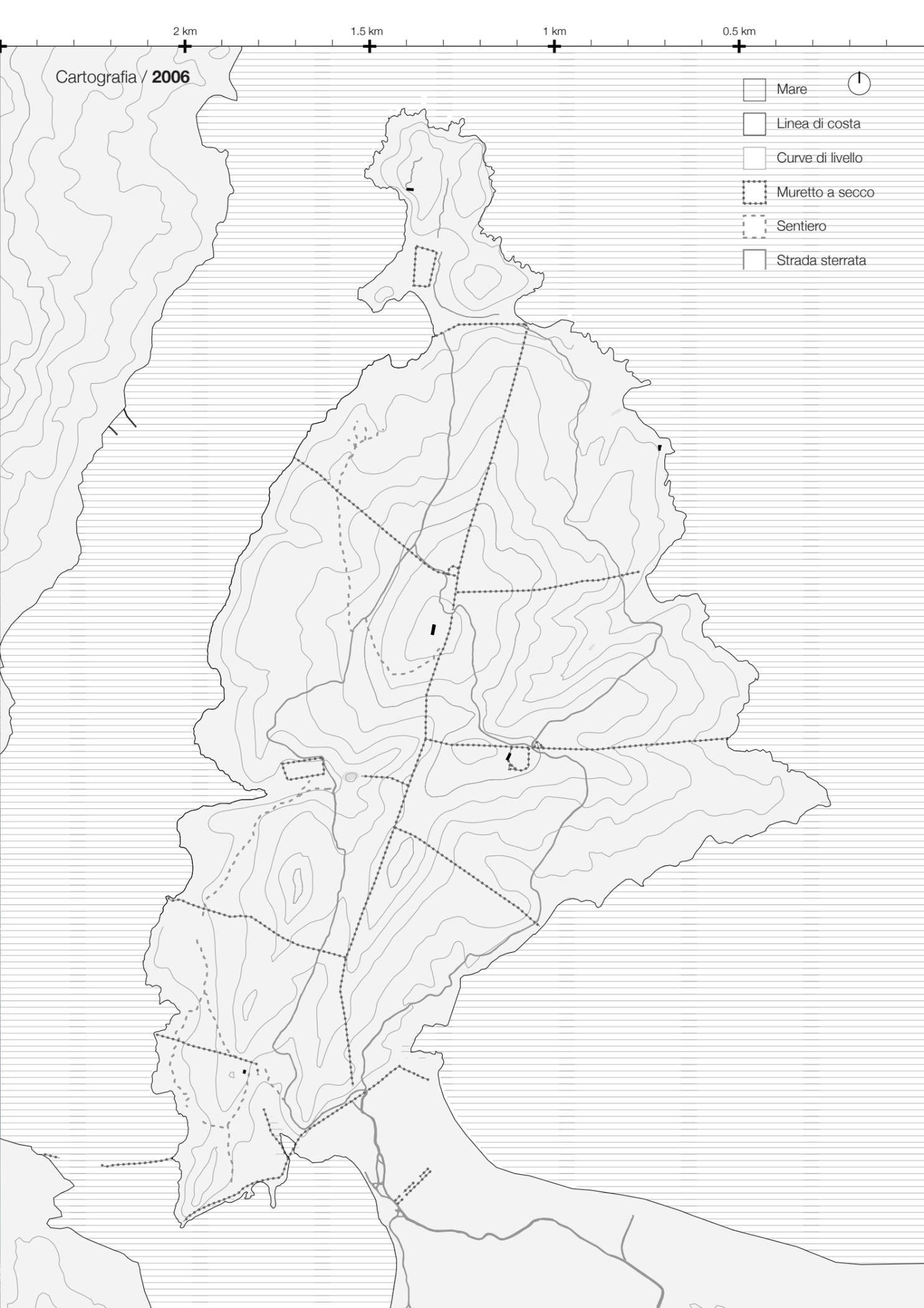
4.2 / Ortofoto / 2006

0.5 m

1 km

1.5 km

2 km



Cartografia / 2006

2 km

1.5 km

1 km

0.5 km

- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata

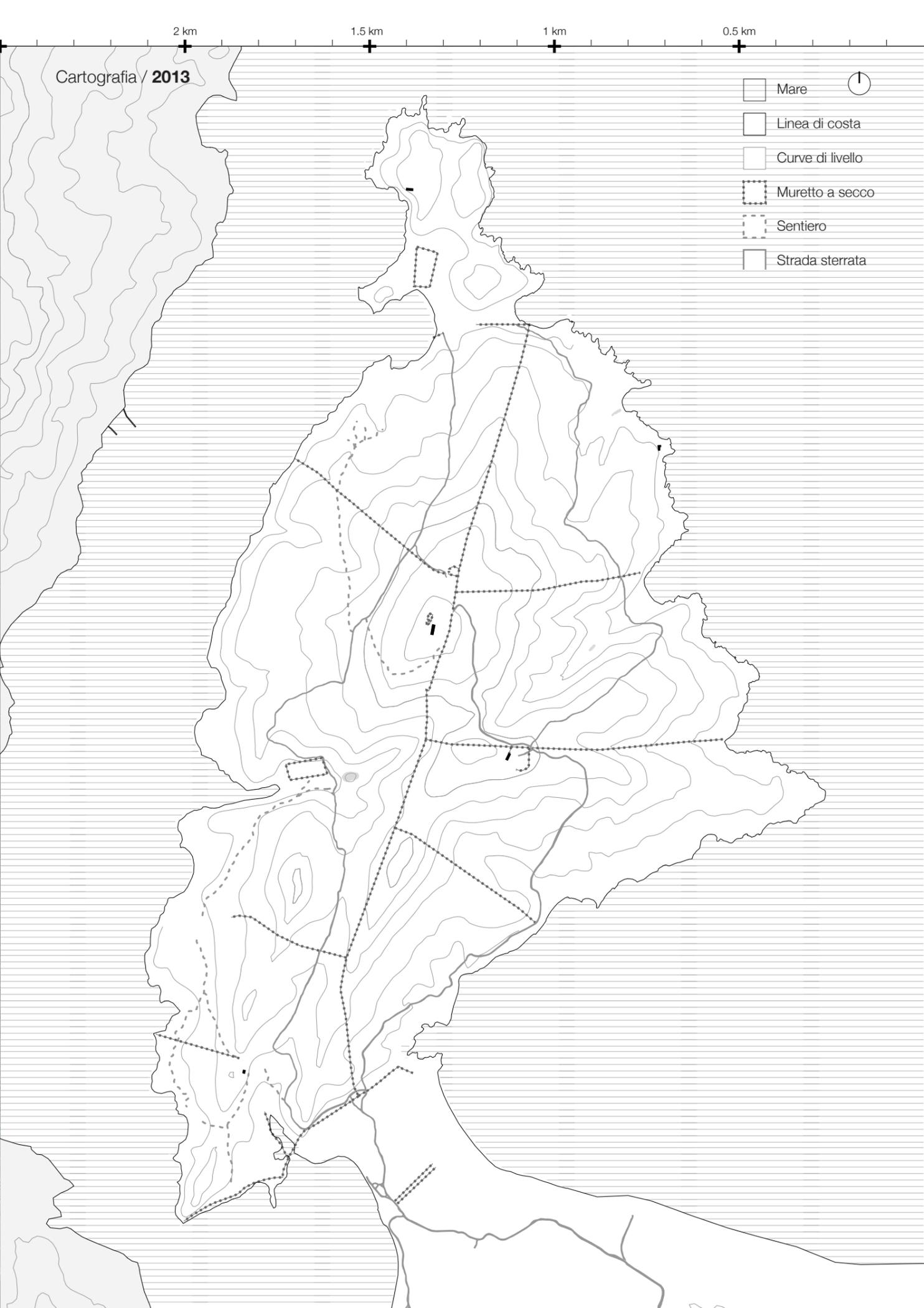


0.5 m

1 km

1.5 km

2 km



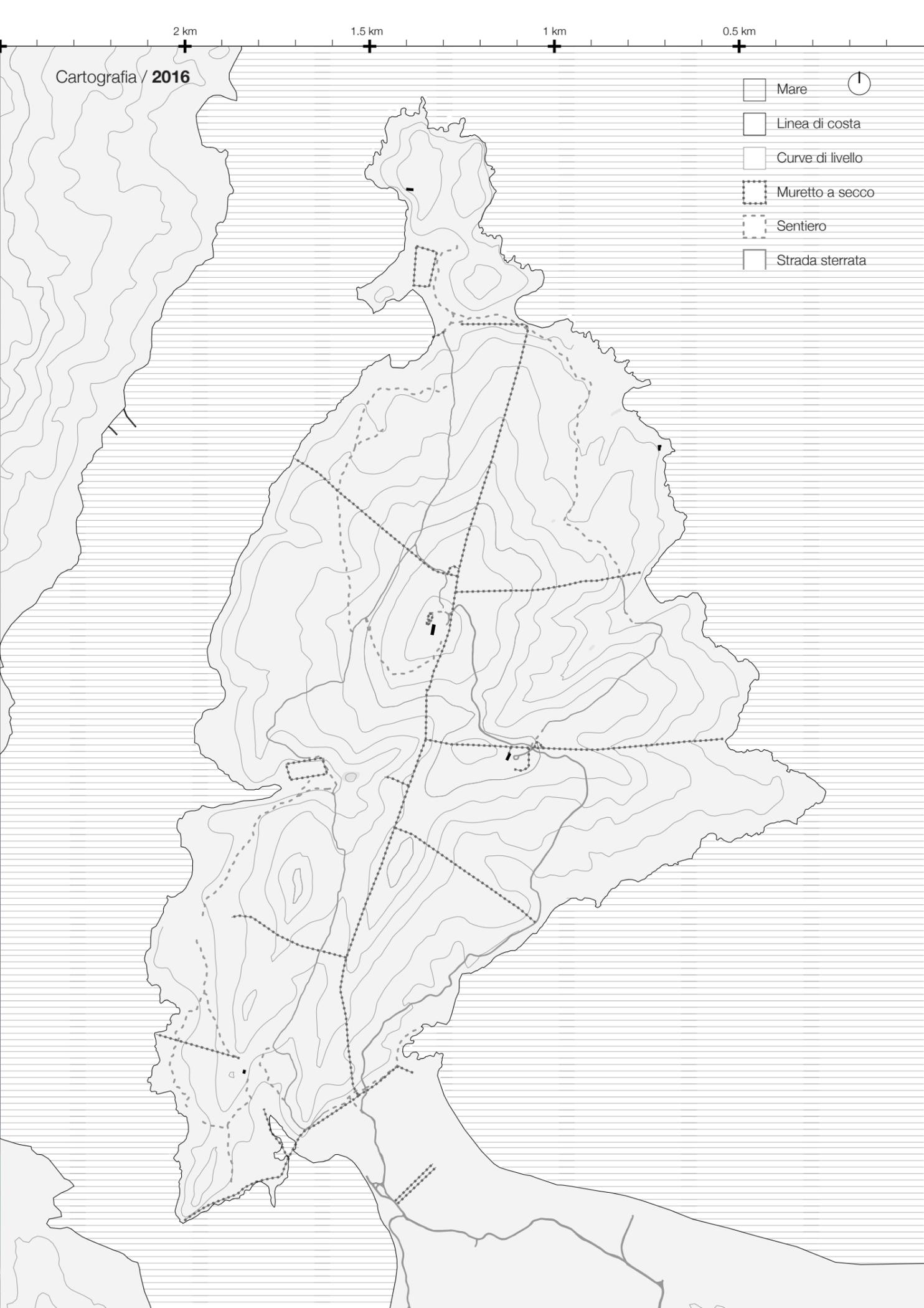
2 km

1.5 km

1 km

0.5 km

- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata





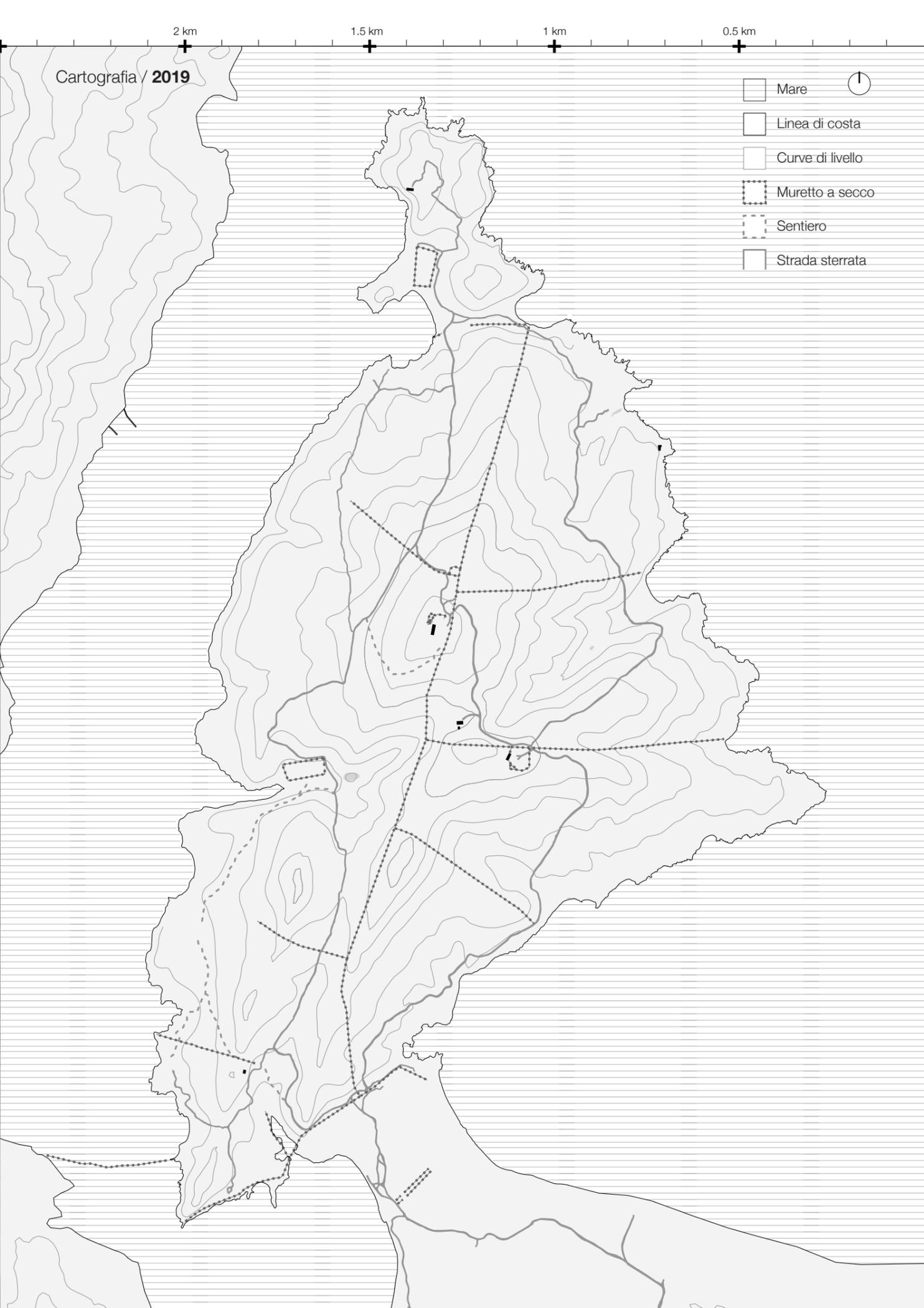
4.2 / Ortofoto / 2019

0.5 m

1 km

1.5 km

2 km



Cartografia / 2019

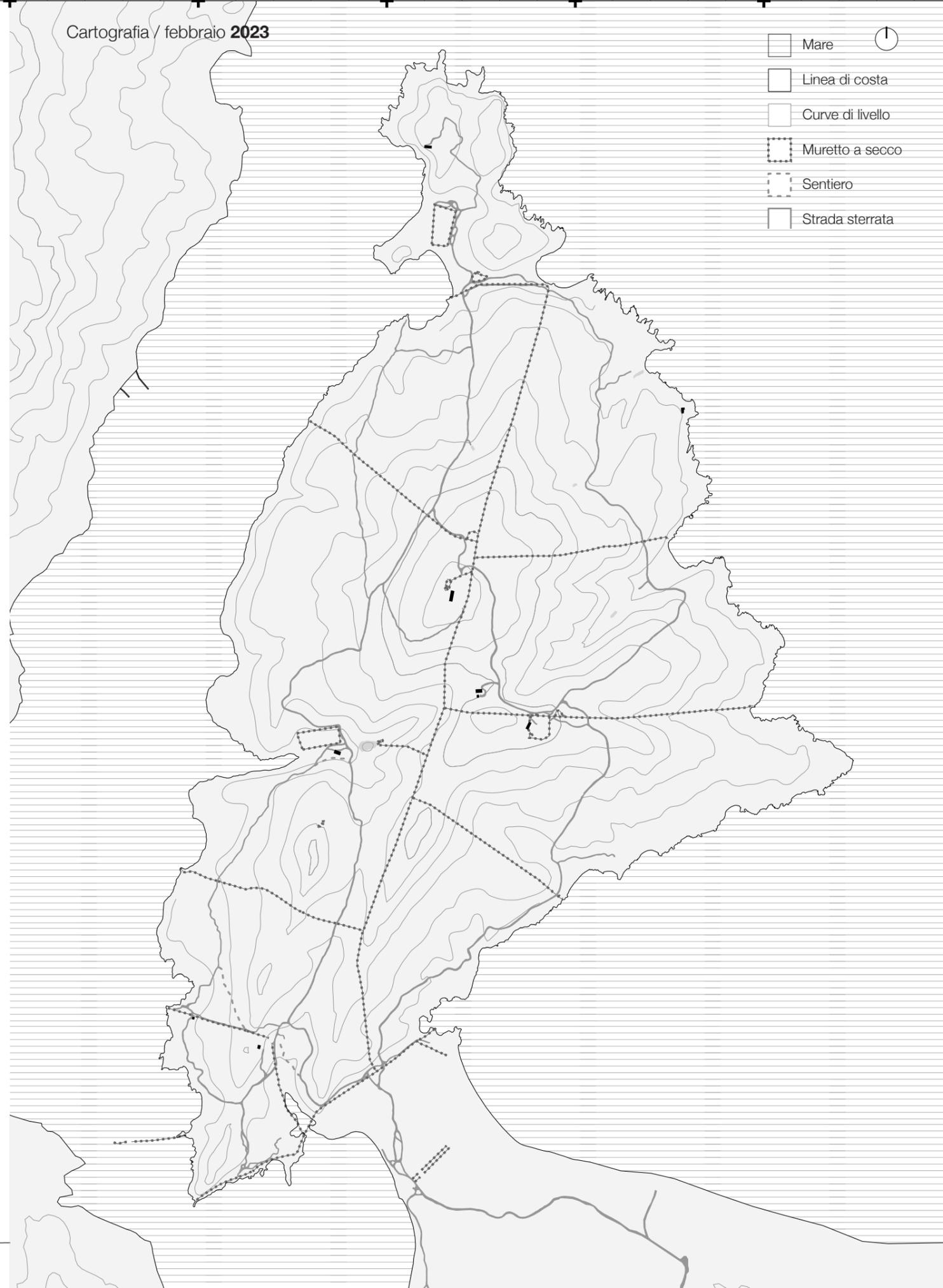
2 km

1.5 km

1 km

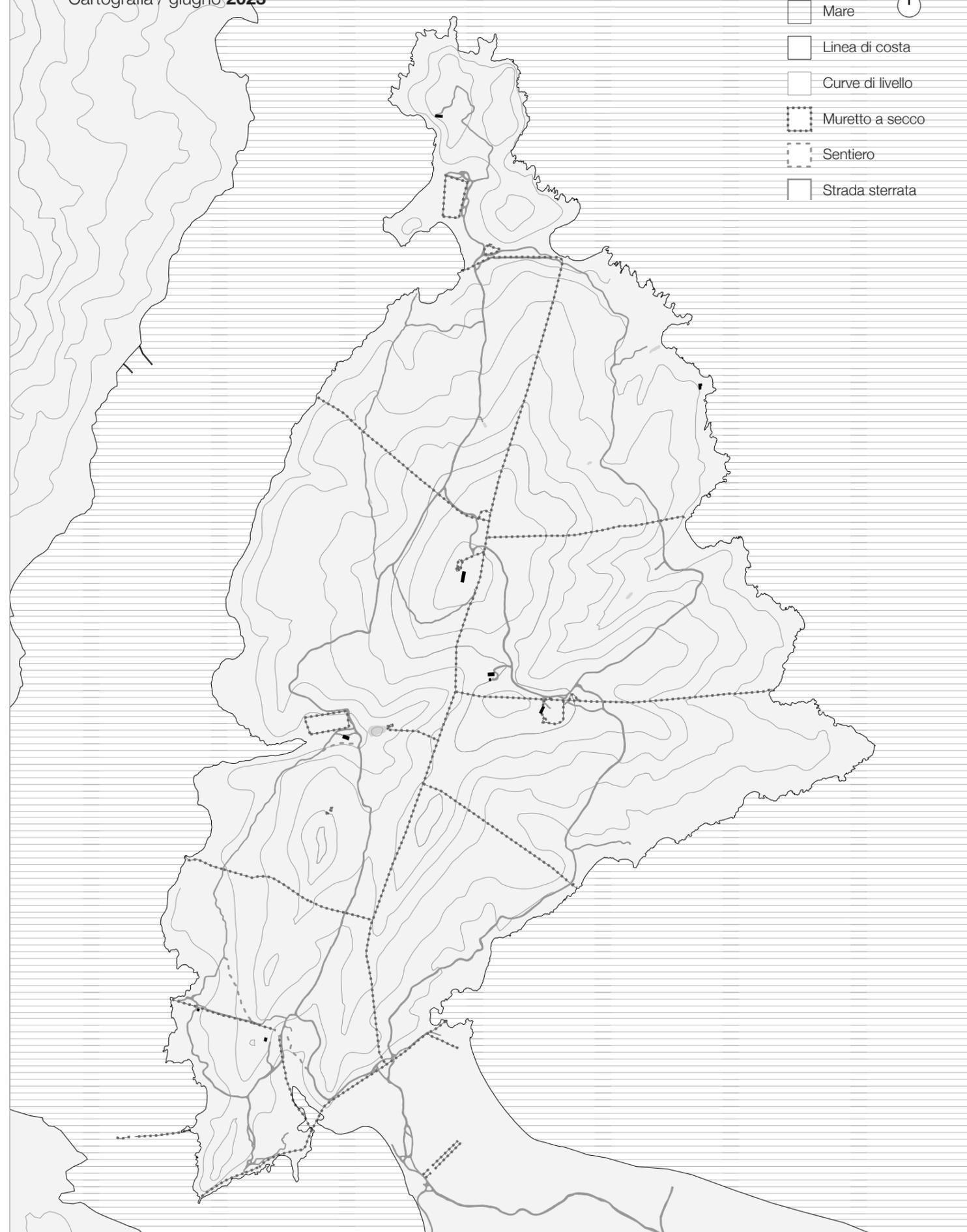
0.5 km

-  Mare
-  Linea di costa
-  Curve di livello
-  Muretto a secco
-  Sentiero
-  Strada sterrata



- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata

- Mare
- Linea di costa
- Curve di livello
- Muretto a secco
- Sentiero
- Strada sterrata

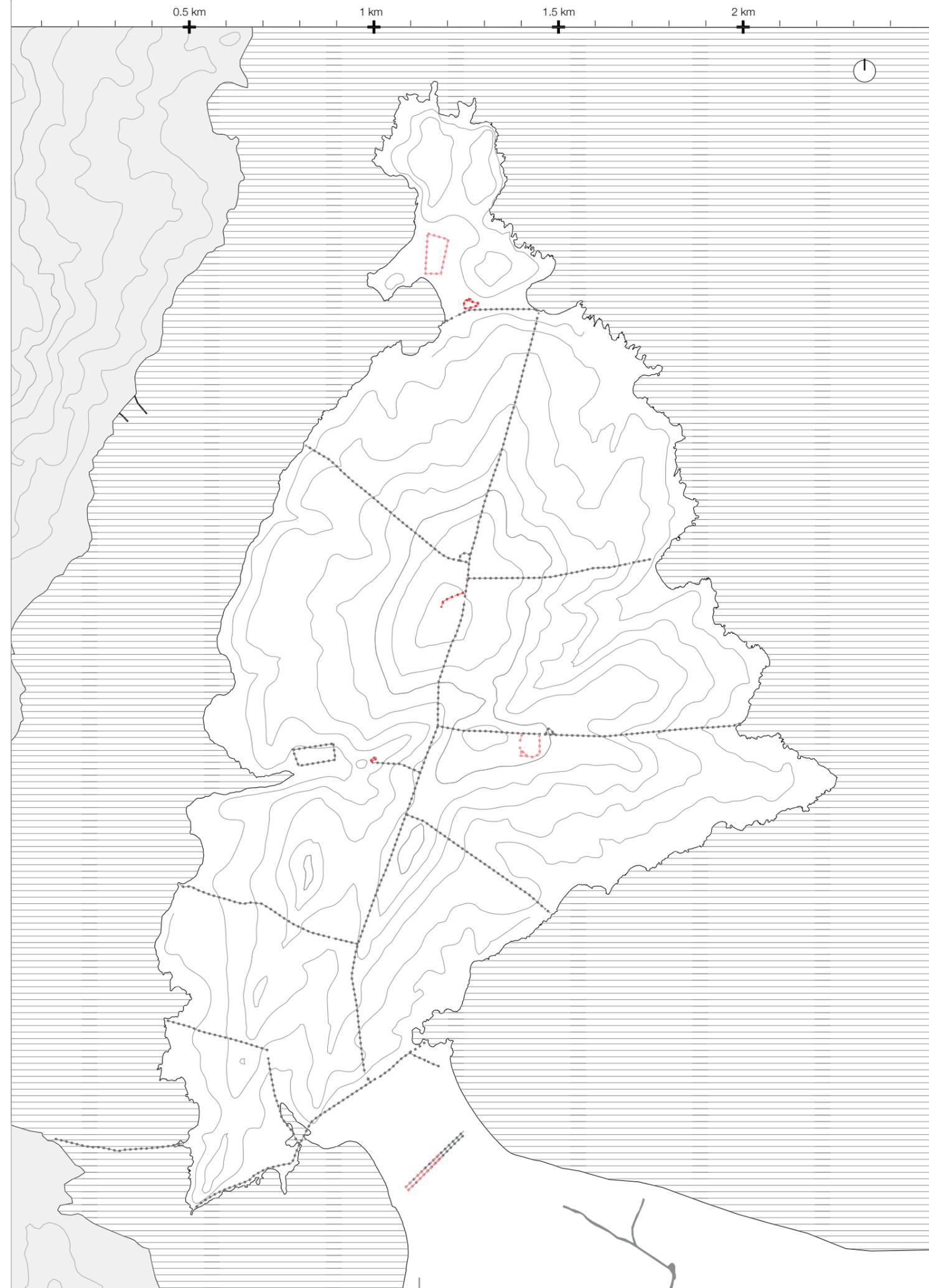


#### 4.4 / Analisi multitemporali

Si riportano di seguito le osservazioni relative ai cambiamenti che hanno caratterizzato la morfologia degli elementi naturali e antropici presenti sull'isola. Le analisi multitemporali approfondiscono l'evoluzione della presenza di edifici, muretti a secco, strade, e la progressione/regressione della linea di costa.

##### Edifici



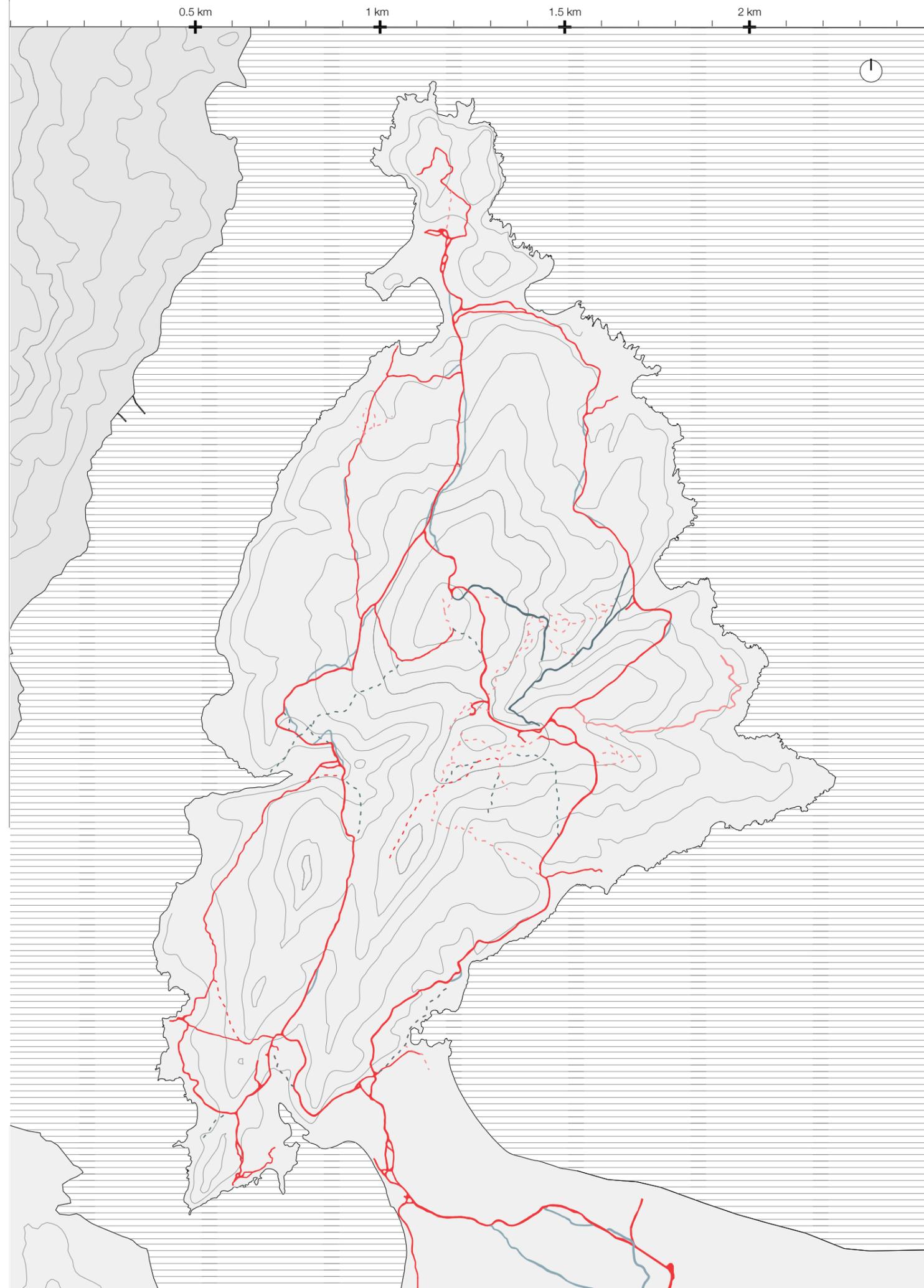


**Muretti a secco**

Muretti a secco / 1939 

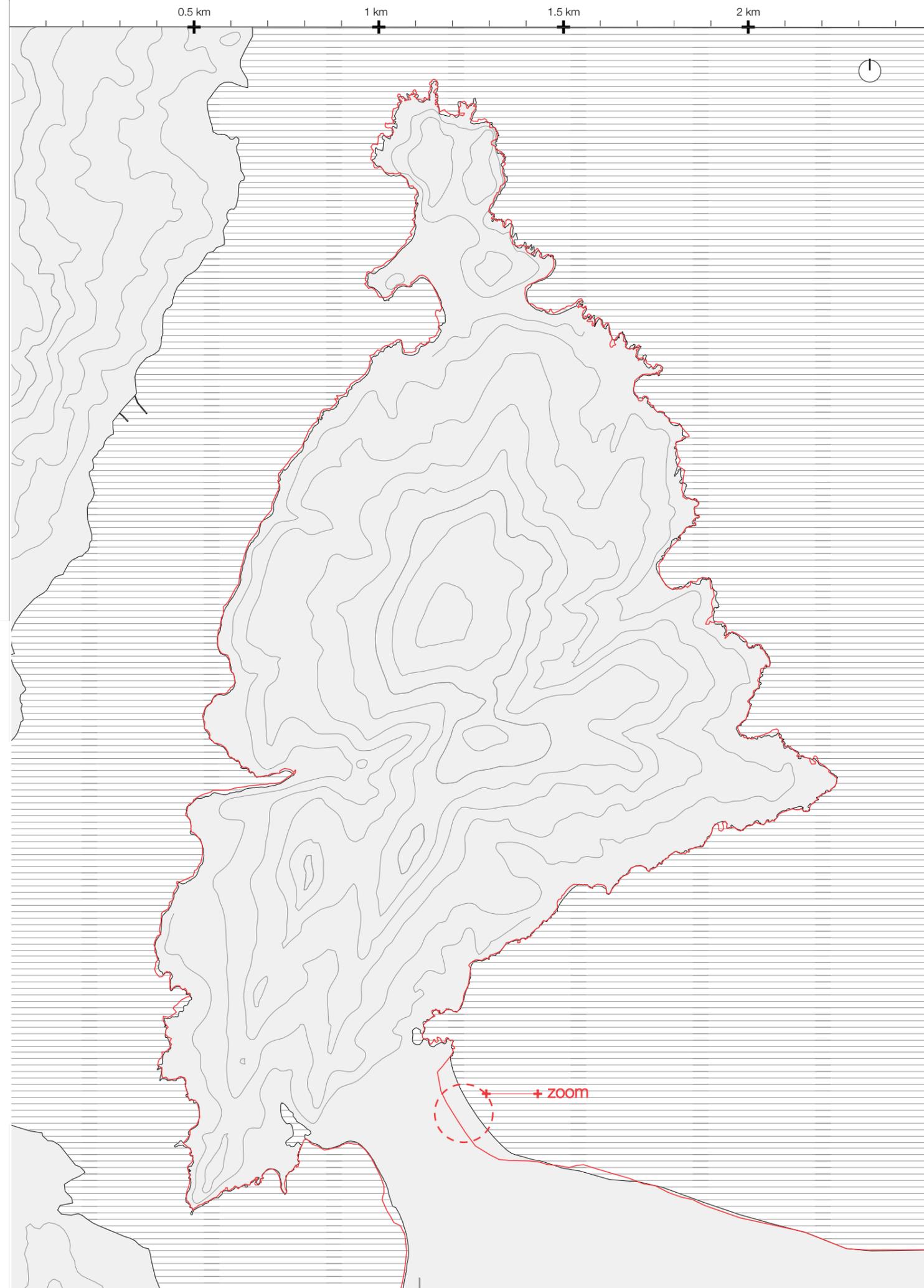
Muretti a secco / 2008 

Muretti a secco / 2023 



**Strade**

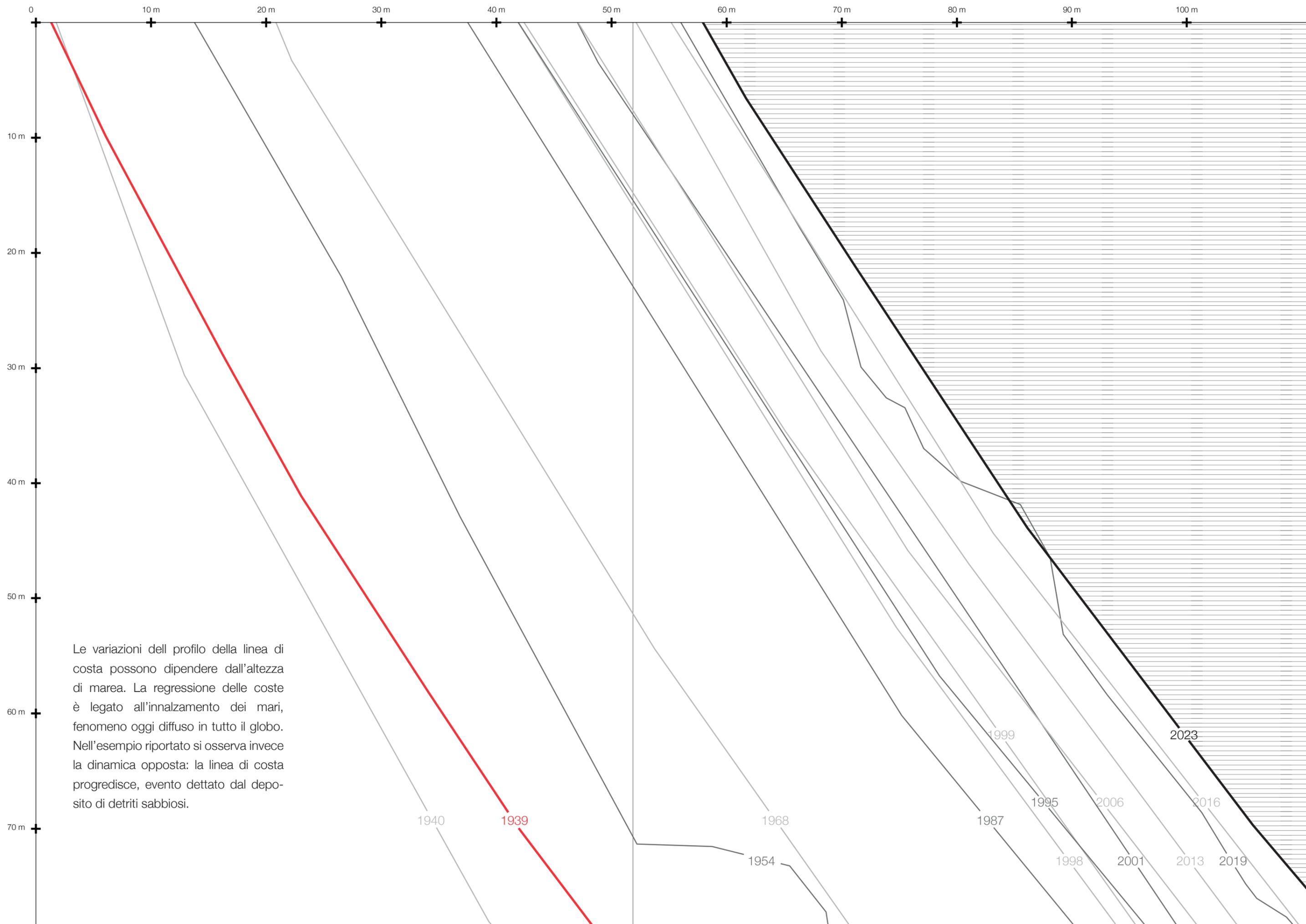
- Strade / 1940
- Strade / 1954
- Sentieri / 1954
- Strade / 1987
- Sentieri / 1987
- Strade / 2023
- Sentieri / 2023



**Linea di costa**

Linea di costa / 1939 

Linea di costa / 2023 



0 10 m 20 m 30 m 40 m 50 m 60 m 70 m 80 m 90 m 100 m

10 m

20 m

30 m

40 m

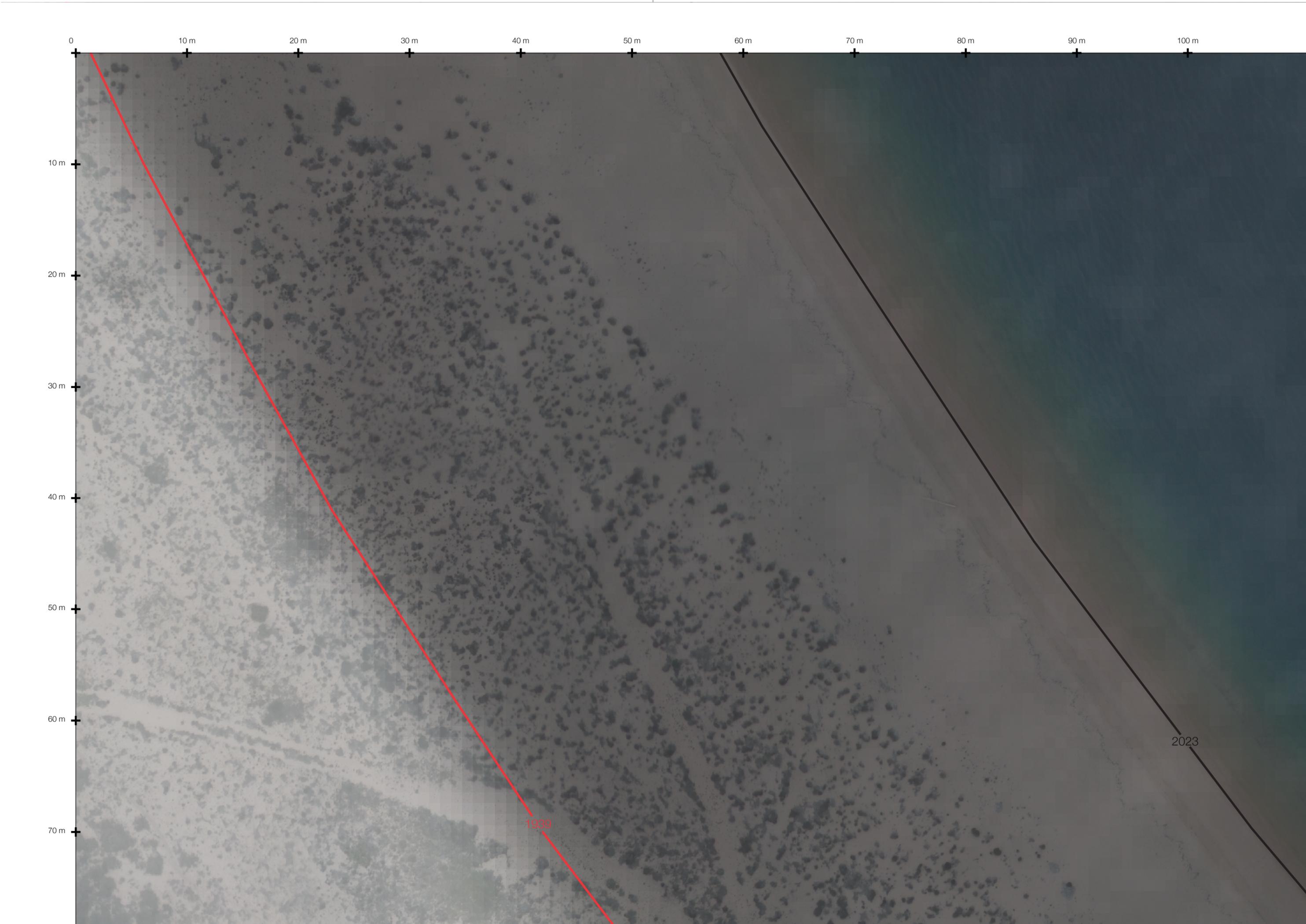
50 m

60 m

70 m

1939

2023



# 05

## Strategie

---

5.1 / Lettura dei layer

5.2 / Valorizzazione del luogo

5.3 / Il *glamping*

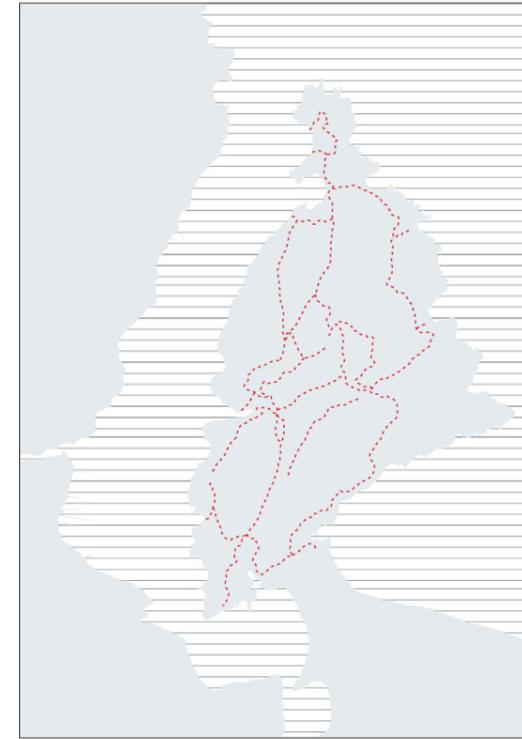
5.4 / Abitare alternativi

5.5 / Casi studio

**Layer**



Percorsi carrabili



Sentieri



Edifici



Accessi via mare



Accessi via terra



Muretti a secco



Punti d'interesse naturalistico



### 5.1 / Lettura dei layer

La fase iniziale di analisi conoscitiva del territorio di Culuccia è risultata funzionale allo studio dei caratteri morfologici e antropologici che disegnano il luogo, permettendo di eseguire un'indagine critica dei punti di forza e fragilità. Avendo avuto la possibilità di visitare il luogo in prima persona, soggiornando sull'isola - grazie alle attività di rilievo svolte con il Team DIRECT - è stato possibile coglierne in maniera più tangibile e dettagliata i tratti distintivi. Data la vastità e l'unicità del sito, al fine di ottenerne una valutazione più accurata si è condotta un'analisi suddivisa per layer che, scomponendo e semplificando il problema in parti minori, ha consentito di avere una visione più chiara dell'insieme. L'individuazione di opportunità e criticità è lo strumento alla base del lavoro di ricerca finalizzato alla valorizzazione economica del luogo, rivolta ad un interlocutore reale le cui iniziative culturali devono essere rafforzate da un ritorno economico, perlomeno parziale. L'intervento di valorizzazione dell'isola in ambito ricettivo è da considerarsi come supporto per l'attività filantropica di sensibilizzazione, conservazione e conoscenza del patrimonio.

Nell'individuazione di potenzialità e criticità, non vi sono elementi che rappresentino univocamente una risorsa o una limitazione, ma sono piuttosto da interpretarsi ponderandone il dualismo. Le principali questioni che emergono dallo studio del territorio sono l'inaccessibilità, la verginità della natura e il rapporto con i vincoli imposti dalla normativa. Per le sue caratteristiche geomorfologiche, la Culuccia si presenta come un territorio isolato, i cui punti di accesso si limitano a tre pontili disseminati lungo la costa e un accesso carraio a sud, che si raggiunge passando per le strade sterrate che attraversano la zona umida. La realtà di essere circondati per la maggior parte da acqua ha permesso a flora e fauna di svilupparsi indisturbate ma, dal confronto con i proprietari, è emerso che implica anche un problema di controllo: chiunque può attraccare e godere delle spiagge, ma spesso capita che persone non addette vaghino all'interno della proprietà, causando potenziali danni e squilibri. Per la circolazione interna all'isola è necessario utilizzare appositi mezzi 4x4 che possano viaggiare su strade sterrate e talvolta con avvallamenti, pilotati con cautela nel rispetto della quiete della fauna e della sicurezza. La limitata accessibilità, interna e dall'esterno, confinando l'attività antropica, ha permesso alla natura di conservarsi pressoché inalterata, componendo paesaggi bucolici ed immacolati. Questa verginità del territorio costituisce sicuramente un punto di enorme ricchezza, ma rende il sito non accessibile a tutti. La sfida è dichiaratamente legata alla fruibilità da parte di persone fisiche, per l'ospitalità dell'ambiente e l'impossibilità di implementare l'esperienza con determinati tipi di infrastrutture, e in maniera più velata alla fru-

izzazione culturale del bene. Infatti, l'isola di Culuccia si distingue dalle mete turistiche circostanti come carattere e come uso. L'aspetto del territorio così inalterato dalla ridotta antropizzazione, è stato garantito dalle tutele imposte dal vincolo normativo, che dirige rigidamente gli interventi attuabili sull'isola, identificandone le peculiarità e limitandone gli usi. Come già affrontato nel capitolo *01/Introduzione*, il parco presenta un'altissima sensibilità ambientale, di conseguenza dal punto di vista infrastrutturale può essere unicamente sottoposto ad interventi di ripristino dell'esistente in funzione della fruizione del bene. Per quanto concerne le nuove costruzioni, è esclusivamente consentito il posizionamento di strutture leggere, poco impattanti sul suolo e interamente rimovibili una volta interrotto l'uso. Non è pertanto possibile realizzare edifici ex-novo, né tantomeno ampliare o modificare i pochi esistenti. Per rispondere all'esigenza di dare forma a questo luogo così strettamente salvaguardato, sfruttando i vincoli come spinta alla ricerca di soluzioni creative anziché come ostacolo, si può ricorrere a prospettive che abbraccino un abitare alternativo, soddisfacendo le esigenze richieste dagli attori del progetto nel rispetto delle disposizioni e dell'identità del sito.

### **5.2 / Valorizzazione del luogo**

L'isola di Culuccia è ricca di punti di interesse turistico e culturale, mantenendo un approccio sostenibile che mira a massimizzarne i benefici minimizzando gli impatti negativi sull'ambiente. Si differenzia inoltre come un turismo di tipo esperienziale, che consente a chi la visita di immergersi completamente nella realtà del luogo. La promozione di itinerari naturalistici è volta a valorizzare il territorio mostrandone le peculiarità, istruendo i visitatori sui delicati ecosistemi che compongono il paesaggio. Non si tratta quindi di un'esperienza unicamente all'insegna del bello, ma vi si attribuisce anche una valenza culturale ed educativa. Il turismo naturalistico è anche affiancato dal turismo enogastronomico, che pubblica i prodotti dell'azienda agricola, come vino, mirto, gin, miele e ostriche. In linea con l'offerta turistica diffusa su tutto il territorio sardo, anche Culuccia si propone come meta balneare, secondo le modalità descritte in precedenza. Con le attuali proposte, la permanenza sull'isola è tendenzialmente limitata a poche ore, e si concentra durante la stagione estiva, con un massimo di 60 visitatori giornalieri. Dalla volontà di ampliare e differenziare l'offerta, con il presente lavoro di tesi si è proposta una soluzione di avanzamento in ambito ricettivo, suggerendo l'introduzione di un tipo di turismo "stanziale" che permetta di valorizzare l'area anche dal punto di vista economico, sostenendo e promuovendo l'attività culturale e filantropica già in atto. In relazione a quanto emerso dall'osservazione

delle potenzialità e le criticità del luogo, si sono analizzate le strategie applicabili sul territorio di Culuccia, attraverso l'esplorazione di situazioni comparabili con il sito oggetto di intervento. Dopo un accurato lavoro di ricerca, si è indagata l'applicazione di strutture basate su un tipo di soggiorno non tradizionale, a basso impatto ambientale, con un focus sull'architettura mobile e la microspatialità. L'esame e la catalogazione dei casi studio ha guidato il processo progettuale verso un abitare alternativo, che unisca i comfort di una struttura alberghiera con l'esperienza del campeggio, secondo modalità compatibili con i vincoli normativi e la sensibilità ambientale del luogo. Il *glamping* è una nuova forma di turismo esperienziale e sostenibile, che incentiva il contatto con la natura senza rinunciare alle comodità di tutti i giorni. Si tratta di un settore in grande crescita a livello mondiale<sup>1</sup>, per il momento ancora limitatamente diffuso sul territorio sardo.

### **5.3 / Il glamping**

Il neologismo *glamping* nasce dalla fusione tra *glamour* e *camping*, e indica una tipologia di struttura ricettiva che nasce dall'ibridazione del campeggio con i servizi e i comfort di un hotel. Si tratta di un fenomeno innovativo, sviluppatosi negli ultimi decenni<sup>2</sup>, basato su logiche *eco-friendly*, che promuove un turismo sostenibile e responsabile incentivando il rispetto della flora e della fauna circostante. Un *glamping* prevede uno o più moduli abitativi, interamente o parzialmente smontabili, completi di tutte le *amenities* e inseriti in contesti di particolare pregio paesaggistico. Tendenzialmente, i moduli sono costruiti con materiali locali, naturali e riciclabili, rivolgendo una particolare attenzione all'ambiente e la bio-architettura. Ispirandosi alle antiche tradizioni dei popoli nomadi, le unità più diffuse sono *yurte*, tende *tipi*, *camping pods*, tende a cupola geodetica, tende da safari, *cabins*, case sull'albero e caravan (vintage e non) - equipaggiati con bagni, elettricità (sistemi *on* e *off grid*) e soluzioni per il ristoro. Pertanto, il ritorno alla vita nomade si integra con l'evoluzione tecnologica del ventunesimo secolo<sup>3</sup>. Le offerte sono diversificate, sia in base al tipo di esperienza, sia in base alle fasce di prezzo, che variano dalle poche decine di euro a notte, fino alle migliaia nelle situazioni più lussuose. La nascita di questa nuova forma di ospitalità deriva dalla sempre più crescente necessità di immergersi nella natura, nel tentativo di evadere dal caos della città e dalle mete di turismo di massa.

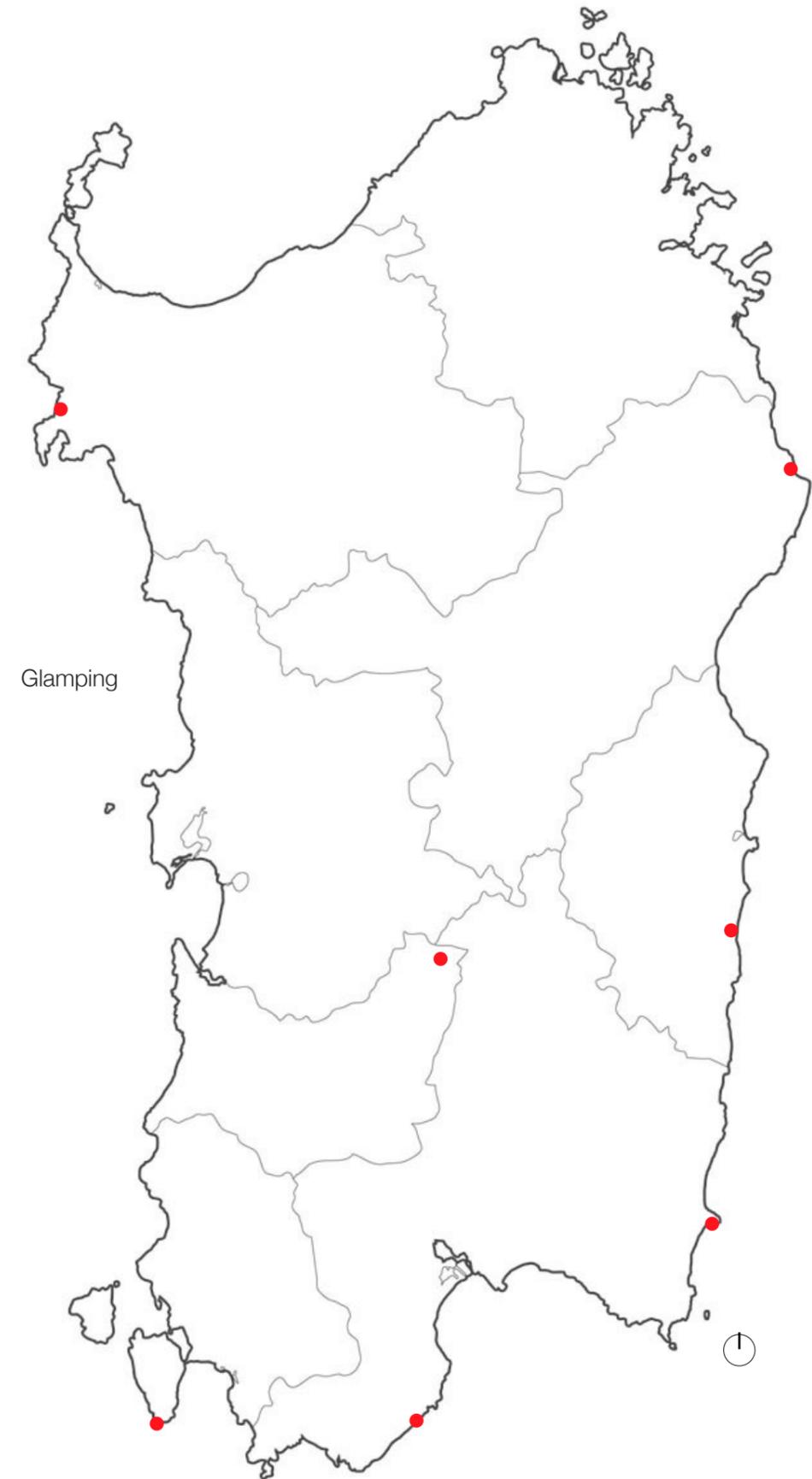
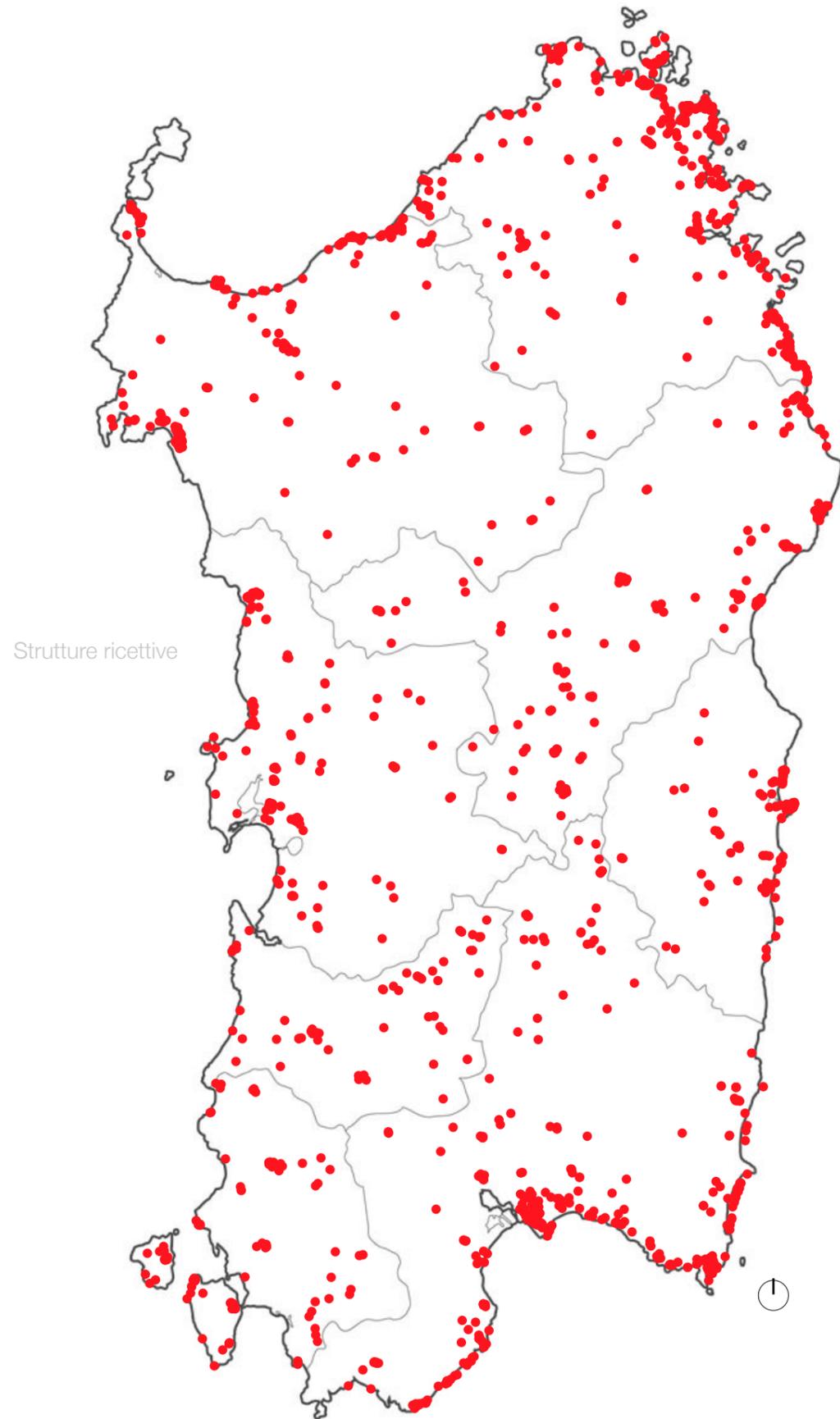
<sup>1</sup> [https://www.ansa.it/canale\\_lifestyle/notizie/design\\_giardino/2017/08/11/campeggio-a-tutto-comfort-e-il-boom-del-glamping\\_d3ef168a-e606-4b4d-bb50-aa13eed83418.html](https://www.ansa.it/canale_lifestyle/notizie/design_giardino/2017/08/11/campeggio-a-tutto-comfort-e-il-boom-del-glamping_d3ef168a-e606-4b4d-bb50-aa13eed83418.html)

<sup>2</sup> La parola *glamping* è comparsa per la prima volta nel Regno Unito nel 2005, per poi essere aggiunta ufficialmente nell'Oxford English Dictionary nel 2016.

<sup>3</sup> <https://www.teknoring.com/news/paesaggio/glamping-tendenza-turismo-sostenibile/>

10 km 20 km 30 km 40 km 50 km 60 km 70 km 80 km 90 km 100 km 110 km

110 km 100 km 90 km 80 km 70 km 60 km 50 km 40 km 30 km 20 km 10 km



#### 5.4 / Abitare alternativi

Nella cultura mediterranea, insediarsi comporta la modifica del territorio, il perimetro degli edifici lascia un solco durevole che sancisce il limite tra dentro e fuori, assecondando i principi di solidità e stabilità. Per altre culture, il rifugio è qualcosa di spontaneo, effimero e temporaneo, una struttura mobile e leggera che non interrompe la continuità tra uomo e natura<sup>4</sup>. Storicamente, le abitazioni mobili nascono da un'esigenza di protezione, unitamente alla necessità di spostarsi per seguire le migrazioni degli animali. Il nomadismo è infatti una forma insediamentale che ha accompagnato la storia dell'uomo, assumendo diverse accezioni, partendo dal nomadismo pastorale fino all'odierno nomadismo digitale. Così come il fenomeno sociale, la casa mobile ha origini radicate nel passato, dall'uso ricreativo a quello emergenziale, sviluppandosi con un percorso che inizia dalla tenda e arriva ai moderni e sempre più complessi esperimenti sull'*existenzminimum*. Se originariamente questi fenomeni derivavano da necessità legate alla sopravvivenza, nell'ultimo secolo sono diventati lo strumento per fuggire dalle costrizioni della contemporaneità, si pensi al caso emblematico dei movimenti *hippie*. La questione della casa mobile è stata affrontata da Le Corbusier nel 1920, con le *maisons Voisins*, sistemi di alloggi prodotti in serie, mobili e trasportabili, strutture autonome appartenenti all'ideologia della casa come macchina per abitare. Nel 1927 Richard Buckminster Fuller disegnò la *Dymaxion House 4D*, un sistema di abitazioni autonome con forma a cupola, autosufficienti dal punto di vista energetico e realizzate con l'utilizzo di nuovi materiali. Verso la metà del secolo, vi succedono ancora le case per i reduci di guerra di Gropius e Wachsmann e l'alloggio di emergenza di Pierre Jeanneret e Jean Prouvé. In Europa, le case mobili erano associate a scopi bellici o cantieristici, senza assumere un ruolo urbanistico significativo, come invece è avvenuto negli Stati Uniti, la cui storia è più largamente influenzata da modelli di società nomadi. Le ricerche degli anni Sessanta e Settanta, associando tali eredità con il malessere sociale dilagante, hanno dato un grande impulso allo sviluppo del tema della mutevolezza dell'ambiente costruito, con lo studio di organismi architettonici mobili, utilizzando un approccio mimetico al guscio della chiocciola e della tartaruga<sup>5</sup>. Negli ultimi decenni, la diffusione dell'architettura mobile è stata accompagnata dall'uso di tende e caravan di ogni genere, utilizzati per abitare, lavorare, o allontanarsi dalla frenesia delle grandi città, soddisfacendo i requisiti emblematici di adattabilità e libertà. Le grandi città sono sempre più affollate, generando un grave problema di compressione degli spazi, e molti esempi di case mobili nascono proprio nel

4 Giardiello, *Smallness. Abitare al minimo*, CLEAN, 2009.

5 Gambardella, *La casa mobile. Nomadismo e residenza dall'architettura al disegno industriale*, Electa Napoli, 1995.

tentativo di allentare questa tensione. Nel contesto storico, politico e ambientale che caratterizza il Ventunesimo secolo, l'architettura mobile risulta significativa nell'affrontare il problema della mancanza di un'abitazione, delle migrazioni politiche e ambientali. Oltre ad essere un simbolo del cambiamento sociale, rappresenta anche un risparmio economico, riducendo anche i costi ambientali e sociali legati alle grandi abitazioni. Negli utilizzi più ricreativi, può produrre effetti positivi sulla rivitalizzazione degli spazi urbani come luogo di ritrovo, basti pensare ai mercati o ai concerti, o sulla riqualificazione degli spazi urbani abbandonati, per la natura intrinseca del fenomeno. La possibilità di gestire il lavoro da remoto, fa sì che una parte della popolazione, individuata da Michael Kimmelman come una *classe media di migranti*, ambisca a fare esperienze in altri luoghi, lavorando in spazi flessibili come gli uffici mobili<sup>6</sup>. Le case mobili, essendo strutture dal posizionamento poco invasivo che non necessitano di fondazioni, si possono collocare in contesti naturali, in cui immergersi sperimentando un'avventura lontana dalla frenesia della città. Per questo motivo, sono sempre più associate ai nuovi tipi di turismo naturalistico e sostenibile, sia esso statico - come nel caso dei *glamping* - o in movimento.

#### 5.5 / Casi studio

Il processo progettuale è stato supportato e guidato dalla ricerca e analisi di casi studio esemplificativi, la cui presa in esame si è rivelata funzionale all'identificazione delle possibili alternative, in ottica della definizione di un risultato finale basato sull'osservazione di informazioni reali. L'indagine si è articolata in tre momenti: la prima fase si è fondata sull'individuazione di realtà affini all'isola di Culuccia, ovvero territori di grande pregio e sensibilità ambientale, la seconda fase è stata focalizzata sullo studio di alcuni esempi di *glamping*, anch'essi subordinati ad aree di particolare valore naturalistico, per approfondirne il *layout* e le tipologie di unità abitative che li compongono; infine, la terza fase si è sviluppata sull'esplorazione di architetture mobili e unità abitative sfruttate o sfruttabili in situazioni di microspatialità, includendo i caravan già presenti sull'isola. Questi ultimi riferimenti sono stati analizzati e successivamente catalogati in termini di metratura, costo di ciascuna unità (variabile non sempre rintracciabile poiché, essendo un dato sensibile, non è sempre reso pubblico) e caratteristiche funzionali, valutandone gli elementi di forza e le mancanze, in modo tale da poterli mettere a confronto attraverso l'organizzazione di una tabella riassuntiva, che ha consentito la messa a fuoco degli elementi necessari per lo sviluppo di un progetto ragionato.

6 Roke, *Mobitecture. Architettura in movimento*, Phaidon, 2017.

**Casi studio / fase 1****Cittadella di Suomenlinna**

75 / Vista a volo d'uccello

**Categoria** Valorizzazione e tutela del patrimonio culturale

**Luogo** Helsinki

**Estensione** 80 ettari

La Fortezza di Suomenlinna è nota per il suo valore storico e culturale, accogliendo circa un milione di turisti all'anno. Simbolo della capitale finlandese, è abitata da circa 800 persone e ospita 6 musei. A partire dal 2015 si sono aperte le porte verso una forma di turismo sostenibile, i cui principi sono:

1. gestire gli impatti del turismo e trarne i benefici
2. mantenere alta la qualità dell'esperienza
3. incentivare le visite durante tutto l'anno, evitando i picchi
4. sensibilizzare alla conoscenza del patrimonio

L'obiettivo non è solo lo sviluppo continuo e sostenibile del sito, ma anche quello di diventare un modello di turismo sostenibile. Gli ultimi progetti stanno testando la possibilità di renderla uno spazio di sensibilizzazione alla sostenibilità con lezioni, workshop, esperimenti, il cui approccio è quello del *phenomenon-based learning*. Questo si traduce nell'incoraggiare gli studenti a reagire, a fare qualcosa di concreto anziché scoraggiarli con i dilemmi presenti e futuri del pianeta<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> <https://researchportal.helsinki.fi/en/projects/the-suomenlinna-project-sustainable-world-heritage-learning-throu>

**Casi studio / fase 1****Parco nazionale di Yellowstone**

76 / Mappa

77 / Vista aerea / Pozzo dei desideri

**Categoria** Valorizzazione e tutela del patrimonio naturalistico

**Luogo** Stati Uniti

**Estensione** ca 9000 km

I 63 parchi nazionali degli USA sono aree protette per il loro valore storico o naturalistico, istituiti a partire dal 1872 (*Yellowstone*). Sono stati istituiti per la salvaguardia della flora e la fauna in pericolo di estinzione e il mantenimento delle aree verdi minacciate dall'uomo, raccogliendo una vasta varietà di esperienze e paesaggi<sup>8</sup>.

- Interesse naturalistico e archeologico
- Attività ricreative: escursionismo, campeggio, gite in barca, pesca, *birdwatching* e percorsi turistici
- Monitoraggio del patrimonio naturale
- Strade asfaltate per accesso ravvicinato alle aree d'interesse + passerelle
- Visite in automobile, bus o motoslitte (periodo invernale)
- Strutture ricettive (9 hotel + campeggi), negozi, ristoranti, musei, centri visitatori, distributori di benzina...

<sup>8</sup> [https://it.wikipedia.org/wiki/Parco\\_nazionale\\_di\\_Yellowstone](https://it.wikipedia.org/wiki/Parco_nazionale_di_Yellowstone)

**Casi studio / fase 1**

**Riserva Naturale Regionale Sentina**



78 / Vista della zona umida

**Categoria** Valorizzazione e tutela del patrimonio naturalistico

**Luogo** San Benedetto del Tronto - Marche

**Estensione** 180 ettari

**Interventi<sup>9</sup>**

- Ripristino zona umida costiera
- Reintroduzioni di specie floristiche e della Tartaruga palustre
- Restauro edificio storico *Torre sul Porto*
- Accessibilità ad una utenza ampliata
- Riqualificazione della foce del fiume Tronto
- Rinaturalizzazione del fosso collettore
- Interramento delle linee elettriche
- Miglioramento agricolo, ambientale e paesaggistico



79 / Accessibilità



80 / Intervento sulle strade



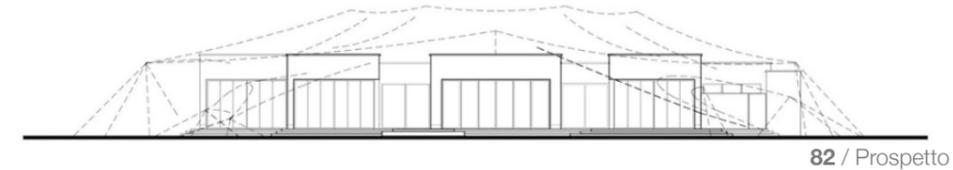
81 / Restauro edificio storico

9 <https://www.riservasentina.it/>

**Casi studio / fase 2**

**Banyan Tree Alula Resort**

di AW2 architecture & interiors



82 / Prospetto



83 / Fusione con il contesto

**Categoria** Glamping

**Data** 2022

**Luogo** Ashar Valley - Arabia Saudita

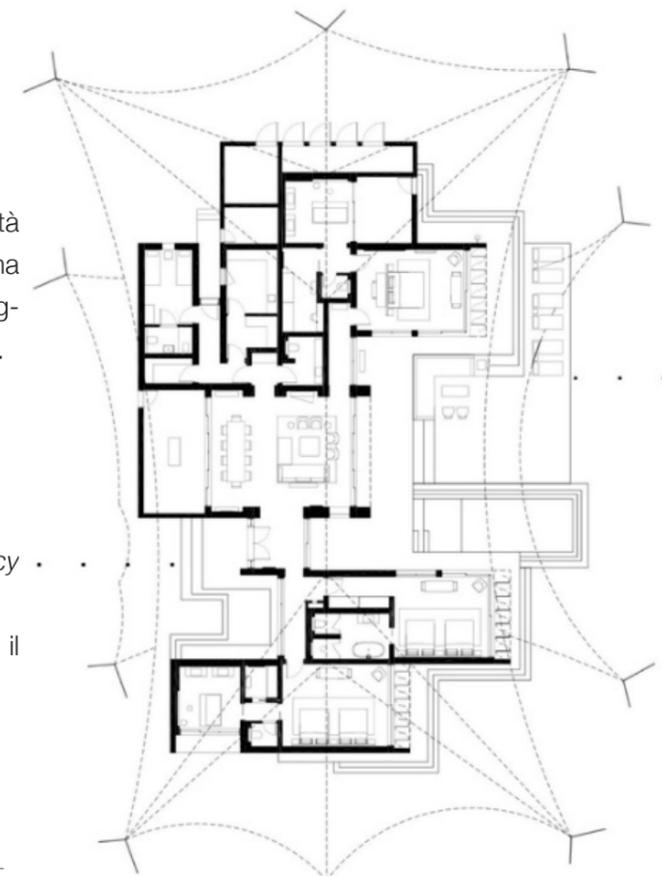
**Estensione** 10000 m<sup>2</sup> (unità: 77-240 m<sup>2</sup>)

**Prezzo** 560 - 4000€ / notte

**Progetto**

Resort di lusso in area desertica, 47 unità (tendoni), da 1 a 3 camere da letto. Piattaforma e base in muratura sormontate da tende, leggermente rialzate per favorire la ventilazione<sup>10</sup>.

- Riferimenti alla cultura nomade
- Poco invasivo sul terreno
- Continuità con il paesaggio
- Focus sull'esperienza del visitatore: *privacy* e rifugio ma contatto con la natura
- Patio come elemento di interazione con il contesto



84 / Pianta

10 <https://www.archdaily.com/992173/banyan-tree-alula-resort-aw2-architecture-and-interiors>

**Casi studio / fase 2****Nordisk Hygge Circles - Ugakei**

di Third Nature

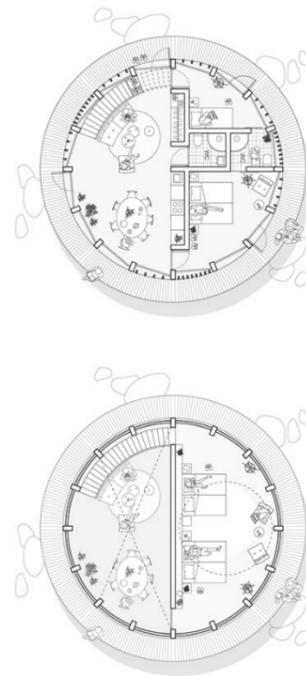


85 / Suggestioni

**Categoria Glamping****Data non realizzato****Luogo** Inabe - Giappone**Progetto**

Parco avventura nei dintorni di una delle aree più popolate del Giappone, suddiviso in 3 aree: edifici per *glamping*, area dove soggiornare portandosi la propria tenda e *learning area*. Rievocando la tradizione danese e quella giapponese, il disegno sfrutta la forma circolare per stimolare il senso di comunità e incentivare le attività all'aperto.

- Nuovo tipo di turismo che si allontana dalle città, rispettando la natura e sensibilizzando alla sostenibilità
- Edifici semi-permanenti - basso impatto con materiali naturali
- Atmosfera *hygge*, sentieri con viste panoramiche
- Modulo centrale che ospita reception, negozi e spazi per *workshop*<sup>11</sup>



86 / Pianta piano terra e piano soppalco

11 [https://www.archdaily.com/943161/third-nature-creates-conical-cabins-for-adventure-park-in-japan?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/943161/third-nature-creates-conical-cabins-for-adventure-park-in-japan?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all)

**Casi studio / fase 2****SJCC Glamping Resort**

di Atelier Chang

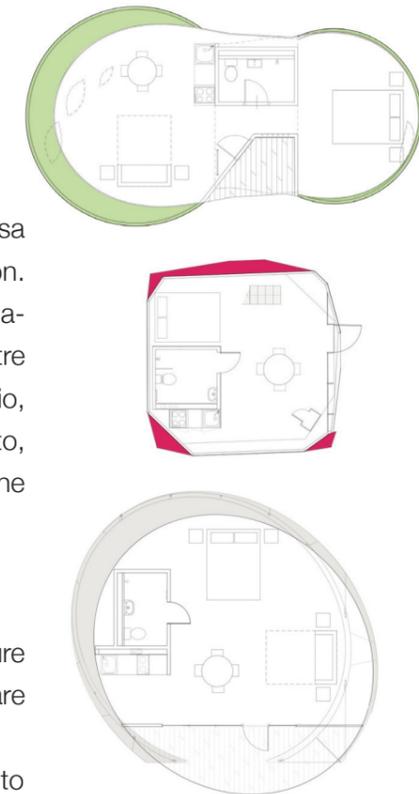


87 / Fotografie rappresentative

**Categoria Glamping****Data 2018****Luogo** Baia di Suncheon - Corea del Sud**Estensione** 4950 m<sup>2</sup> (unità: > 50 m<sup>2</sup>)**Progetto**

Il progetto si declina in 16 unità più una casa madre, situate nella Baia ecologica di Suncheon. Ogni unità prevede 50 m<sup>2</sup> di soggiorno, due camere da letto, una cucina ed un bagno. Le tre tipologie di unità hanno uno scheletro in acciaio, chiuso da uno strato in tessuto isolato colorato, capace di adattarsi alle differenze climatiche che intercorrono durante l'anno.

- Tensostruttura
- Acqua ed elettricità dipendono dalle strutture principali, ma si possono anche sfruttare risorse naturali (raccolta acque piovane)
- Struttura imbullonata a fondazioni in cemento
- Forme organiche<sup>12</sup>

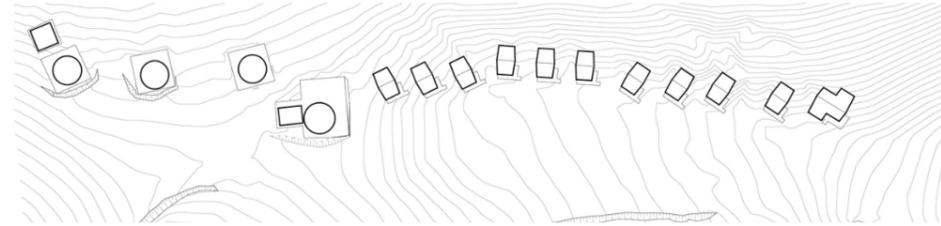


88 / Pianta

12 [https://www.archdaily.com/897979/sjcc-glamping-resort-atelier-chang?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/897979/sjcc-glamping-resort-atelier-chang?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)

**Casi studio / fase 2****Tenir Eco Hotels**

di Levelstudio



89 / Distribuzione in pianta



90 / Fotografia d'insieme

**Categoria** *Glamping***Data** 2020**Luogo** Shymbulak - Kazakistan**Estensione** 434 m<sup>2</sup> (unità: 30 m<sup>2</sup>)**Prezzo** 300-480€ / notte**Progetto**

Resort nel parco nazionale di Shymbulak, meta sciistica, composto da 10 moduli realizzati con l'uso di componenti prefabbricate. Il progetto tiene conto della sensibilità del luogo senza rinunciare all'aspetto estetico.

- Scheletro in acciaio, struttura poco invasiva sul terreno poichè completamente smontabile e rimovibile senza demolizioni
- Rivestimenti in legno e velocità di assemblaggio
- La forma è funzionale a gestire i carichi di neve e vento<sup>13</sup>



91 / Pianta

13 [https://www.archdaily.com/957188/tenir-eco-hotels-level-studio?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/957188/tenir-eco-hotels-level-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)

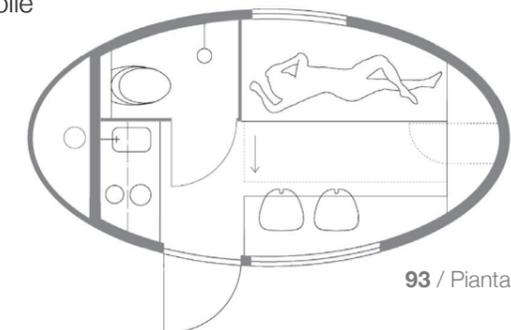
**Casi studio / fase 3****Ecocapsule**

di Nice Architects

2



92 / Vista dall'esterno

**Categoria** Microspitalità / casa mobile**Data** 2015**Luogo** /**Estensione** 6,3 m<sup>2</sup>**Costo unità** 69.900 - 99.900 €

93 / Pianta

**Progetto**

Unità autosufficiente, trasportabile anche in zone remote, siccome sfrutta sistemi *off-grid* e di accumulo. Ogni unità è indipendente ed è dotata di pannelli fotovoltaici, una turbina eolica e un sistema di collezione e filtraggio dell'acqua piovana. Lo spazio è funzionale e versatile. Le unità sono autosufficienti dal punto di vista energetico, grazie all'uso di: fotovoltaico, turbina eolica, raccolta e filtraggio acqua piovana<sup>14</sup>.



14 <https://www.ecocapsule.sk/>

94 / Schema / Autosufficienza energetica

**Casi studio / fase 3****Diogene**

di Renzo Piano e Vitra

1/2 

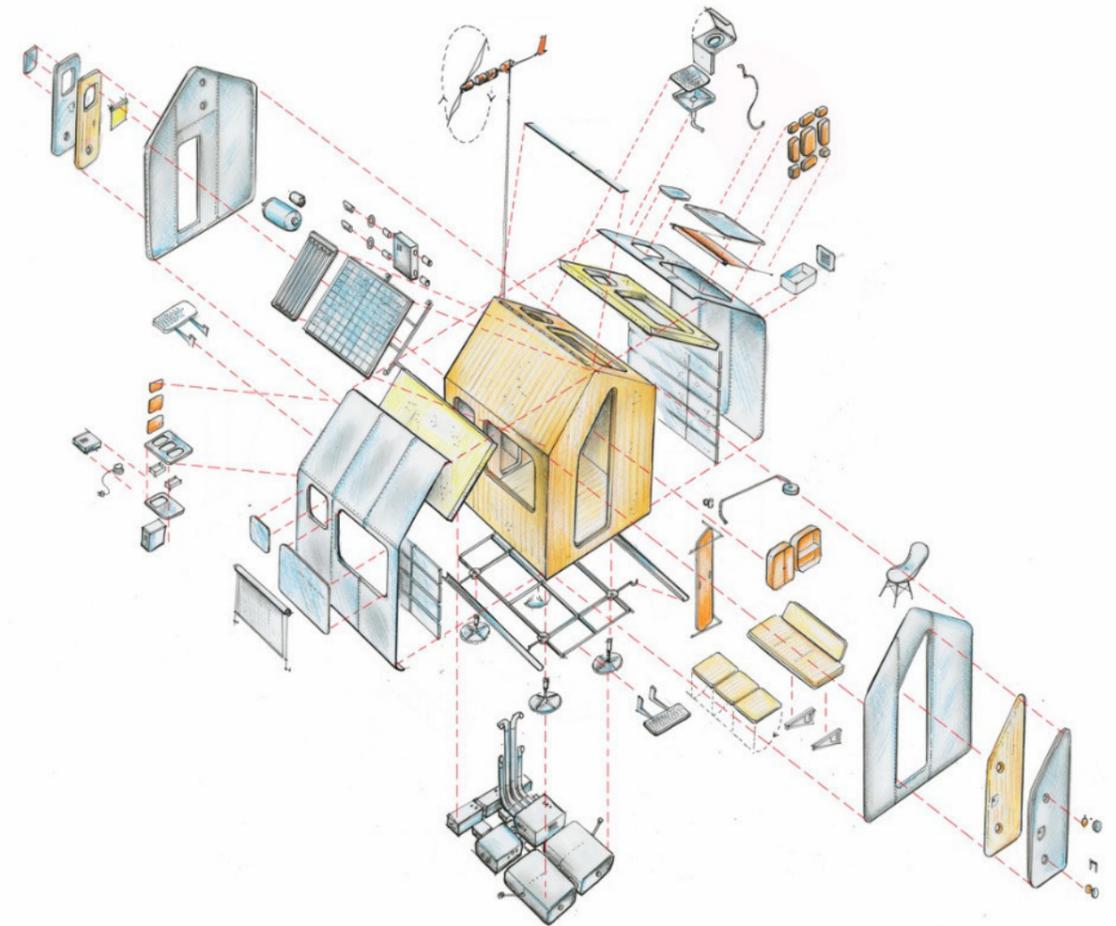
95 / Vista dall'esterno

**Categoria** Microspatialità / case mobili / *existenzminimum***Data** 2013**Luogo** /**Estensione** 7,5 m<sup>2</sup>**Costo unità** /**Progetto**

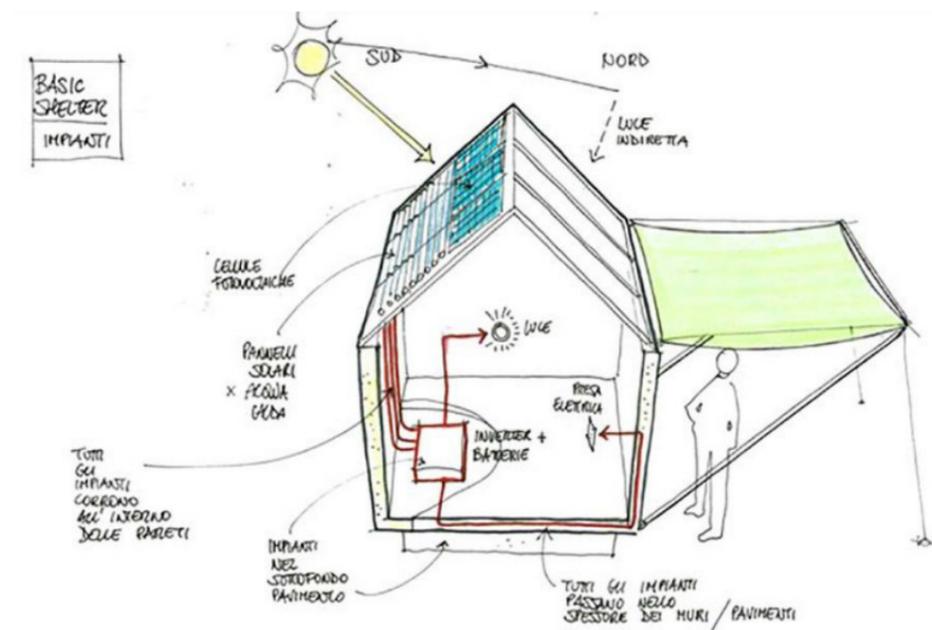
La ricerca di Renzo Piano sull'*existenzminimum* trova il risultato in questa collaborazione con Vitra. Il prototipo di 2,40 x 2,96 m è una piccola abitazione mobile in xlam e alluminio (rivestimento), che racchiude tutte le funzioni dell'abitare. Ispirata alla capanna primitiva, è un'architettura temporanea versatile, che può fungere da ritiro per il weekend, ufficio o hotel diffuso<sup>15</sup>.

- Raccolta e filtraggio acqua piovana
- Fotovoltaico *off-grid*
- "Vano tecnico" sotto il pavimento, intercapedine per il passaggio degli impianti

15 [https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/06/13/renzo\\_piano\\_diogene.html](https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/06/13/renzo_piano_diogene.html)



96 / Esploso



97 / Diagramma / Autosufficienza energetica

**Casi studio / fase 3****Find Sanctuary**

di Narrative Design Studio



98 / Vista dall'esterno

**Categoria** Microspitalità / case mobili**Data** 2021**Luogo** California**Estensione** 30 m<sup>2</sup>**Costo unità** /**Progetto**

Questo modulo fa parte di un più ampio esperimento che osserva gli effetti dello stare all'aperto sulla salute mentale delle persone (misura dei livelli di cortisolo prima e dopo il soggiorno per determinarne l'impatto sul benessere e i livelli di stress degli utenti). Il progetto prevede l'apertura di diversi *glamping* vicino alle città, in modo da essere fruibili ai lavoratori, fornendo un'esperienza a contatto con la natura, ma con i benefici della modernità. L'unità è infatti dotata di elettricità, acqua corrente e connessione internet<sup>16</sup>.

- Struttura in legno, base in acciaio, sovrelevata per minimizzare l'impatto sul terreno, pilastri elicoidali per ancoraggio
- Cucina, sala da pranzo, area lavoro, zona notte, bagno (interno)
- Stufa e pompa di calore per riscaldare (e raffreddare)
- sistemi *on-grid* e *off-grid* per acqua e produzione di energia

<sup>16</sup> <https://findsanctuary.com/>



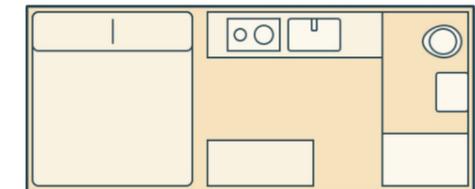
99 / Interni

**Casi studio / fase 3****Friland**

di Friland



100 / Vista dall'esterno

**Categoria** Microspitalità / case mobili**Data** 2020**Luogo** /**Estensione** 12 m<sup>2</sup>**Costo unità** 60.000 - 90.000 €

101 / Pianta

**Progetto**

Mini alloggio su ruote, autosufficiente. Volontà di creare un'esperienza immersiva con la natura, minimizzando gli impatti (installazione reversibile). L'unità abitativa è dotata di tutti i servizi essenziali: bagno con doccia e wc chimico, letto matrimoniale e cucina, più un'ampia finestra panoramica.

- Struttura *off-grid*: pannelli solari + cisterne - autonomia di alcuni giorni
- Consapevolezza sui consumi: installato un *Quantum*, monitor che fornisce informazioni in tempo reale riguardo i consumi d'acqua ed elettricità dall'inizio del soggiorno
- Legno e materiali riciclati<sup>17</sup>



102 / Interni

<sup>17</sup> <https://fri.land/>

**Casi studio / fase 3****Immerso glamping / Bivacco Immerso**

di Fabio Vignolo e Franscesca Turnaturi



103 / Vista dall'esterno

**Categoria** Microspitalità**Data** 2019**Luogo** Pian dell'Alpe, Usseaux (TO)**Estensione** /**Costo unità** /**Progetto**

Modulo prefabbricato in legno e vetro che offre riparo temporaneo, immergendosi nella natura. Facilmente assemblabile, il suo impatto sul terreno è assimilabile a quello di una tenda. Questa estrema facilità di montaggio lo rende facilmente trasportabile e adattabile a diversi contesti<sup>18</sup>.

- Progetto itinerante
- No autosufficienza energetica



104 / Interno

18 <https://www.domusweb.it/it/architettura/gallery/2019/11/12/la-tenda-prefabbricata-per-immersi-nella-natura.html>

**Casi studio / fase 3****Nido Cabin**

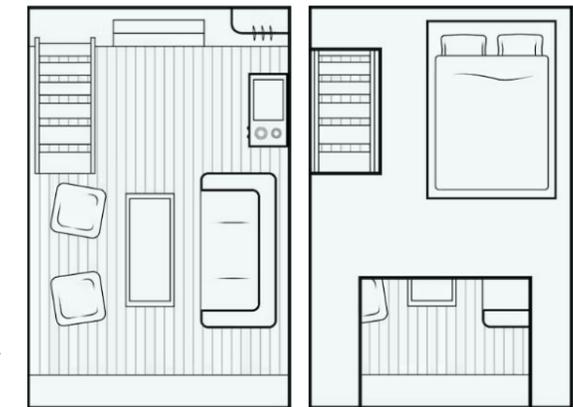
di Robin Falck



105 / Vista dall'esterno

**Categoria** Microspitalità**Data** 2010**Luogo** Sipoo (Finlandia)**Estensione** 9 m<sup>2</sup>**Costo unità** 10.500€**Progetto**

Cabina in legno su due piani, realizzata utilizzando materiali locali e riciclati, trasportati a mano. L'inclinazione e le dimensioni della grande finestra permettono alla luce di penetrare durante il giorno, e di guardare le stelle la notte. Al piano terra è posta una micro-cucina e l'area lounge, al piano superiore la zona notte. Si tratta di uno spazio elementare, un vero e proprio nido che funge da ritiro<sup>19</sup>.



106 / Pianta piano terra e piano soppalco



107 / Interno

19 <http://robinfalck.com/nido>

**Casi studio / fase 3****Space of Mind**

di Studio Puisto

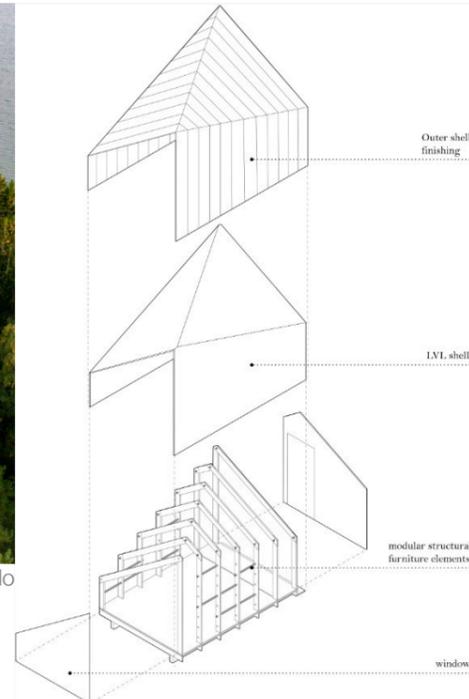


108 / Vista a volo d'uccello

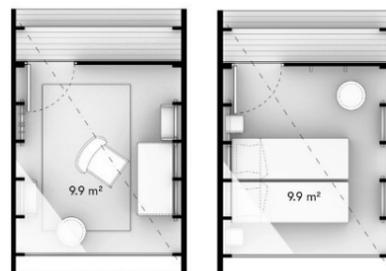
**Categoria** Microspitalità**Data** 2018**Luogo** /**Estensione** 10 m<sup>2</sup>**Costo unità** da 25.000€**Progetto**

Cabina compatta prefabbricata (per minimizzare i danni sul sito) in legno, leggera per essere facilmente trasportabile via camion o elicottero, pensata per essere posizionata in luoghi remoti. Interni modulari ad incastro, in modo da essere facilmente adattabili alle esigenze del cliente. Sono disponibili 3 diversi rivestimenti a seconda delle condizioni climatiche del luogo: larice, in modo da sfruttare il suo ingrigirsi nel tempo per confondersi nel contesto, carta catramata nera o acciaio galvanizzato. Le fondazioni sono in cemento leggero o pilastri elicoidali<sup>20</sup>.

- Bagno a secco esterno
- Cucina esterna
- Sistemi *on* e *off grid*

20 <https://www.spaceofmind.fi/>109 / Esploso assonometrico  
Composizione della struttura

110 / Vista



111 / Piante / 2 proposte di layout

**Casi studio / fase 3****StarsBox**

di Studio Officina82



112 / Vista dall'esterno

**Categoria** Microspitalità / *glamping***Data** 2018**Luogo** /**Estensione** 5 m<sup>2</sup>**Costo unità** /**Progetto**

Modulo in legno, apribile verso il cielo. Sistema componibile montato a secco, completamente rimovibile, con montaggio/smontaggio agevole (consigliato lo smontaggio per il periodo invernale, per preservare il legno dal gelo). Adattabile a terreni e contesti diversi, sopraelevato. L'unità ospita solamente la camera da letto<sup>21</sup>.

- Costellazione di *StarsBox*
- Turismo sostenibile / esperienziale
- Subordinato ad altra struttura
- Solo 2 ospiti
- Esperienza a contatto con la natura

21 <https://www.starsbox.it/>

113 / Viste dall'esterno

**Casi studio / fase 3**

Caravan **Adora**  
di Adria Mobil

2-7 



114 / Vista dall'esterno

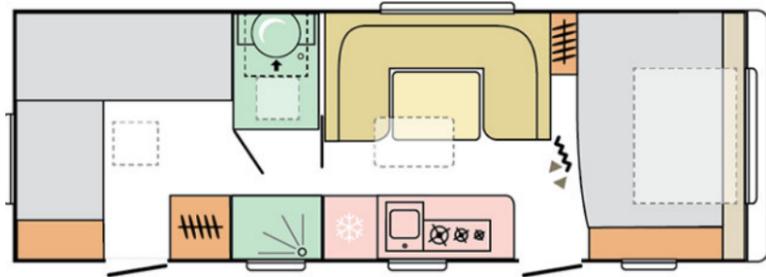
**Categoria Caravan**

**Estensione** 13-23 m<sup>2</sup>

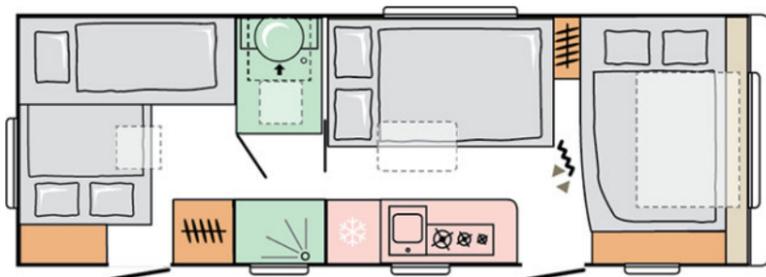
**Costo** da 35.000 - 45.000€

I *caravan* sono una soluzione per il campeggio che permette livelli di comfort superiori a quelli di una tenda, organizzati in spazi flessibili e completi di tutte le funzionalità<sup>22</sup>.

- Angolo cottura, salotto, letto matrimoniale / singolo, bagno chimico
- Sistema di riscaldamento e raffreddamento
- NO autosufficienza energetica, ma possibilità di integrare con sistemi complementari
- Serbatoio acque bianche con riempimento dall'esterno



115 / Layout giorno Adora 613 UT



116 / Layout notte Adora 613 UT

22 <https://it.adria-mobil.com/caravan/adora>

**Casi studio / fase 3**

Caravan **Astella**  
di Adria Mobil

2-6 



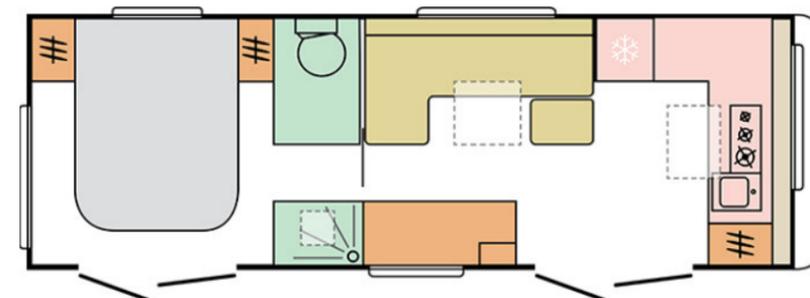
117 / Vista dall'esterno

**Categoria Caravan**

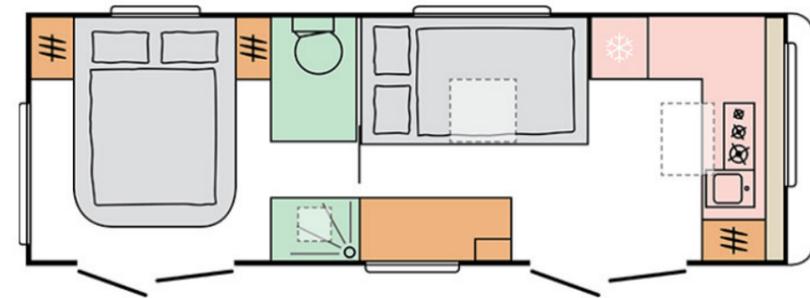
**Estensione** 21-27 m<sup>2</sup>

**Costo** da 71.500 - 79.500€

- Angolo cottura, salotto, letto matrimoniale / singolo
- Piccolo bagno chimico con lavandino a scomparsa
- Sistema di riscaldamento e raffreddamento
- NO autosufficienza energetica, ma possibilità di integrare con sistemi complementari
- Serbatoio acque bianche con riempimento dall'esterno<sup>23</sup>

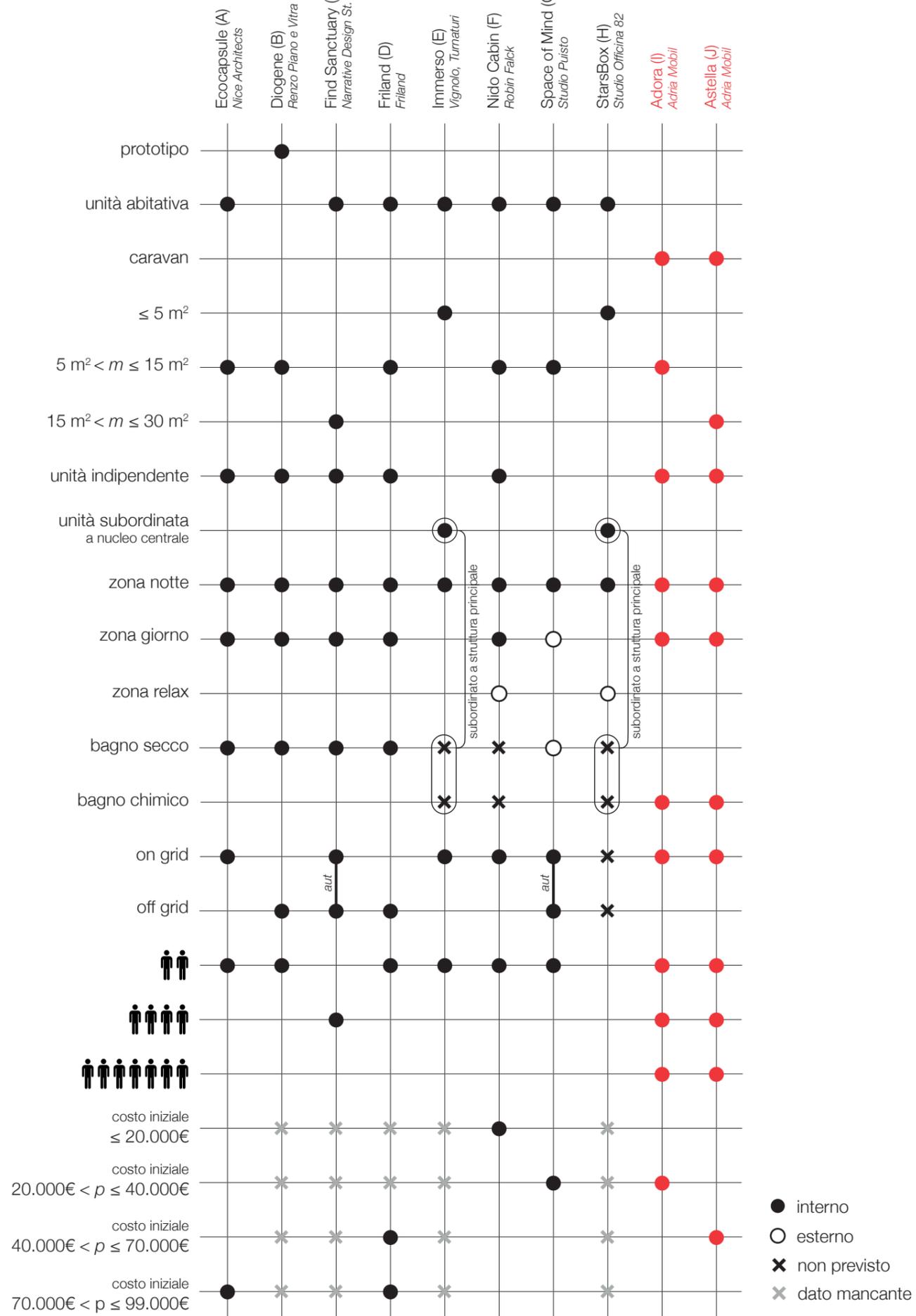


118 / Layout giorno Astella 704 HP



119 / Layout notte Astella 704 HP

23 <https://it.adria-mobil.com/caravan/astella>

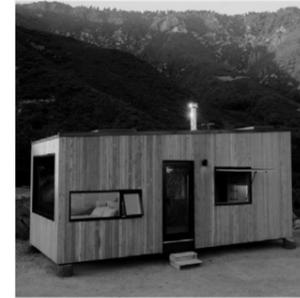


Case mobili



A

B



C

D



E

F



G



H



Caravan

I

J

# 06

## Approccio al progetto

---

6.1 / Studio del funzionamento di *glamping* esistenti

6.2 / Proposta di funzionamento / *glamping* Culuccia

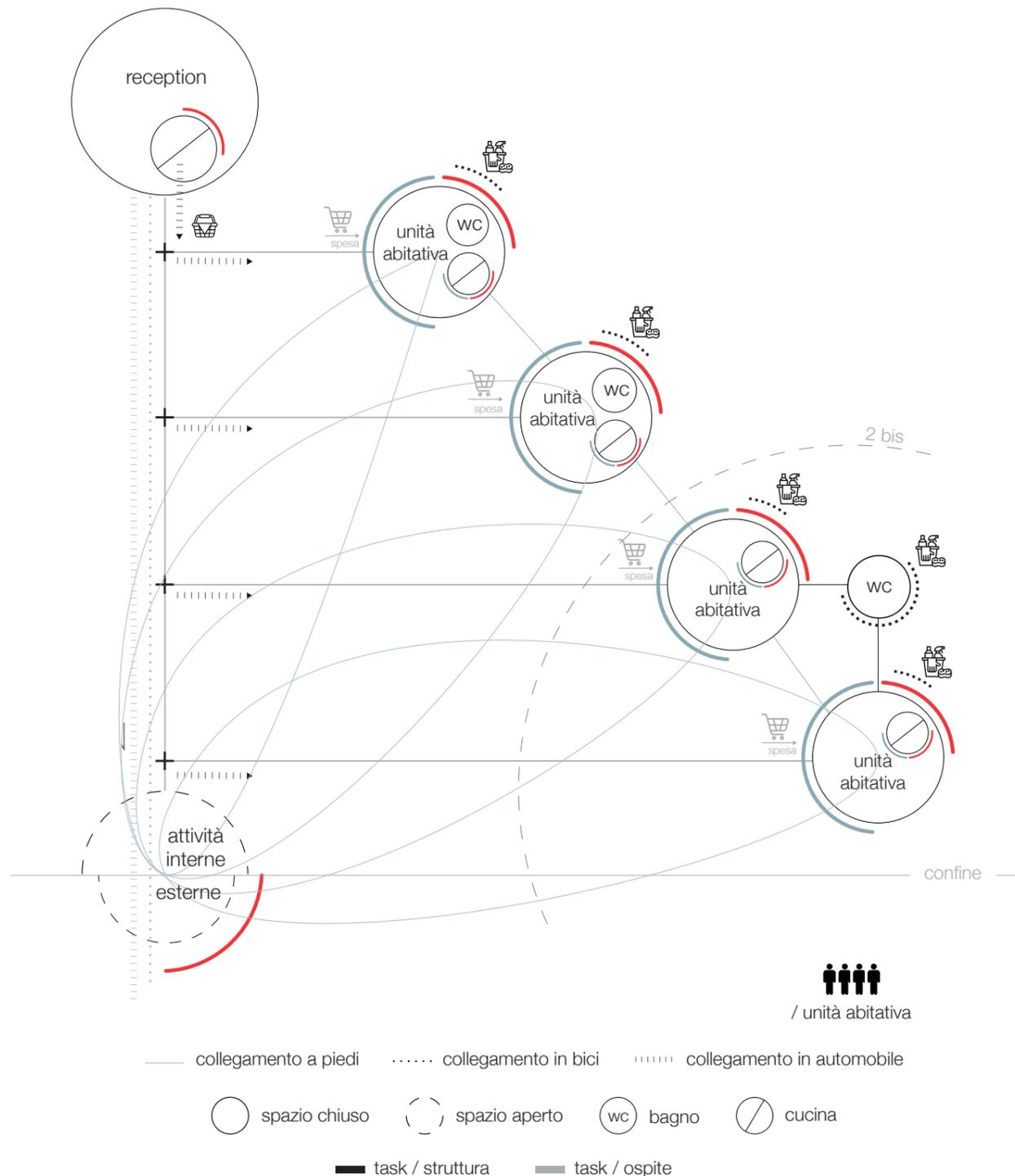
6.3 / Metaprogetto

6.4 / Simulazione dei costi di avvio



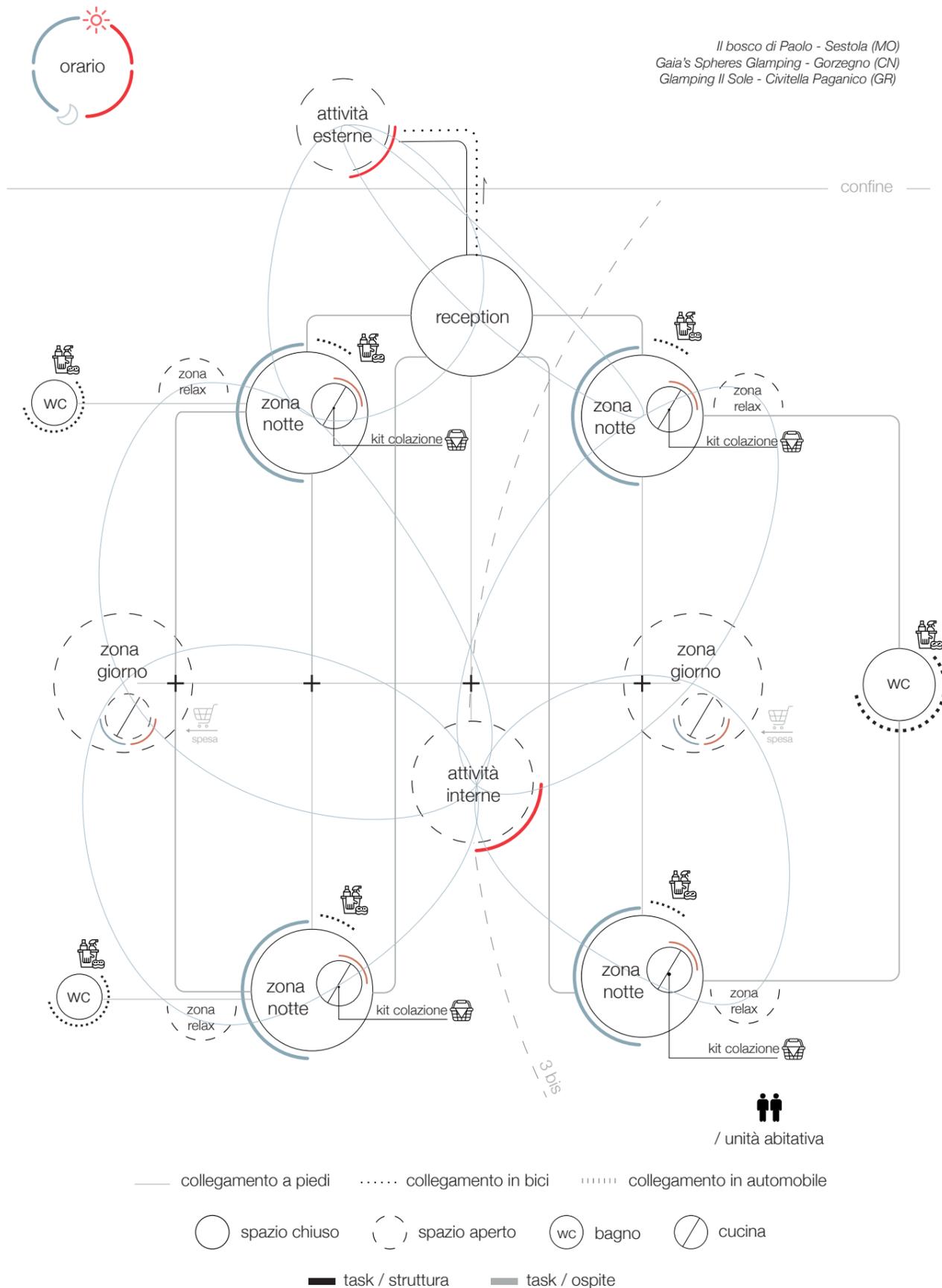


Tenuta Poggio Rosso - Populonia (LI)  
 Be Vedetta Relais & Glamping - Scarlino (GR)  
 Le Perseidi Bubble glamping - San Lorenzo Nuovo (VT)  
 Glamping Resort Orlando in Chianti - Cavriglia (AR)  
 Shauri Glamping - Noto (SR)



### Glamping tipo 2 / Il tradizionale

Il secondo modello identifica la tipologia più diffusa, nonché quella più fedele allo spirito con cui sono stati concepiti i *glamping* in prima istanza. Se nella situazione descritta in precedenza tutto dipendeva dal centro, in questo caso il legame con l'unità di base è più debole, e ciò si traduce anche nella diversa caratterizzazione delle unità abitative. L'unità centrale riveste il ruolo di reception e di nucleo di connessione dei servizi di retroscena, non è più il punto di riferimento della giornata, bensì un'area dedicata al personale, dove il pubblico è di passaggio. Venendo meno il punto di aggregazione, le abitazioni sono indipendenti e l'esperienza diviene più versatile: l'ospite può vivere il soggiorno in privato, ritirandosi nella natura in solitudine o partecipare alle attività e interagire con gli altri utenti. Dovendo contenere tutti i servizi di base dell'abitare, le camere non sono semplici unità dormitorio, ma presentano un profilo completo, diventando autosufficienti dal punto di vista funzionale (in alcuni casi, anche energetico). I singoli nuclei possono essere fissi o mobili, trovando soluzioni eterogenee, dalle più tradizionali *cabins*, alle situazioni più creative con cupole geodetiche a bolla, tende e persino scuolabus riadattati. Indipendentemente dalla forma della sistemazione, le camere sono complete di zona giorno e zona notte. La disposizione degli ambienti può essere compartimentata per stanze, ma nella maggior parte dei casi si ritrovano situazioni *open space*, in cui ogni elemento è progettato nel dettaglio. La diversa organizzazione della struttura ricettiva fa sì che le unità abitative riservino uno spazio per dormire, uno spazio *living* e un angolo cottura, funzionale alla preparazione dei pasti principali, ad eccezione della colazione. Quest'ultima è fornita dalla struttura, che ogni mattina ha il compito di consegnare un cestino che contiene tutto il necessario per la prima colazione, con scelta su ordinazione o con menù fisso. Il pranzo e la cena sono a carico dell'ospite, che può decidere di cucinare in camera occupandosi della spesa, o raggiungere esercizi esterni, con cui talvolta si avviano convenzioni. Il servizio di pulizia è messo a disposizione dall'ospitante, con ritmo giornaliero o ogni 2-3 giorni nel caso di soggiorni prolungati. Anche in questo caso, similmente a quanto osservato nella tipologia di *glamping* precedente, il bagno può essere privato e posizionato internamente all'unità abitativa, o in condivisione con le altre abitazioni. Gli spazi interni, dovendo includere diversi servizi, sono più densificati, e sono quindi pensati per ospitare dalle 2 fino ad un massimo di 4 persone. La circolazione interna al *glamping* non prevede l'ausilio di veicoli, ma privilegia gli spostamenti a piedi. Molte strutture mettono a disposizione servizi di noleggio bici, per incentivare le escursioni sul territorio circostante, guidate o gestibili autonomamente. Anche le attività aggiuntive perdono il ruolo di fulcro della giornata, assumendo una funzione secondaria, ma complementare al soggiorno nella struttura.



### Glamping tipo 3 / L'immersione nella natura

La terza e ultima tipologia di *glamping* riconosciuta nel processo di analisi, si è descritta come “immersiva” proprio ad indicarne l'impostazione eremitica, per un ritiro nella natura. Questo modello è sempre più diffuso, in parte per il trend di tutti quei lavoratori che ricercano una fuga dalla città, in parte come reazione a catena al distanziamento sociale imposto dalla pandemia<sup>1</sup>. La filosofia di questi *glamping* nasce proprio per isolarsi dal mondo esterno, dotando gli spazi di una serie di servizi che consentono di trascorrere il tempo all'interno della struttura, ricaricandosi nella pace del luogo, riducendo al minimo le attività al di fuori del confine e il contatto con estranei. Il numero di unità abitative è ridotto e le distanze si allungano, per garantire agli ospiti una situazione di isolamento. Le unità abitative sono comunemente strutture leggere, come tende o sfere, che ospitano esclusivamente la zona notte, talvolta estesa con una piccola zona *living*, e qualche piccolo elettrodomestico. Di conseguenza, tutti gli altri ambienti sono posti all'esterno, come una grande abitazione all'aria aperta. A collegare lo spazio chiuso con lo spazio aperto è di norma un patio in legno, che funge da filtro e permette di sollevare la struttura da terra. I bagni sono solitamente posizionati a pochi passi dalle camere, sia nel caso in cui siano condivisi, sia nel caso in cui siano privati. La cosiddetta zona giorno, quando è presente, consiste in uno spazio aperto dotato di griglie che fungono da cucina esterna, a cui sono accostati tavoli da picnic e sedute aggiuntive. L'approvvigionamento di cibo è a carico dell'ospite, talvolta viene fornito un kit di benvenuto con lo stretto necessario, mentre per quanto riguarda la colazione viene lasciato un piccolo assortimento direttamente in camera, in alternativa al cestino consegnato tutte le mattine. Le attività esterne al *glamping* assumono un ruolo marginale, mentre le attività interne dirigono l'esperienza. In linea con i principi per cui è concepito il soggiorno, le attività organizzate prevedono uno stretto contatto con la natura, includendo escursioni guidate, attività all'aperto, *trekking*, *birdwatching*, lezioni di yoga e massaggi, ma la vera differenza con i casi precedentemente analizzati sta nel fatto che è lasciato molto più spazio alle attività spontanee, che si sviluppano in corrispondenza delle aree attrezzate intorno alla camera. Essendo pertanto il focus dell'esperienza quello di un coinvolgimento totale nella natura, è posta particolare attenzione al disegno di zone relax e lounge. Infatti, gli spazi limitrofi alle camere sono arricchiti con sdraio, amache, pouf, tavolini e tende ombreggianti. Nei casi più lussuosi si dispongono anche docce all'aperto, camini esterni e vasche idromassaggio.

<sup>1</sup> Craig, Karabas, *Glamping after the coronavirus pandemic*, Sage Journals, Tourism and Hospitality Research, 2021.



### 6.3 / Metaprogetto

Parallelamente al processo di conoscenza del territorio, che ha permesso di comprendere al meglio i fattori naturali fisici che caratterizzano il sito, al confronto con la normativa e lo studio del funzionamento delle strutture ricettive, si è condotta un'analisi mirata ad identificare attività ed esigenze degli attori del progetto, presenti e futuri. Si è pertanto elaborata una fase metaprogettuale di individuazione degli utenti e delle loro rispettive esigenze, facendo riferimento alle sette classi esigenziali definite dalla norma UNI 8289:1981 - *Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione*. In primo luogo si sono individuate le attività relative a ciascuna fascia di utenza, per poi identificare in tali esigenze i requisiti prestazionali. Questo approccio ha poi consentito di tradurre quanto esaminato in unità spaziali, avviando così un primo approccio alla progettazione dell'ambiente. Nella fase di individuazione degli attori del progetto, alle due tipologie di utenti già coinvolti nelle attività sull'isola, che sono stati identificati come turisti di passaggio e responsabili della gestione, si è affiancata una nuova tipologia, introdotta dal nuovo scenario di sviluppo, definita come turisti *stanziali*, in relazione alla permanenza più prolungata rispetto ai primi, che sostano sull'isola per poche ore. Come illustrato nelle tabelle a venire, si sono individuate esigenze e requisiti, in termini di sicurezza, benessere, aspetto, fruibilità, gestione, integrabilità e salvaguardia dell'ambiente, abbinandoli allo specifico target di pertinenza. Di seguito si riporta quanto analizzato:

#### / Utenti e attività



##### Turisti "stanziali"

Visitare / passeggiare  
Mangiare / bere / cucinare  
Svolgere attività libere / strutturate  
Riposare / dormire  
Lavarsi  
Lavorare a distanza



##### Responsabili della gestione

Tutelare il paesaggio  
Tutelare la flora e la fauna  
Manutenere le strutture  
Garantire la durabilità delle strutture  
Organizzare attività e strumenti  
Gestire i servizi



##### Turisti di passaggio

Visitare / passeggiare  
Rinfrescarsi  
Ripararsi dal sole e dal caldo  
Mangiare / bere  
Svolgere attività libere (turisti via mare)  
Svolgere attività strutturate (turisti via terra)

#### / Esigenze e requisiti



##### Sicurezza



Protezione dagli incendi  
Scelta di materiali ignifughi e resistenti al fuoco  
Vicinanza a sorgenti d'acqua



Protezione dagli animali  
Disegno di spazi delimitati da elementi verticali opachi



##### Benessere



Privacy / relax  
Adeguate disposizione di spazi privati  
Incentivare il contatto diretto con la natura

Socialità  
Progettare spazi che favoriscano le interazioni sociali e le attività in gruppo

Comfort acustico  
Isolare acusticamente gli ambienti per garantire il rispetto del silenzio  
termico  
Progettare aree di riparo dagli agenti atmosferici e dal caldo  
illuminotecnico  
Progettare zone d'ombra  
Garantire la gestione dell'illuminazione naturale



##### Aspetto



Fruizione percettiva  
Scelta di forme, materiali e finiture che rendano gli ambienti, interni ed esterni, gradevoli  
Posizionamento degli edifici in punti panoramici / strategici



##### Fruibilità



Accessibilità  
Posizionamento degli edifici in punti facili da raggiungere, non solo in vista dell'arrivo dei turisti, ma anche dei rifornimenti  
Riduzione delle barriere architettoniche nelle nuove costruzioni  
Messa in sicurezza della pavimentazione stradale



Semplicità d'uso e manutenzione  
Scelta di elementi di arredo funzionali, in ottica di una semplice gestione nella fase di esercizio



##### Gestione

Economia d'esercizio  
Scelte progettuali mirate ad una sostenibilità ambientale, economica e sociale del progetto

Durabilità  
Scelta di elementi di arredo di qualità

Smontabilità  
Strutture facilmente smontabili e rimontabili durante la stagione estiva

Ciclo di vita



##### Integrabilità

Connessione funzionale degli elementi del progetto  
Progettare gli edifici in funzione delle attività in essi svolte, addandare le costruzioni evitandone una disposizione frammentaria

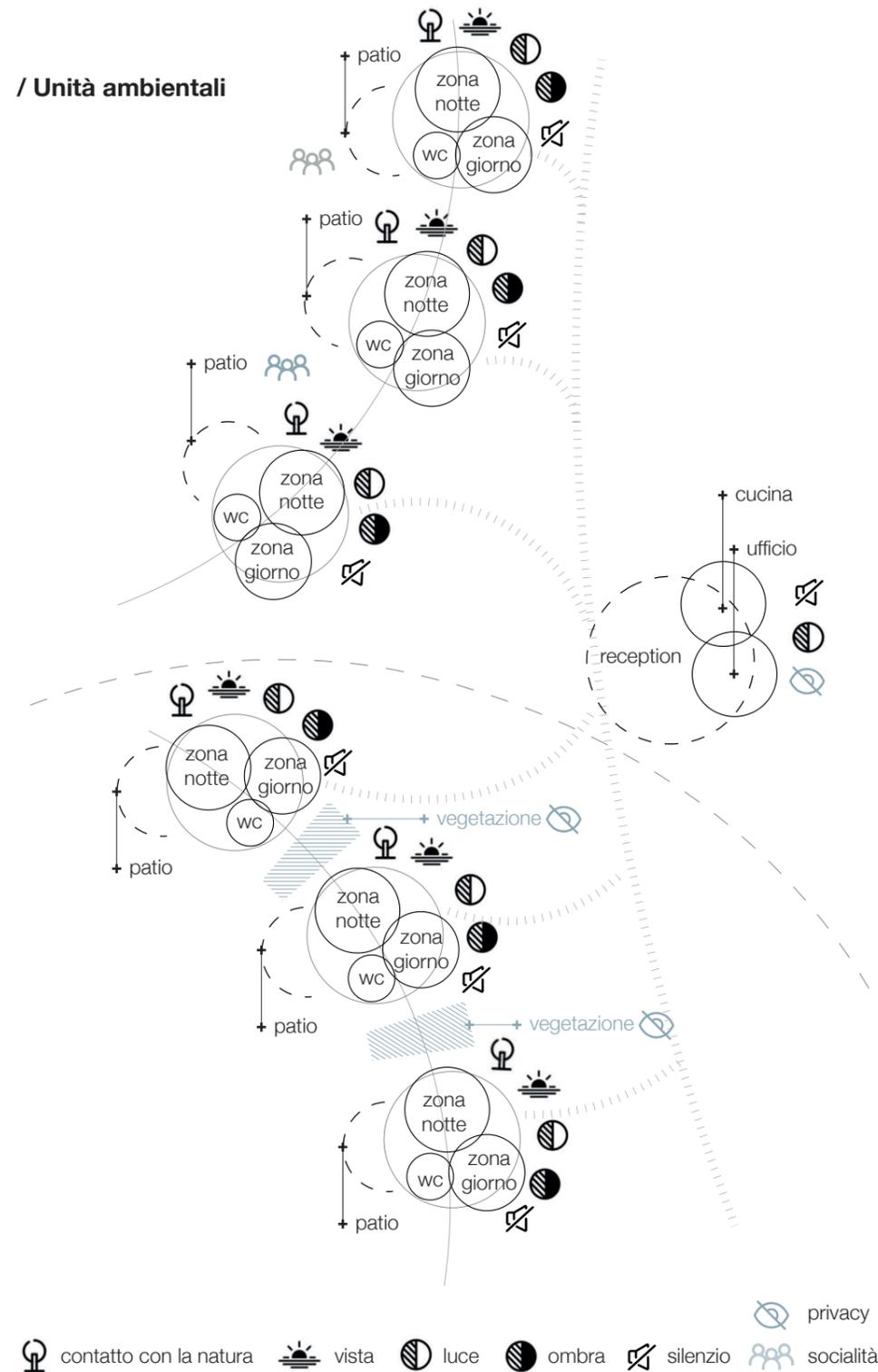


##### Salvaguardia dell'ambiente

Rispetto degli equilibri della flora e della fauna  
Studio della posizione delle nuove costruzioni, al fine di garantire a flora e fauna di svilupparsi indisturbata  
Realizzazione di fondazioni poco invasive sul terreno, interventi interamente reversibili

Uso razionale delle risorse  
Scelta di sistemi a ridotto consumo di energia e limitate emissioni di CO<sub>2</sub>  
Produzione in loco di energia da fonti rinnovabili

Successivamente, si sono definite le unità spaziali, disegnando gli spazi virtuali che potessero raggruppare le attività in unità ambientali, ciascuna in grado di soddisfare quanto approfondito in precedenza.



#### 6.4 / Simulazione dei costi di avvio

Proseguendo l'attività di esplorazione degli scenari progettuali, essendo coinvolto un interlocutore reale con un interesse economico tangibile, si sono eseguite delle considerazioni sul fronte dei costi, realizzando uno studio sintetico in merito ai costi di avvio. In primo luogo si sono elencati i costi fissi e variabili, e successivamente si sono simulati in maniera estremamente concisa e schematica l'ammontare dei costi di avvio relativi all'acquisto di unità mobili, distinguendo la soluzione che prevede l'uso di *cabins* da quella che prevede l'uso di *caravan*. Sulla base del confronto con esempi localizzati sul territorio sardo si è poi stimato il potenziale rientro dall'investimento. Questo risultato è da considerarsi come mero indicatore di preferenza di un allestimento rispetto ad un altro, poichè non prende in considerazione tutta una serie di fattori fondamentali per attribuire un valore scientifico attendibile a tali analisi.

##### ■ Elenco costi di avvio

|                                                                                    | Q.ta |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Unità abitative                                                                    | 10   |
| Trasporto e posizionamento unità abitative                                         |      |
| Adeguamento infrastrutture e spazi esterni (impianti, preparazione del terreno...) |      |
| Arredi e attrezzature spazio esterno (tavoli, sdraio, bidoni...)                   |      |
| Pannelli fotovoltaici                                                              |      |
| Tende ombreggianti                                                                 |      |
| Polaris elettrico - 2 posti                                                        | 2    |
| Polaris benzina - 2 posti                                                          | 2    |
| Polaris benzina - 4 posti                                                          | 2    |
| E-bike                                                                             | 10   |

##### □ Elenco costi di gestione

|                                            |
|--------------------------------------------|
| Personale                                  |
| Manutenzione ordinaria unità abitative     |
| Manutenzione straordinaria unità abitative |
| Manutenzione spazi esterni                 |
| Utenze (acqua, rifiuti, rete internet)     |
| Costi prima colazione                      |
| Costi di pulizia                           |
| Costi di lavanderia                        |

In primo luogo si è calcolato il prezzo medio relativo all'acquisto di un modulo, dato osservato direttamente dalle schede tecniche dei produttori. Successivamente si è determinata la tariffa media giornaliera connessa all'affitto di una camera per 2 persone, stimata sulla base dei prezzi riferiti mesi di maggio, settembre e agosto - picco stagionale - rilevati nelle simili strutture ricettive con impostazione a *glamping* presenti nella regione Sardegna. Nel secondo caso, che mette a confronto scenari che prevedono l'uso di caravan come soluzione per il pernottamento, nei confini del territorio sardo si è ritrovato solamente un caso in cui è contemplata tale soluzione (*ipotesi 1*). Pertanto, si è integrata l'analisi con due esempi assimilabili, ma localizzati sul territorio toscano, patria del *glamping* (*ipotesi 2*). La tariffa media giornaliera è stata poi ribassata, per escludere i costi di gestione, considerati con un valore che va dal 35% al 50% del prezzo della camera<sup>2</sup>. Rapportando i costi ai ricavi, si è ottenuta una stima di massima del possibile rientro economico dell'intervento, riferito al numero di stagioni turistiche. Questa sintetica simulazione dei costi di avvio, ha fornito un ulteriore supporto utile per il processo di scelta del tipo di unità abitativa da inserirsi nel contesto della Culuccia.

#### Simulazione costi di avvio / Case mobili

| Prezzo di acquisto    |                     | Tariffa media giornaliera / 2 persone |                           |          | media    |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------|----------|
| Eco-capsule           | 85.000,00 €         | Capo sperone                          | Maggio                    | 180,00 € |          |
| Space of mind         | 30.000,00 €         |                                       | Agosto                    | 180,00 € |          |
| Friland               | 75.000,00 €         |                                       | Settembre                 | 180,00 € | 180,00 € |
| <b>Prezzo medio</b>   | <b>63.333,33 €</b>  | Torre del Porticciolo                 | Maggio                    | 160,00 € |          |
| <b>10 case mobili</b> | <b>633.333,33 €</b> |                                       | Agosto                    | 270,00 € |          |
|                       |                     |                                       | Settembre                 | 165,00 € | 198,33 € |
|                       |                     | Tiliguerta                            | Maggio                    | 160,00 € |          |
|                       |                     |                                       | Agosto                    | 260,00 € |          |
|                       |                     |                                       | Settembre                 | 160,00 € | 193,33 € |
|                       |                     |                                       | Tariffa media giornaliera |          | 190,56 € |

N.B. la notevole differenza di prezzo tra *Space of mind* e gli altri due esempi è data dal fatto che questo modulo si compone solo dalla zona notte.

| Ricavo al netto dei costi di gestione / 35-50%* |      |   |          |   |         |
|-------------------------------------------------|------|---|----------|---|---------|
| Ricavo al netto dei costi di gestione - 35%     | 0,35 | * | 190,56 € | = | 66,69 € |
| Ricavo al netto dei costi di gestione - 50%     | 0,50 | * | 190,56 € | = | 95,28 € |

| Ricavo stagionale         |         |   |                      |   | Totale       |
|---------------------------|---------|---|----------------------|---|--------------|
| Ricavo stagionale minimo  | 66,69 € | * | 1070 gg <sup>☆</sup> | = | 71.363,06 €  |
| Ricavo stagionale massimo | 95,28 € | * | 1070 gg <sup>☆</sup> | = | 101.947,22 € |

| Costo        |   | Ricavo       |   | stagioni |
|--------------|---|--------------|---|----------|
| 633.333,33 € | / | 71.363,06 €  | = | 9        |
| 633.333,33 € | / | 101.947,22 € | = | 6        |

<sup>2</sup> <https://www.comeaprire.it/intraprendere-nel-glamping/#:~:text=I%20guadagni%20sono%20interessanti,occupazione%20per%20l'intero%20anno>

#### Simulazione costi di avvio / Caravan

| Prezzo di acquisto  |                     | Tariffa media giornaliera / 2 persone |           |          | media    |
|---------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------|----------|----------|
| Adora 613 UT        | 38.500,00 €         | Sa Mola                               | Maggio    | 250,00 € |          |
| Adora 613 HT        | 39.000,00 €         |                                       | Agosto    | 250,00 € |          |
| Alpina 663 HT       | 49.500,00 €         |                                       | Settembre | 250,00 € | 250,00 € |
| Astella 704 HP      | 72.500,00 €         | Orlando in Chianti / Shasta           | Maggio    | 90,00 €  |          |
| <b>Prezzo medio</b> | <b>49.875,00 €</b>  |                                       | Agosto    | 135,00 € |          |
| <b>10 caravan</b>   | <b>498.750,00 €</b> |                                       | Settembre | 180,00 € | 135,00 € |
|                     |                     | Orlando in Chianti / Airstream        | Maggio    | 175,00 € |          |
|                     |                     |                                       | Agosto    | 350,00 € |          |
|                     |                     |                                       | Settembre | 240,00 € | 255,00 € |
|                     |                     | Tariffa media giornaliera (1)         |           |          | 250,00 € |
|                     |                     | Tariffa media giornaliera (1-2-3)     |           |          | 213,33 € |

| IPOTESI 1 Ricavo al netto dei costi di gestione / 35-50%* |                                             |      |   |          |   |          |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|---|----------|---|----------|
| 213 €/notte                                               | Ricavo al netto dei costi di gestione - 35% | 0,35 | * | 213,33 € | = | 74,67 €  |
|                                                           | Ricavo al netto dei costi di gestione - 50% | 0,50 | * | 213,33 € | = | 106,67 € |

| Ricavo stagionale         |          |   |                      |   | Totale       |
|---------------------------|----------|---|----------------------|---|--------------|
| Ricavo stagionale minimo  | 74,67 €  | * | 1070 gg <sup>☆</sup> | = | 79.893,33 €  |
| Ricavo stagionale massimo | 106,67 € | * | 1070 gg <sup>☆</sup> | = | 114.133,33 € |

| Costo        |   | Ricavo       |   | stagioni |
|--------------|---|--------------|---|----------|
| 498.750,00 € | / | 79.893,33 €  | = | 6        |
| 498.750,00 € | / | 114.133,33 € | = | 4        |

| IPOTESI 2 Ricavo al netto dei costi di gestione / 35-50%* |                                             |      |   |          |   |          |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|---|----------|---|----------|
| 250 €/notte                                               | Ricavo al netto dei costi di gestione - 35% | 0,35 | * | 250,00 € | = | 87,50 €  |
|                                                           | Ricavo al netto dei costi di gestione - 50% | 0,50 | * | 250,00 € | = | 125,00 € |

| Ricavo stagionale         |          |   |                      |   | Totale       |
|---------------------------|----------|---|----------------------|---|--------------|
| Ricavo stagionale minimo  | 87,50 €  | * | 1070 gg <sup>☆</sup> | = | 93.625,00 €  |
| Ricavo stagionale massimo | 125,00 € | * | 1070 gg <sup>☆</sup> | = | 133.750,00 € |

| Costo        |   | Ricavo       |   | stagioni |
|--------------|---|--------------|---|----------|
| 498.750,00 € | / | 93.625,00 €  | = | 5        |
| 498.750,00 € | / | 133.750,00 € | = | 3,7      |

| ☆ TASSO DI OCCUPAZIONE MEDIO / Sardegna |  | 70%     |
|-----------------------------------------|--|---------|
| maggio - settembre                      |  | 153 gg  |
| giorni occupati                         |  | 107 gg  |
| giorni occupati / 10 camere             |  | 1070 gg |

\* fonte: <https://www.comeaprire.it/intraprendere-nel-glamping/#:~:text=I%20guadagni%20sono%20interessanti,occupazione%20per%20l'intero%20anno>

# 07

## Progetto

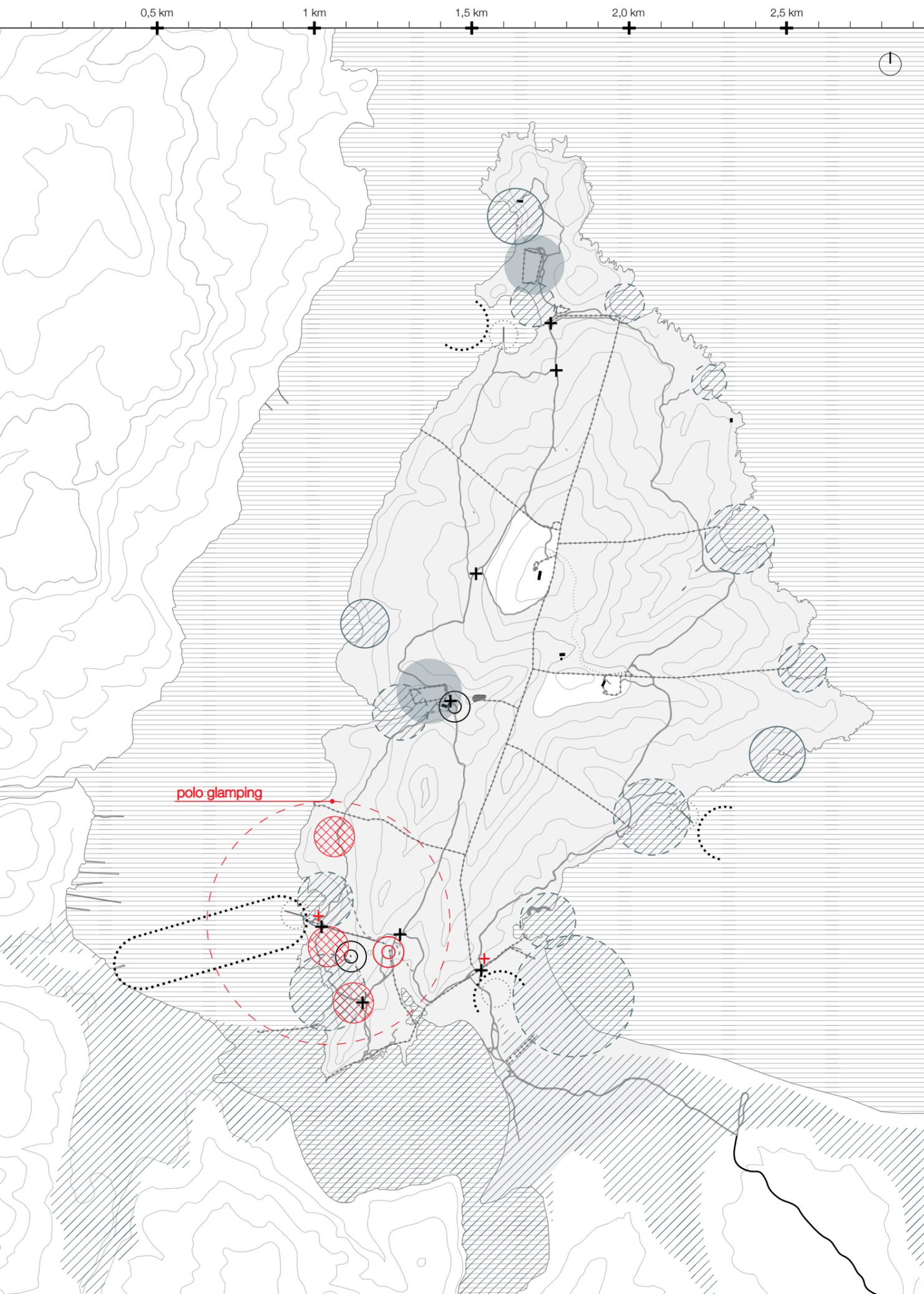
---

7.1 / Masterplan generale

7.2 / Masterplan polo *glamping*

7.3 / Definizione del progetto

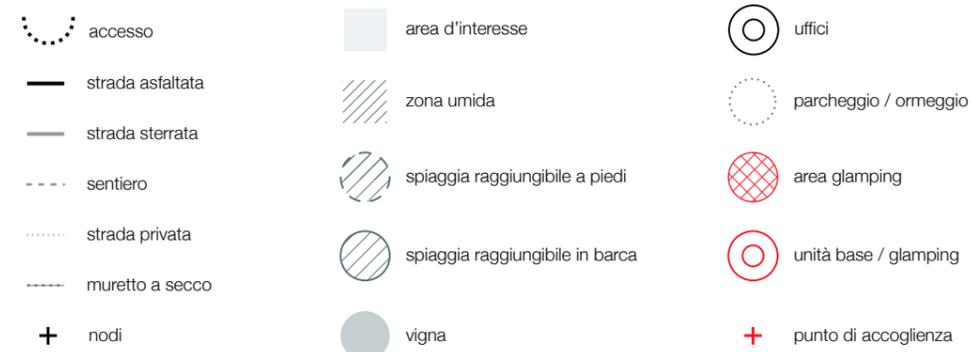
7.4 / Elaborati



### 7.1 / Masterplan generale

La traduzione in termini spaziali delle analisi sul funzionamento dei *glamping* e della fase metaprogettuale si è realizzata nel disegno di un masterplan, che consente di mettere a fuoco una visione complessiva del territorio attraverso una rappresentazione concettuale degli elementi. L'elaborato coniuga lo stato di fatto dell'isola con le strategie progettuali, evidenziando con specifici segni grafici ciascun elemento del disegno, riportati in calce alla pagina. La pianificazione del territorio permette di coordinare e implementare lo sviluppo dell'area, la cui natura è singolare e complessa.

Lo sforzo progettuale si è concentrato sulla regione situata a sud-ovest, area riparata dal vento, dove si è deciso di radunare i nuclei pertinenti all'attività ricettiva. Si è ritenuto fondamentale operare la settorializzazione dei servizi di ospitalità, in funzione di una più efficace gestione della logistica e dei flussi di funzionamento. Pertanto, il polo *glamping* si suddivide in tre aree dedicate, poste sul versante occidentale in prossimità della linea di costa. Si tratta quindi di un modello diffuso, che al tempo stesso mantiene una soluzione di continuità, in relazione a quanto trattato in precedenza. Inoltre, la vicinanza con il molo porto pozzo e l'accesso carrabile all'isola, rende la posizione strategica per l'accoglienza degli ospiti in arrivo dalla terraferma e degli ospiti in arrivo dal mare. Le aree sono state posizionate in prossimità degli assi distributivi principali, in modo tale da garantire agli utenti indipendenza e accessibilità, rispettando le condizioni di sicurezza. Tali assi permettono di raggiungere le attrazioni principali, mantenendo la distanza necessaria ad assicurare la pace del luogo e la privacy degli ospiti. In rosso si sono evidenziati gli elementi di pertinenza del *glamping*, dall'identificazione del polo a quella delle singole aree e dell'unità base, nucleo organizzativo dove avranno luogo le funzioni gestionali dei servizi.

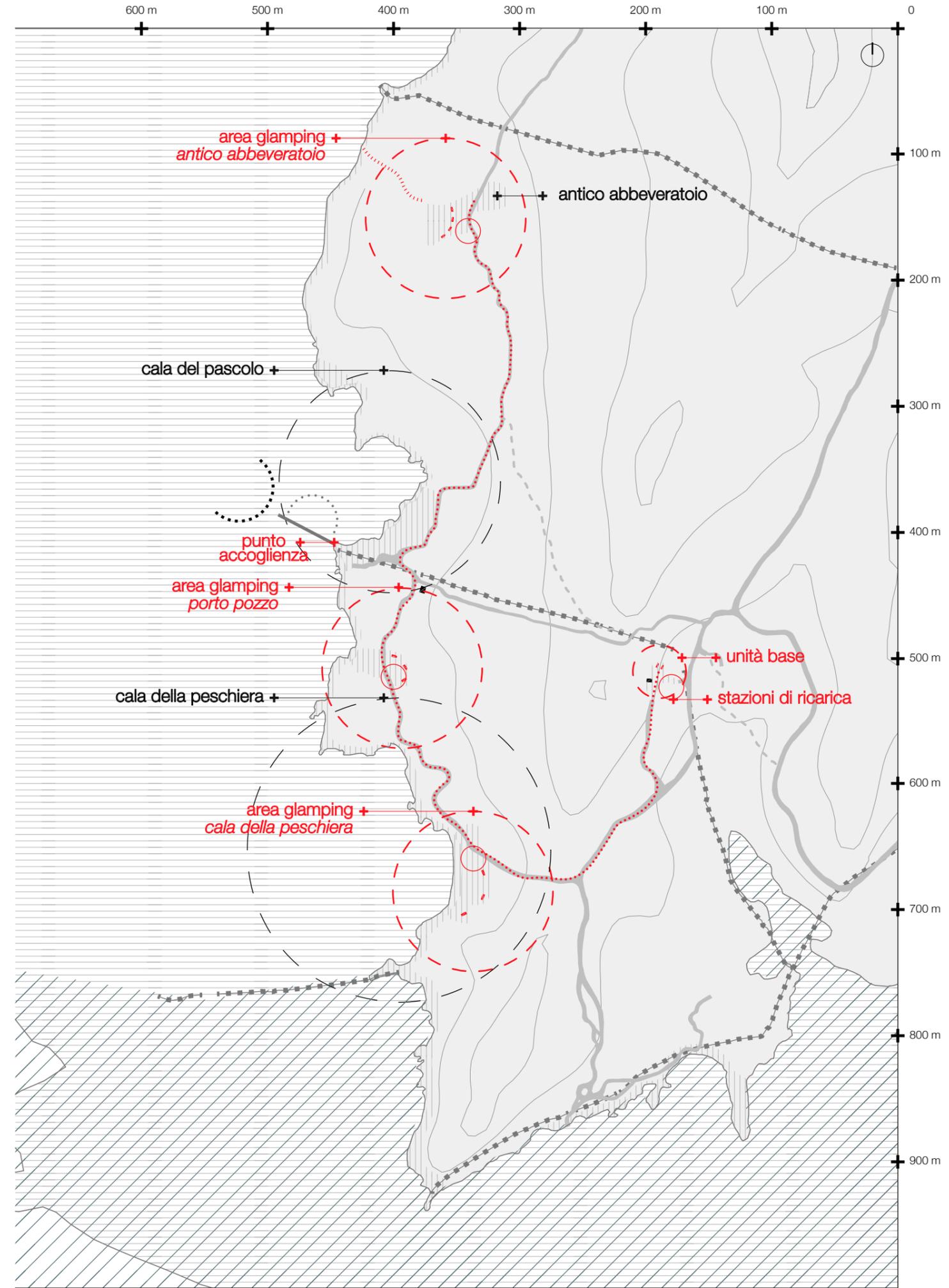


## 7.2 / Masterplan polo glamping

Nell'approfondimento della pianificazione del polo *glamping* si è posta maggiore attenzione allo sviluppo e il posizionamento delle singole aree, denominate *area glamping antico abbeveratoio*, *porto pozzo* e *cala del pascolo*, in relazione alla vicinanza con i rispettivi punti notevoli. La localizzazione non è lasciata al caso, ma si sono ricercati punti dall'aspetto pianeggiante e che non fossero ricoperti da macchia mediterranea, in modo da ridurre al minimo l'invasività dell'insediamento. Le tre aree si sviluppano lungo un unico asse stradale, che collega dal punto di vista spaziale e funzionale l'unità base ai tre nuclei, in modo che la gestione della struttura e degli annessi servizi siano più efficaci. L'unità base ospiterà gli uffici, la cucina e alcune stazioni di ricarica per i veicoli. La scelta di posizionare un numero di centri limitato, e di orientarli lungo la stessa direttrice è stata operata principalmente per evitarne un'eccessiva dispersione, che implicherebbe maggiori sforzi di coordinamento delle attività, in termini economici e di manodopera. Le singole unità abitative si sono posizionate in prossimità della strada, per facilitarvi l'accesso evitando agli utenti di dover attraversare la macchia - che può essere inospitale e disorientante - mantenendo contemporaneamente lo stretto contatto con la natura. Ciononostante, si prevede di mantenere una distanza minima tale da schermare i rumori delle vetture di passaggio, sebbene il traffico sia ridotto. Le aree *cala della peschiera* e *porto pozzo* si trovano in prossimità della costa, facilmente accessibile dalle unità abitative, che vi si affacciano ma sono posizionate ad una distanza sufficiente da garantire le condizioni di sicurezza nei picchi di alta marea. L'area *antico abbeveratoio* è situata in prossimità dell'omonimo specchio d'acqua, e si colloca in una parte più interna dell'isola, in uno spiazzo circondato dalla macchia mediterranea. Pertanto, si rende possibile l'accesso diretto alla spiaggia con la pianificazione di un nuovo percorso pedonale, realizzato secondo le modalità previste dalla normativa.

Di seguito si riportano i segni grafici per interpretare l'elaborato; nella pagina successiva alcuni estratti dell'ortofoto 2023 per osservare più accuratamente le aree oggetto di intervento.

|                                                                                                        |                                                                                                                    |                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  accesso            |  zona umida                     |  asse / glamping                      |
|  strada sterrata    |  macchia mediterranea           |  glamping                             |
|  sentiero           |  terreno incolto                |  infrastrutture / energia rinnovabile |
|  muretto a secco    |  spiaggia raggiungibile a piedi |  edificio in progetto                 |
|  edificio esistente |  ormeggio                       |  sentiero in progetto                 |



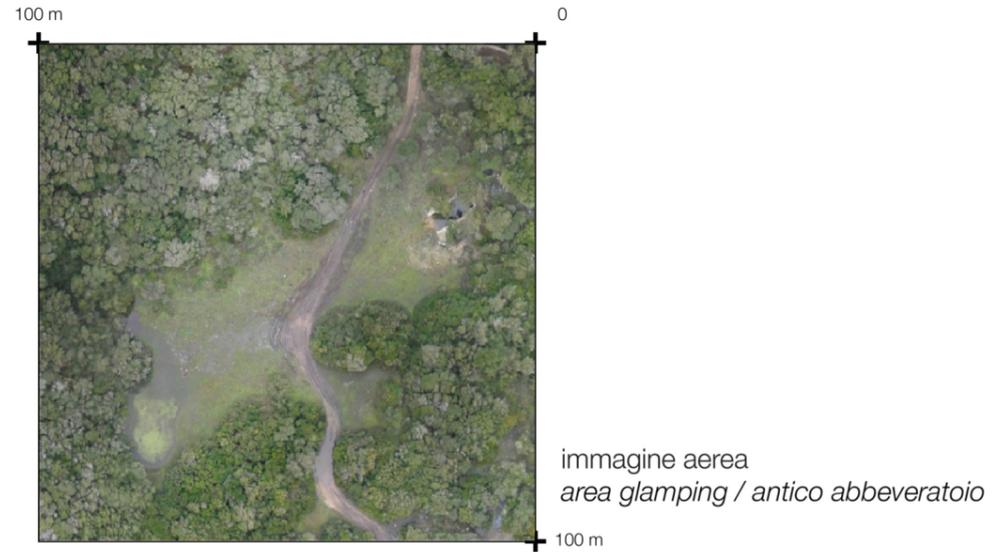


immagine aerea  
area glamping / antico abbeveratoio



immagine aerea  
area glamping / porto pozzo

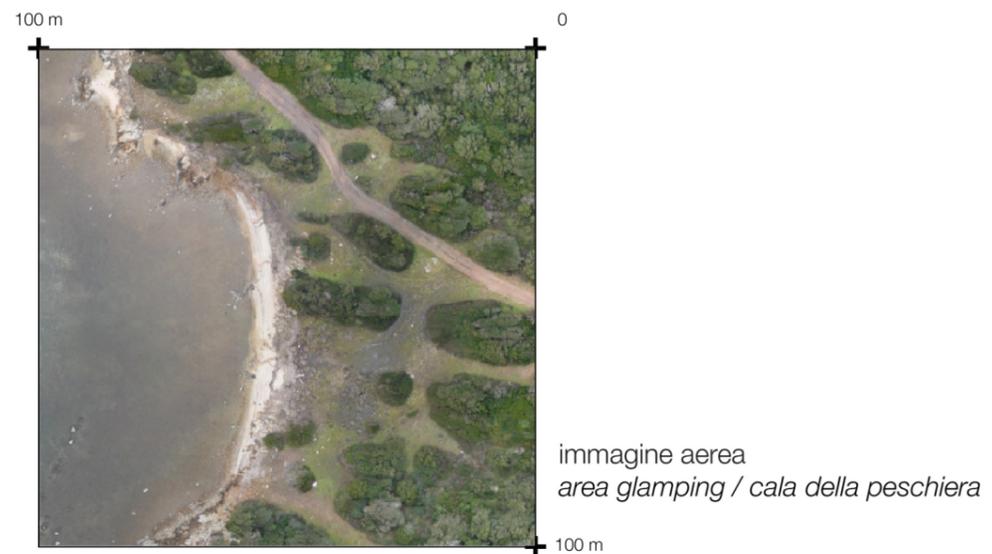
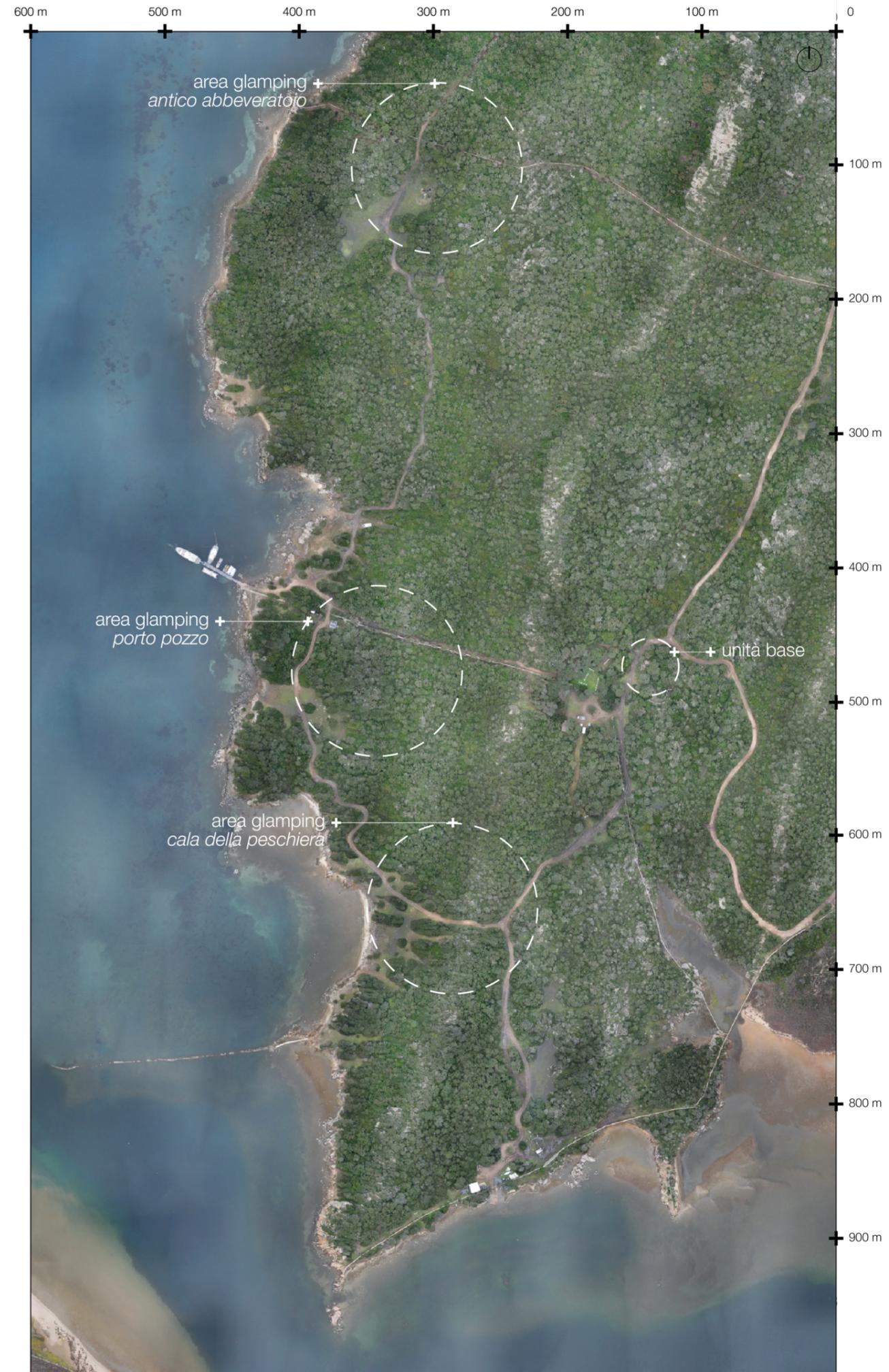
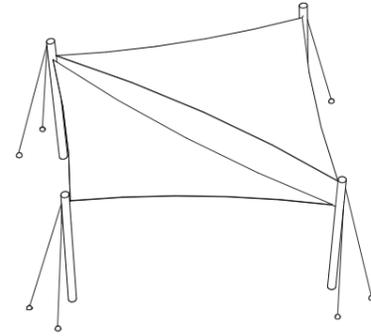
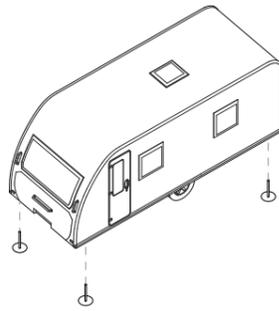


immagine aerea  
area glamping / cala della peschiera

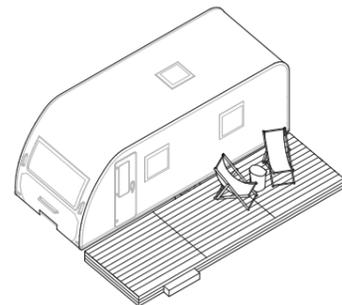


**Abaco**

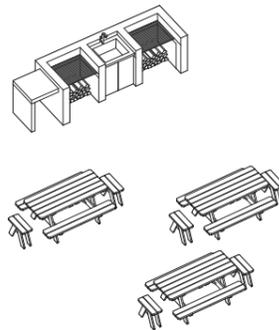
Tende a vela



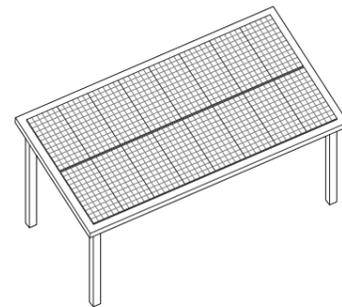
Caravan



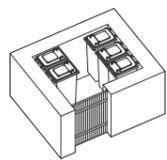
Patio



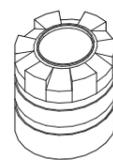
Spazi comuni



Pannelli fotovoltaici



Area ecologica



Cisterne

**7.3 / Definizione del progetto**

Il passo successivo è rappresentato dall'approfondimento del disegno delle aree *glamping*, strettamente legato alla tipologia di unità abitativa. Le indagini condotte e riportate nel capitolo 5 / *Strategie*, hanno orientato la scelta verso l'inserimento di *caravan*, preferenza dettata da diversi fattori. In primo luogo per i limiti imposti dalla normativa, che consentono esclusivamente l'uso di strutture mobili e di facile rimozione. In secondo luogo vi è un vantaggio economico non solo in fase di acquisto e installazione del singolo modulo, ma anche nel momento in cui si permette di eludere costi aggiuntivi relativi ad infrastrutture idrico-sanitarie e filiera produttiva, che nel caso di altre tipologie abitative peserebbero notevolmente sull'importo dei lavori. In terza istanza, si è optato per l'utilizzo di *caravan* al fine di proporre una soluzione in continuità formale con quanto già presente sull'isola, formalizzando un'offerta coerente con l'identità del marchio, implementata secondo alcuni aspetti. Di conseguenza si è posta particolare attenzione al disegno degli spazi esterni, delineando uno schema comune alle tre aree che funge da filo conduttore, con l'obiettivo di realizzare luoghi in cui la funzionalità sia compatibile con il comfort. Ciascuna area *glamping* è composta da 3 o 4 *caravan*, disposti con orientamento semicircolare, talvolta separati con l'uso della vegetazione per disegnare uno spazio più privato. In ogni comunità si erige una tettoia con una duplice funzione: quella di sorreggere la rete di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia da fonte rinnovabile, e quella di copertura per gli spazi tecnici, che ospitano l'area ecologica, le batterie di accumulo e i serbatoi d'acqua - che integrano quelli già presenti nei *caravan*. Questi espedienti consentono di rendere le unità autosufficienti e autonome, e di non doversi ricollegare alla rete di distribuzione idrica ed energetica, interventi più invasivi sul terreno. Per quanto riguarda l'approvvigionamento di acqua, si dovranno rifornire i serbatoi con cadenza regolare, come già avviene per gli stazzi, poichè non si possono sfruttare sistemi di recupero dell'acqua piovana o di desalinizzazione dell'acqua di mare. Gli spazi comuni sono attrezzati con comode sedute, tavoli e piccole cucine esterne, in condivisione tra gli ospiti, insieme ad un sistema di illuminazione notturna con luci solari. Gli spazi privati, ovvero i *caravan*, sono dotati di un patio in legno che amplia la zona giorno verso l'esterno. Per frenare i rimorchi e preservare la qualità delle ruote, si sfruttano dei cavalletti che permettono di sopraelevarli durante lo stazionamento. Le unità sono interamente esposte alla luce del sole, che comporta un forte rialzo della temperatura interna rendendo i sistemi energivori in termini di domanda di raffrescamento. Pertanto, si propone una soluzione che prevede il disegno di un sistema di tende, realizzate con una tensostruttura modulare, che consente l'ombreggiamento delle strutture e il raffrescamento passivo degli ambienti.

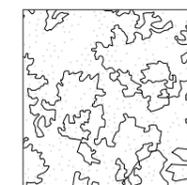
#### 7.4 / Elaborati

Nelle pagine successive si riportano le planimetrie e le viste tridimensionali illustrative del progetto delle tre aree. Tutte le scelte progettuali sono mirate a ridurre il più possibile l'impronta dell'intervento, con l'adozione di soluzioni reversibili, leggere e poco invasive sul terreno. Inoltre, si sono implementate soluzioni volte al miglioramento delle unità abitative, in quanto energivore, per un uso più sostenibile delle risorse. Tutte le aree sono arricchite da un sistema di tende a vela, che permette di ombreggiare le strutture e gli spazi comuni, fornendo un riparo dal caldo estivo. Tale sistema è realizzato con una tensostruttura modulare in acciaio e drappi di tessuto. I pilastri sorreggono la struttura e, grazie all'accoppiamento con luci solari, divengono anche funzionali per l'illuminazione notturna, tutt'ora assente. Le tettoie che ospitano i pannelli fotovoltaici sono realizzate in legno e sono direzionate verso sud-ovest, al fine di orientare i pannelli solari in direzione ottimale rispetto all'incidenza dei raggi. Le energie rinnovabili sono soggette a variazioni di disponibilità, per la loro natura imprevedibile e non programmabile. Pertanto, si inseriscono sistemi di accumulo per immagazzinare l'elettricità e renderla disponibile nei momenti di necessità. Gli spazi comuni sono arredati per incentivare lo stare all'aria aperta, sfruttando i momenti di riposo dalle escursioni sull'isola.

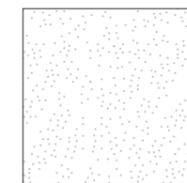
L'area *glamping antico abbeveratoio* è pensata per i gruppi di amici, scelta che si riflette anche nella scelta dei modelli di *caravan* inseriti. E' uno spazio che invita alla socialità, sottolineato dalla disposizione delle unità abitative a semicerchio e l'assenza di vegetazione come a creare una sorta di grande piazza. L'area *glamping porto pozzo*, vicina all'omonimo punto di attracco, appare invece come un luogo più privato, in cui i *caravan* sono separati dalla vegetazione, in parte sfruttando il disegno già presente, in parte prevedendo nuove piantumazioni di specie arboree tipiche della macchia mediterranea. Per la posizione centrale, la vicinanza con la spiaggia e la versatilità degli spazi, più riservati o pubblici a seconda dell'uso, è dedicata a famiglie con bambini. L'area *glamping cala della peschiera* è quella caratterizzata da una maggiore *privacy*, per la posizione periferica rispetto al centro dell'isola e le attrazioni, prossima alla zona umida. Inoltre, si creano spazi più intimi poichè le unità abitative sono circondate dalla vegetazione, a creare un vero e proprio ritiro nella natura.

Gli elaborati presentati nelle pagine a seguire mostrano il *layout* interno delle unità abitative, il disegno degli spazi esterni e del sistema tendato, ponendo particolare attenzione alla rappresentazione del terreno, in modo da agire nel rispetto del contesto naturale.

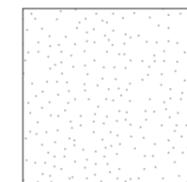
#### Rappresentazione del terreno



Macchia mediterranea



Gariga



Spiaggia

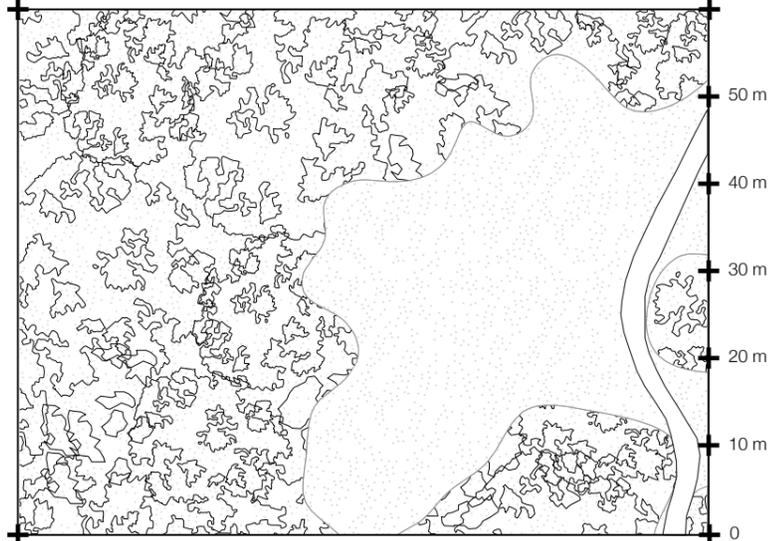


Mare

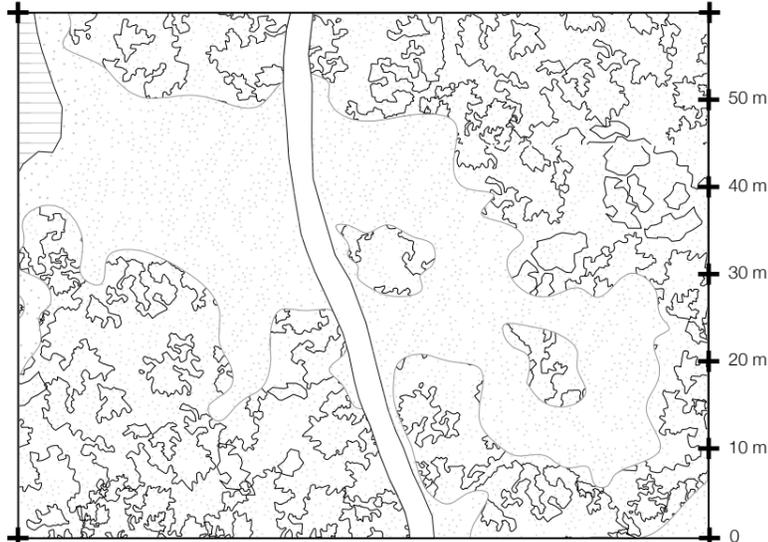
**Gestione della vegetazione**

Di seguito si riportano le modifiche relative alla gestione della vegetazione nelle aree di progetto. Talvolta si ricorre alla rimozione di specie arboree, per motivi di ottimizzazione degli spazi, mentre nel caso di nuove piantumazioni si intende designare uno spazio che garantisca le necessarie condizioni di *privacy*.

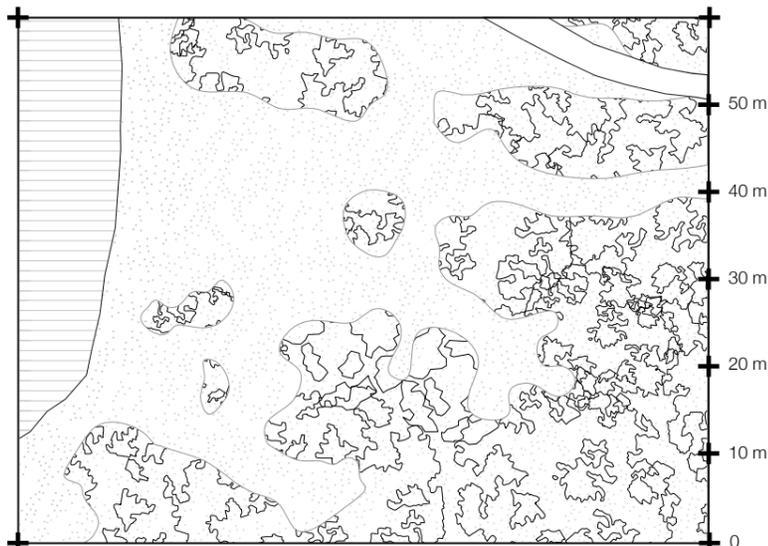
Stato di fatto



Area glamping  
Antico abbeveratoio

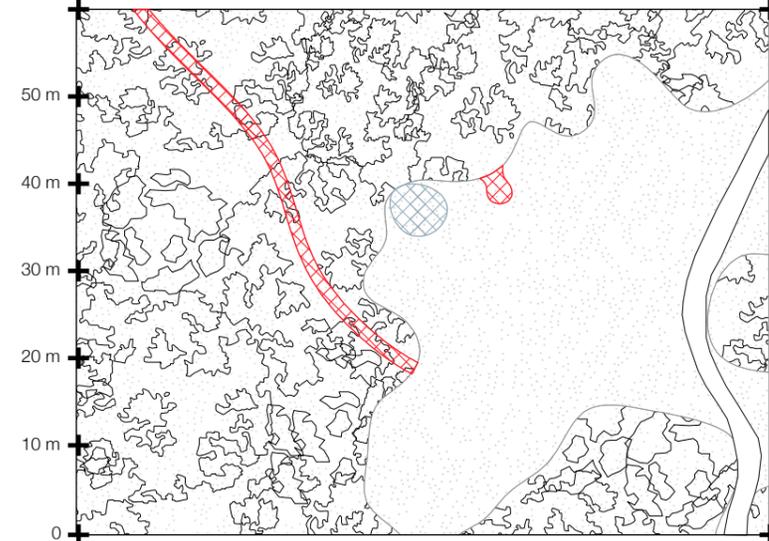


Area glamping  
Porto pozzo

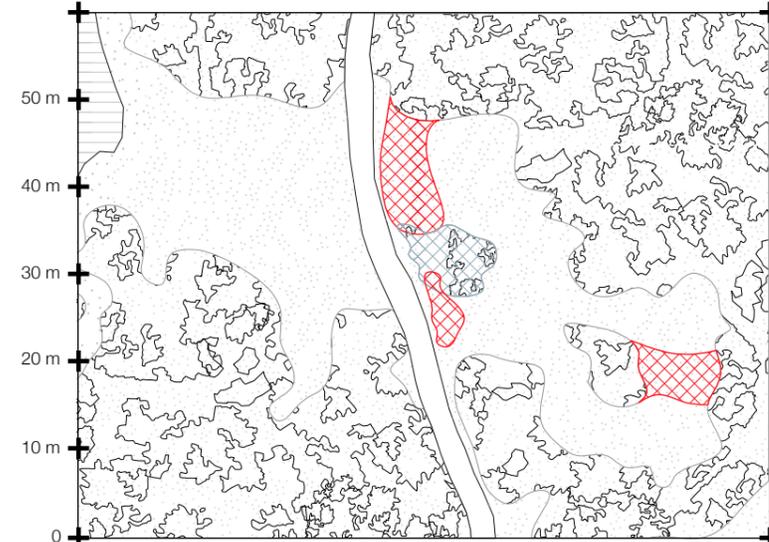


Area glamping  
Cala della peschiera  
/invariato

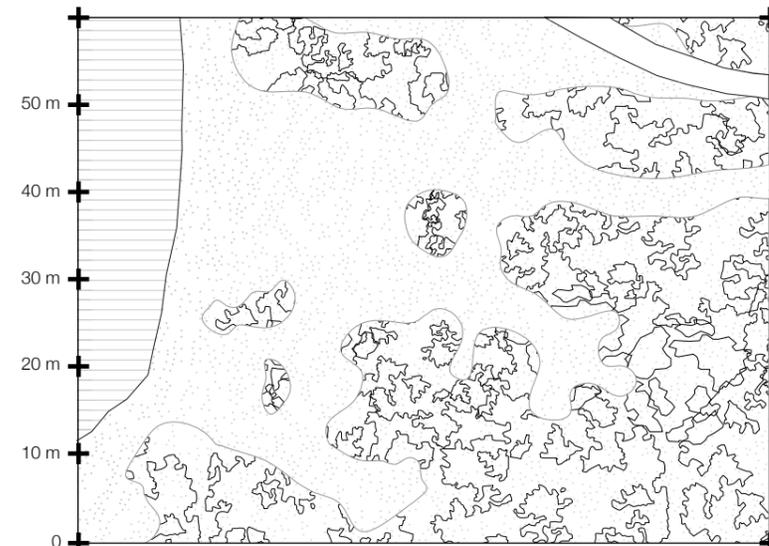
Progetto



Area glamping  
Antico abbeveratoio



Area glamping  
Porto pozzo



Area glamping  
Cala della peschiera  
/ invariato

 rimozione vegetazione
  nuova piantumazione

0 5 m 10 m 15 m 20 m 25 m 30 m 35 m 40 m 45 m 50 m 55 m 60 m 65 m 70 m 75 m

7.4 / Pianta / Area glamping antico abbeveratoio

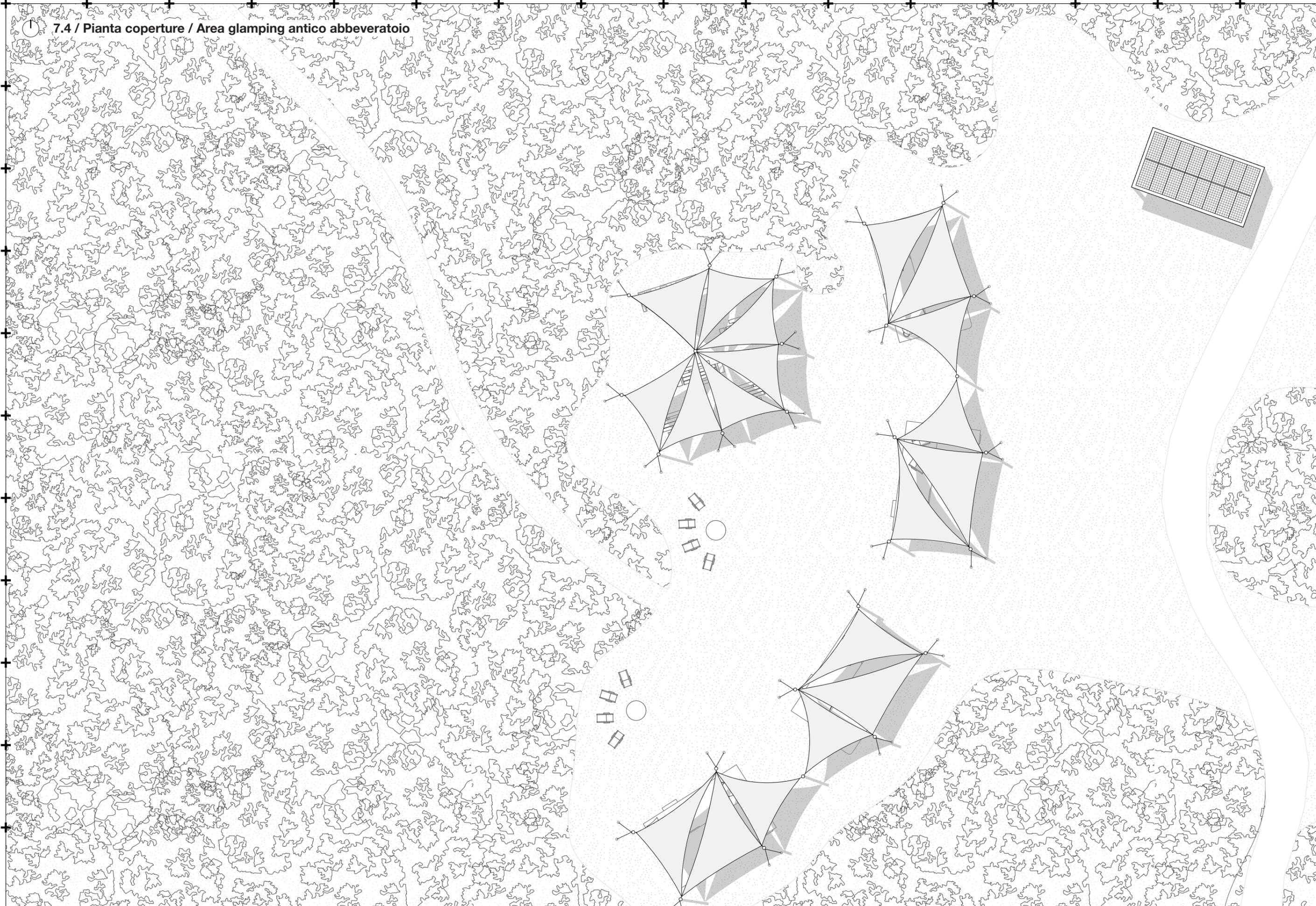
5 m  
10 m  
15 m  
20 m  
25 m  
30 m  
35 m  
40 m  
45 m  
50 m



0 5 m 10 m 15 m 20 m 25 m 30 m 35 m 40 m 45 m 50 m 55 m 60 m 65 m 70 m 75 m

7.4 / Pianta coperture / Area glamping antico abbeveratoio

5 m  
10 m  
15 m  
20 m  
25 m  
30 m  
35 m  
40 m  
45 m  
50 m

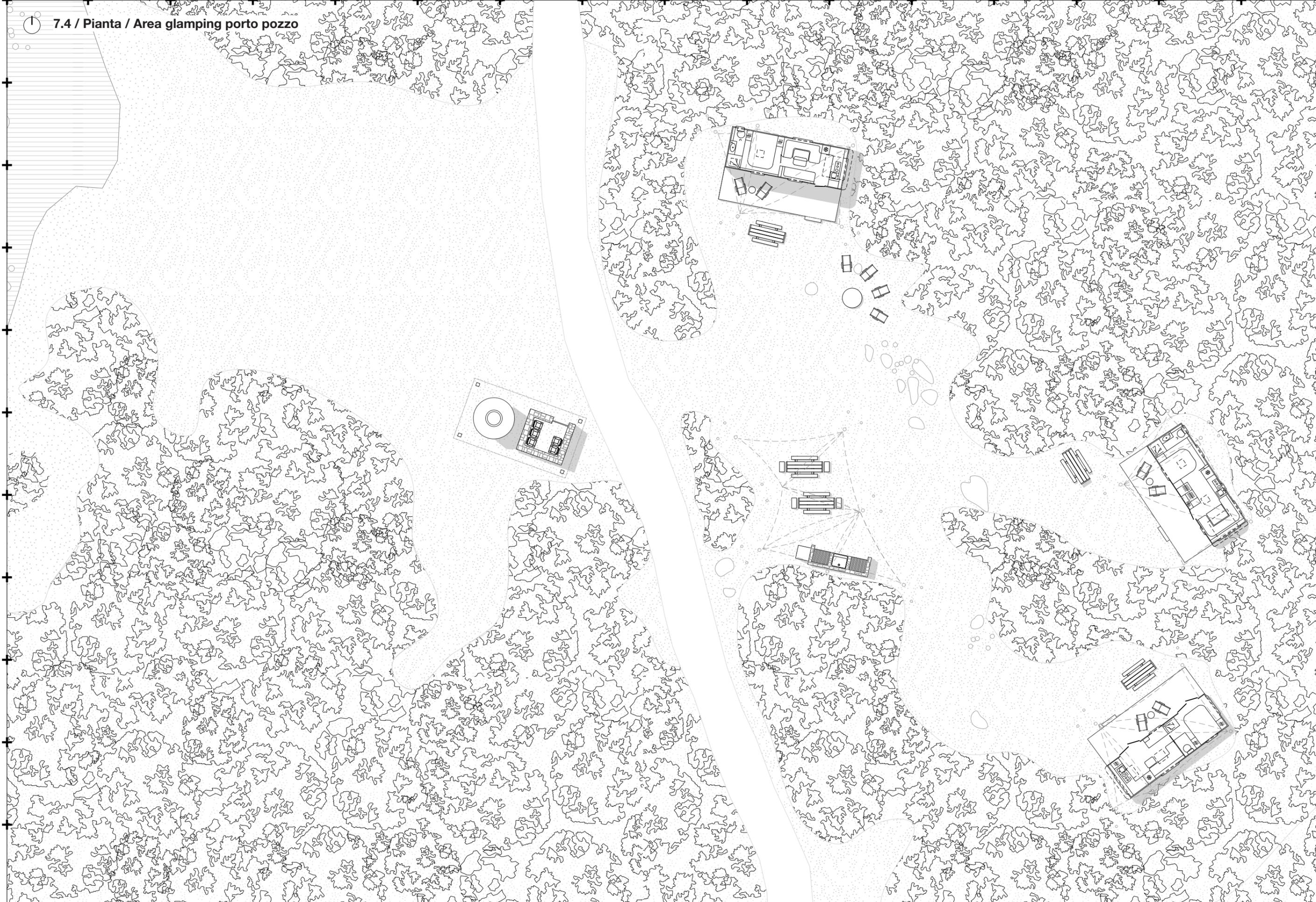




0 5 m 10 m 15 m 20 m 25 m 30 m 35 m 40 m 45 m 50 m 55 m 60 m 65 m 70 m 75 m

7.4 / Pianta / Area glamping porto pozzo

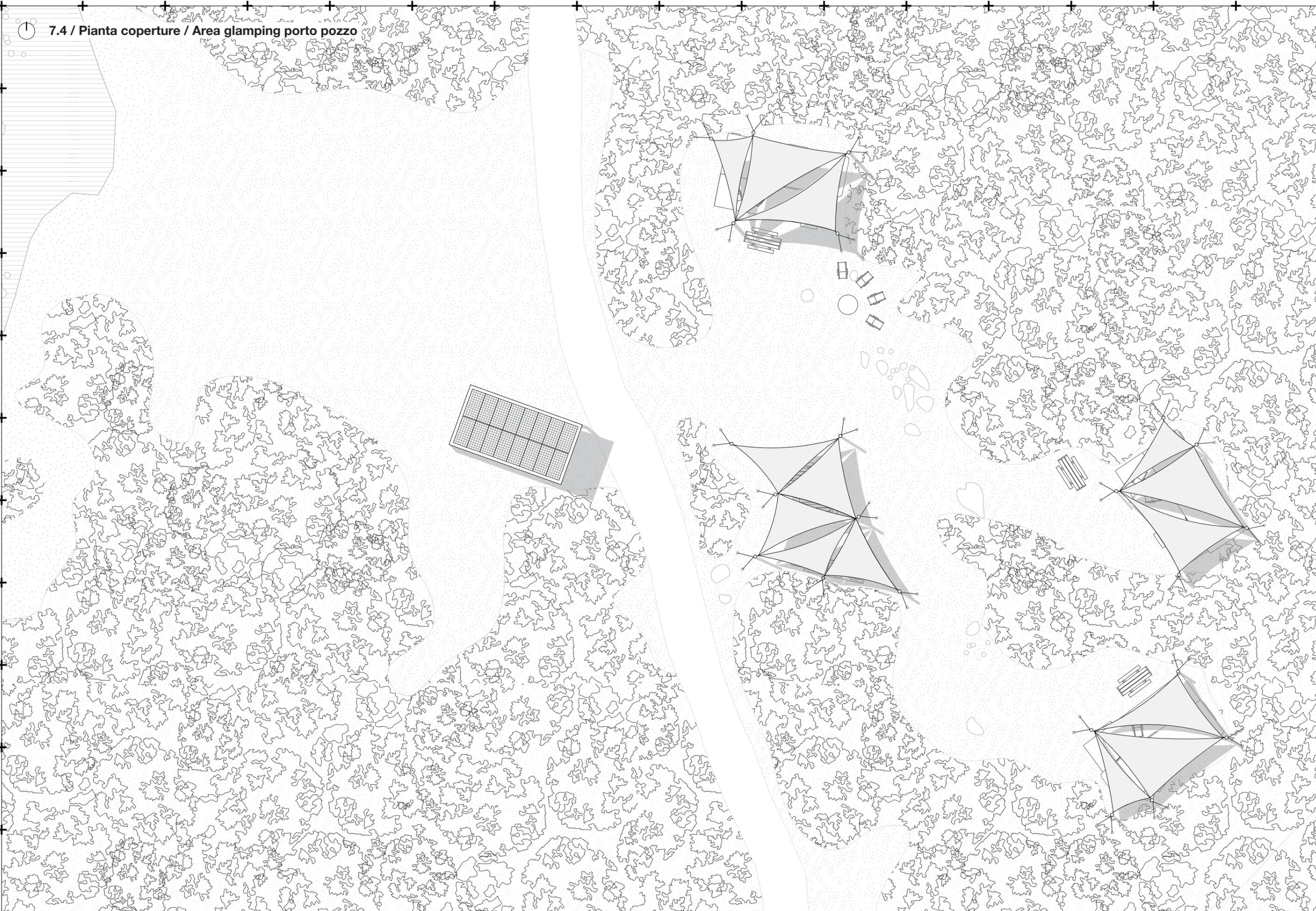
5 m  
10 m  
15 m  
20 m  
25 m  
30 m  
35 m  
40 m  
45 m  
50 m



0 5 m 10 m 15 m 20 m 25 m 30 m 35 m 40 m 45 m 50 m 55 m 60 m 65 m 70 m 75 m

7.4 / Pianta coperture / Area glamping porto pozzo

5 m  
10 m  
15 m  
20 m  
25 m  
30 m  
35 m  
40 m  
45 m  
50 m



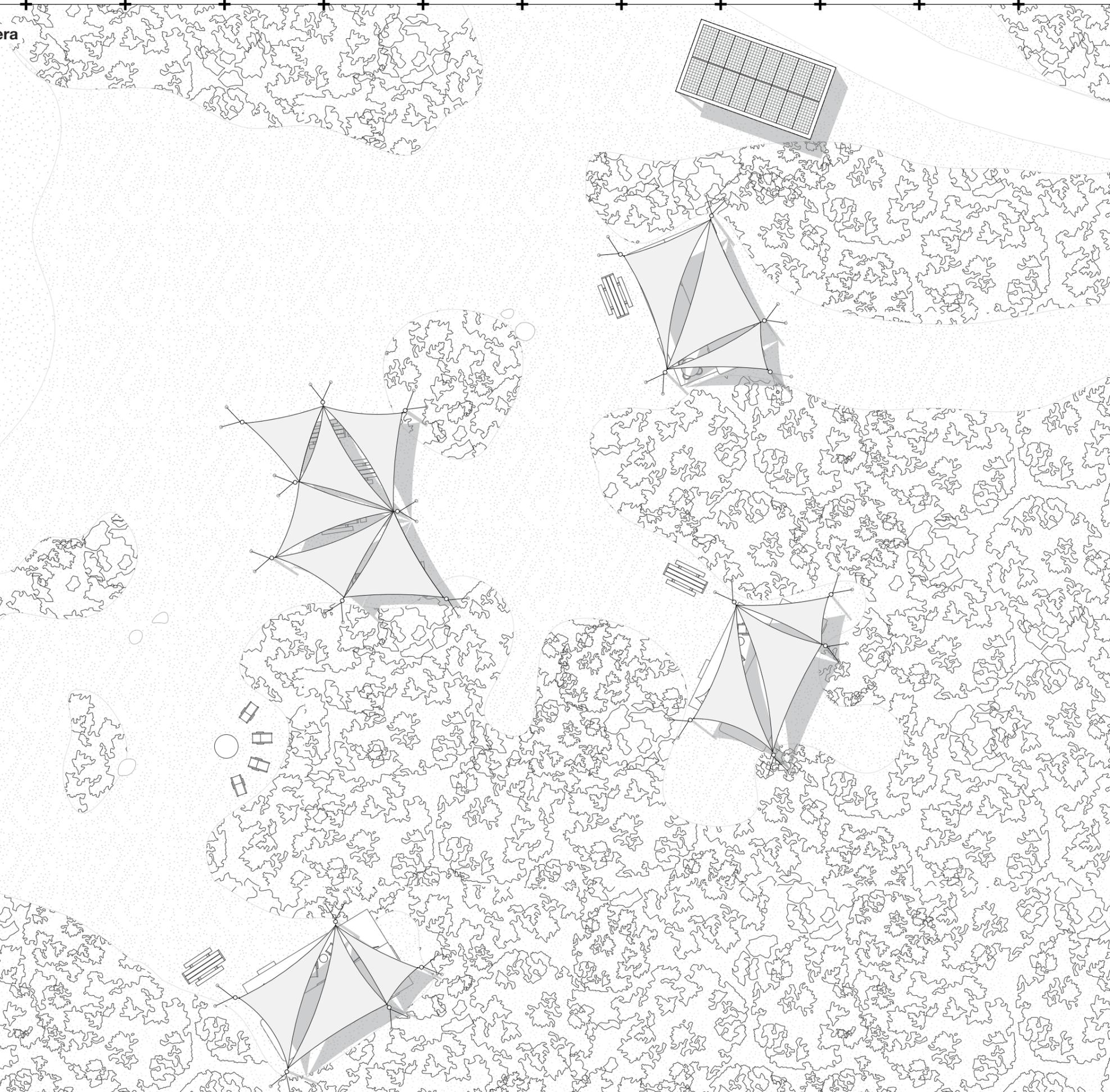




0 5 m 10 m 15 m 20 m 25 m 30 m 35 m 40 m 45 m 50 m 55 m 60 m 65 m 70 m 75 m

7.4 / Pianta coperture / Area glamping cala della peschiera

5 m  
10 m  
15 m  
20 m  
25 m  
30 m  
35 m  
40 m  
45 m  
50 m





7.4 / Vista 3D / Area glamping cala della peschiera

08

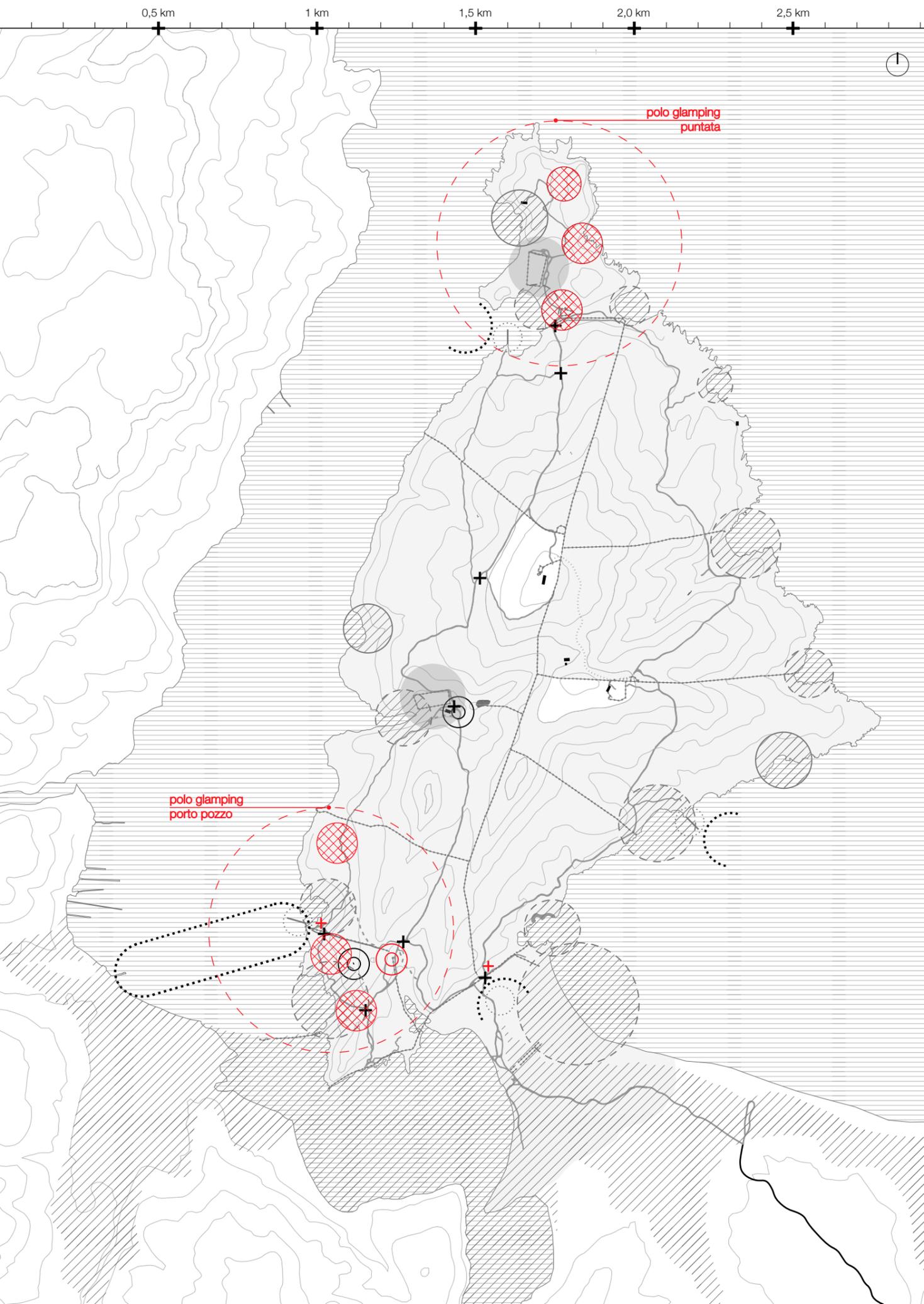
## Conclusioni

---

8.1 / Prospettive

8.2 / Bibliografia

8.3 / Abaco immagini



### 8.1 / Prospettive

Il progetto di tesi ha perseguito l'obiettivo di conoscere e rappresentare in maniera approfondita l'isola di Culuccia, analisi funzionale alla proposta di un progetto compatibile con le esigenze del territorio. Il prolungato stato di spopolamento e la ridotta presenza antropica nel tempo hanno permesso alla flora e la fauna di svilupparsi indisturbate, dando vita ad un luogo caratterizzato da un enorme patrimonio naturalistico, in ambiente marino e sulla terraferma. La salvaguardia degli ecosistemi è una priorità espressa non solo dalla normativa - che tutela rigidamente l'area - ma anche dai proprietari, che mirano ad uno sviluppo del territorio che ne pone in primo piano una fruizione sostenibile. L'opportunità di conoscere dal vivo questa realtà, partecipando alla missione del Team DIRECT di giugno 2023, ha permesso di conoscere in maniera approfondita questo luogo unico nel suo genere, di comprenderne i punti di forza ma anche le criticità. L'elaborazione di fotogrammi storici ha supportato la comprensione degli eventi che hanno disegnato il territorio. Utilizzando moderni strumenti per il rilievo metrico si è potuta rappresentare in maniera dettagliata la morfologia dell'isola riportando lo stato di fatto attuale. Tutti questi passaggi funzionali all'analisi conoscitiva del contesto di intervento hanno consentito di ragionare con una maggiore consapevolezza sui possibili scenari futuri. Sviluppando parallelamente un'accurata analisi di casi studio di riferimento e delle modalità di applicazione si è potuto delineare uno scenario progettuale in ambito ricettivo, finalizzato alla valorizzazione dell'area secondo modalità compatibili con il vincolo normativo e l'identità del luogo. Il processo progettuale ha poi preso forma nel disegno di un polo *glamping*, suddiviso in tre aree, concentrate nella parte sud-ovest dell'isola, in prossimità della laguna di porto pozzo. L'obiettivo principale è stato quello di ridurre il più possibile l'impronta dell'intervento, adottando soluzioni reversibili e poco invasive, ricorrendo all'uso di unità abitative complete e su ruote, rese autosufficienti dal punto di vista energetico con la produzione in loco di energia da fonte rinnovabile, e adottando strategie di efficientamento energetico (riducendo la domanda di energia legata al raffrescamento) sfruttando sistemi di ombreggiamento. Si coglie ora l'occasione di ampliare le prospettive analizzate fino ad ora, con la proposta del posizionamento di un secondo polo *glamping* in puntata, area di grande valore paesaggistico, aprendo così ad altri scenari. In conclusione, la tutela e la valorizzazione dell'isola di Culuccia richiedono sforzi notevoli, collaborazione e una visione a lungo termine, elementi fondamentali per preservarne la surreale bellezza e trasmettere tale ricchezza incontaminata alle nuove generazioni.

## **8.2 / Ringraziamenti**

Concludiamo questo percorso universitario ringraziando tutte le persone che ci hanno accompagnato in questi anni, e soprattutto coloro che, durante questi mesi, hanno contribuito al raggiungimento di questo traguardo. Ringraziamo il nostro relatore, il professor Filiberto Chiabrando, per il costante supporto che ci ha fornito in questi mesi, guidandoci con disponibilità e passione in questo percorso. Ringraziamo la nostra correlatrice, la professoressa Elena Vigliocco, che ci ha seguiti offrendoci un prezioso supporto in tutto il percorso progettuale, spronandoci a migliorare il nostro lavoro, e il nostro correlatore Andrea Maria Lingua, per l'entusiasmo nell'accompagnarci in missione sull'isola.

Ringraziamo il Team DIRECT per averci coinvolti nella missione sull'isola di Culuccia, permettendoci di sperimentare la materia sul campo e di conoscere da vicino un luogo così unico nel suo genere, su cui si è sviluppato il progetto di tesi.

Ringraziamo Marco e Stella Boglione per averci ospitato sulla loro Culuccia, accogliendoci con cordialità e mostrandoci le particolarità dell'isola e i suoi dintorni.

Vogliamo ringraziare Sabrina Rossi, che ci ha accompagnati nel percorso di conoscenza del territorio, raccontandoci l'isola con la sua grande competenza e passione contagiosa.

Infine, vogliamo altresì ringraziare sinceramente tutti coloro che hanno partecipato fornendo il loro prezioso tempo e risorse per la realizzazione di questo progetto di tesi.

**Bibliografia:**

- Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.3, 2023.
- Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.2, 2022.
- Christopher A. Craig, Ismail Karabas, *Glamping after the coronavirus pandemic*, Sage journals, Tourism and Hospitality Research, 2021.
- Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.1, 2021.
- Rebecca Roke, *Mobitecture. Architettura in movimento*, Phaidon, 2017.
- Marcello Bolognesi, *La fotogrammetria digitale e la computer vision per l'ingegneria civile: teoria e casi studio*, Tesi di dottorato, Università degli studi di Ferrara, 2015, rel.: Paolo Russo.
- Paolo Nannini, *La fotografia aerea da aquilone per l'archeologia*, in *Archeologia Aerea 9'15*, Claudio Grenzi Editore, 2015.
- Attilio Selvini, *Edoardo De Orel, la fotogrammetria diventa adulta*, in *GEO-media*, 2013
- Renato Cannarozzo, Lanfranco Cucchiari, William Meschieri, *Misure, Rilievo, Progetto*, Zanichelli editore, 2012.
- Paolo Giardello, *Smallness. Abitare al minimo*, CLEAN, 2009.
- Mario Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004.
- Cherubino Gambardella, *La casa mobile. Nomadismo e residenza dall'architettura al disegno industriale*, Electa Napoli, 1995.
- Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Sassari, *Problemi e prospettive della Gallura*, 1970.

**Sitografia:**

- Adria Mobil, *Caravan Adora*: <https://it.adria-mobil.com/caravan/adora> (consultato a luglio 2023).
- Adria Mobil, *Caravan Astella*: <https://it.adria-mobil.com/caravan/astella> (consultato a luglio 2023).
- *Campeggio a tutto comfort, è il boom del Glamping*, Direzione Ansa: [https://www.ansa.it/canale\\_lifestyle/notizie/design\\_giardino/2017/08/11/campeggio-a-tutto-comfort-e-il-boom-del-glamping\\_d3ef168a-e606-4b4d-bb50-a-a13eed83418.html](https://www.ansa.it/canale_lifestyle/notizie/design_giardino/2017/08/11/campeggio-a-tutto-comfort-e-il-boom-del-glamping_d3ef168a-e606-4b4d-bb50-a-a13eed83418.html) (consultato a ottobre 2023).
- *Consorzio Costa Smeralda*: <https://www.consorziocostasmeralda.com/> (consultato a luglio 2023).
- *Culuccia*: <https://www.culuccia.com/project> (consultato a maggio 2023).
- Diletta Bracchini, *Glamping e turismo, tra eco-design, sostenibilità e lifestyle*, Teknoring: <https://www.teknoring.com/news/paesaggio/glamping-tendenza-turismo-sostenibile/> (consultato a ottobre 2023).
- *DJI*: <https://enterprise.dji.com/it/matrice-300> (consultato a ottobre 2023).
- *Ecocapsule*: <https://www.ecocapsule.sk/> (consultato a luglio 2023).
- Enciclopedia Treccani, voce "geomàtica": <https://www.treccani.it/enciclopedia/geomatica/> (consultato a settembre 2023).
- Eric Baldwin, *Third Nature Creates Conical Cabins for Adventure Park in Japan*, Archdaily: [https://www.archdaily.com/943161/third-nature-creates-conical-cabins-for-adventure-park-in-japan?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/943161/third-nature-creates-conical-cabins-for-adventure-park-in-japan?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all) (consultato a maggio 2023).
- *Find Sanctuary*: <https://findsanctuary.com/> (consultato a luglio 2023).
- *FriLand*: <https://fri.land/> (consultato a luglio 2023).
- *Fotogrammetria: che cos'è, come funziona e a cosa serve*, Focus Namirial:

<https://focus.namirial.it/fotogrammetria-che-cos-e-come-funziona/> (consultato a settembre 2023).

- Hana Habel, *Tenir Eco Hotels / Levelstudio*, Archdaily: [https://www.archdaily.com/957188/tenir-eco-hotels-levelstudio?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/957188/tenir-eco-hotels-levelstudio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) (consultato a maggio 2023).
- Laura Ragazzola, *Sulle Alpi, un eco-bivacco per il glamping*, Domus Web: <https://www.domusweb.it/it/architettura/gallery/2019/11/12/la-tenda-pre-fabbricata-per-immersersi-nella-natura.html> (consultato a luglio 2023).
- María Francisca González, *SJCC Glamping Resort / Atelier Chang*, Archdaily: [https://www.archdaily.com/897979/sjcc-glamping-resort-atelier-chang?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/897979/sjcc-glamping-resort-atelier-chang?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) (consultato a maggio 2023).
- Paula Pintos, *Banyan Tree AlUla Resort / AW2 architecture & interiors*, Archdaily: <https://www.archdaily.com/992173/banyan-tree-alula-resort-aw2-architecture-and-interiors> (consultato a maggio 2023).
- *Parco Nazionale di Yellowstone*, Wikipedia: [https://it.wikipedia.org/wiki/Parco\\_nazionale\\_di\\_Yellowstone](https://it.wikipedia.org/wiki/Parco_nazionale_di_Yellowstone) (consultato a maggio 2023).
- *Riserva Naturale Regionale Sentina*: <https://www.riservasentina.it/> (consultato a maggio 2023).
- *Piano Paesaggistico Regionale*: <https://www.sardegнатerritorio.it/pianificazione/pianopaesaggistico/> (consultato a maggio 2023).
- *L'evoluzione della Fotogrammetria con i droni RTK/PPK*: <https://www.rivista-geomedia.it/2022011817589/Rilievo-e-localizzazione/l-evoluzione-della-fotogrammetria-con-i-droni-rtk-ppk>
- *Renzo Piano, Diogene*, Domus Web: [https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/06/13/renzo\\_piano\\_diogene.html](https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/06/13/renzo_piano_diogene.html) (consultato a luglio 2023).
- Robin Falck, *Nido*: <http://robinfalck.com/nido> (consultato a luglio 2023).
- *Sardegna Geoportale*: <https://www.sardegnageoportale.it/> (consultato a maggio 2023).

- *Space of Mind*: <https://www.spaceofmind.fi/> (consultato a luglio 2023).

- *Starsbox*: <https://www.starsbox.it/> (consultato a luglio 2023).

- 

- University of Helsinki, *The Suomenlinna Project: Sustainable world heritage learning through a phenomenon based approach*: <https://researchportal.helsinki.fi/en/projects/the-suomenlinna-project-sustainable-world-heritage-learning-throu> (consultato a maggio 2023).

#### **Altre fonti:**

- Dispense del Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura, Prof. Filiberto Chiabrando, A.A. 2019-2020.
- Dispense di Droni per il rilievo territoriale e architettonico, Proff. Filiberto Chiabrando e Andrea Maria Lingua, A.A. 2019-2020
- Testimonianze orali / Sabrina Rossi.

#### **Cap. 1** Pagine 26-27

1/2. Fotografia scattata dai candidati

3/4/5/6. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.1, 2021

7. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.2, 2022

8/9/10/11/12/13/14. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.1, 2021

15. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.3, 2023

16. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.2, 2022

17/18. Fotografie scattata dai candidati

19. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.3, 2023

20/21/22/23. Team DIRECT

24/25. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.3, 2023

26/27. Team DIRECT

Pagina 28

28/29. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.3, 2023.29. Berta maggiore (*L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, n. 3)

30. ([www.ponderat.eu](http://www.ponderat.eu))

31/32. Osservatorio di Culuccia, *L'Approdu Gazzetta di Culuccia*, Basicedizioni, n.3, 2023.

**Cap. 2** Pagina 44

33. Mario Gomarasca, *Elementi di Geomatica*, Associazione italiana di rilevamento, 2004

Pagine 48-49

34. Attilio Selvini, *Edoardo De Orel, la fotogrammetria diventa adulta*, in GEOmedia, 2013

35. Attilio Selvini, *Edoardo De Orel, la fotogrammetria diventa adulta*, in GEOmedia, 2013

36. Attilio Selvini, *Edoardo De Orel, la fotogrammetria diventa adulta*, in GEOmedia, 2013

Pagina 51

37. Renato Cannarozzo, Lanfranco Cucchiari, William Meschieri, *Misure, Rilievo, Progetto*, Zanichelli editore, 2012

Pagina 52

38. Renato Cannarozzo, Lanfranco Cucchiari, William Meschieri, *Misure, Rilievo, Progetto*, Zanichelli editore, 2012

Pagina 54

38. Renato Cannarozzo, Lanfranco Cucchiari, William Meschieri, *Misure, Rilievo, Progetto*, Zanichelli editore, 2012

Pagina 55

40. Dispense del Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura, Prof. Filiberto Chiabrando, A.A. 2019-2020

Pagine 56-57

41. Dispense del Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'ar-

chitettura, Prof. Filiberto Chiabrando, A.A. 2019-2020

42/43/44. Renato Cannarozzo, Lanfranco Cucchiari, William Meschieri, *Misure, Rilievo, Progetto*, Zanichelli editore, 2012

Pagine 60-61

45. <https://www.cheminsdememoire.gouv.fr/en/arthur-batut-museum-labruguiere>

46. Paolo Nannini, *La fotografia aerea da aquilone per l'archeologia*, in *Archeologia Aerea 9'15*, Claudio Grenzi Editore, 2015

47. <https://www.bild.bundesarchiv.de/dba/de/search/?query=Bild+183-R0199>

Pagina 62

48. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Patent\\_DE204721,\\_page\\_3.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Patent_DE204721,_page_3.png)

49. <https://www.rorhof.com/the-pigeon-photographer/>

Pagine 64-65

50/51. Dispense di Droni per il rilievo territoriale e architettonico, Proff. Filiberto Chiabrando e Andrea Maria Lingua, A.A. 2019-2020

52. *Immagine rielaborata* - Dispense di Droni per il rilievo territoriale e architettonico, Proff. Filiberto Chiabrando e Andrea Maria Lingua, A.A. 2019-2020

53. Dispense di Droni per il rilievo territoriale e architettonico, Proff. Filiberto Chiabrando e Andrea Maria Lingua, A.A. 2019-2020

**Cap. 3** Pagine 64-65

54/57. Team DIRECT

55/56. Fotografie scattate dai candidati

Pagina 71

58/59. Fotografie scattate dai candidati

Pagina 72

60/61. Screenshot estrapolati da elaborazioni di Metashape

Pagine 73-81

62/63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73. Screenshot estrapolati da elaborazioni di Metashape

Pagina 87

74. Screenshot estrapolato da vettorializzazione dei dati su Qgis

**Cap. 5** Pagine 150-151

75. <https://researchportal.helsinki.fi/en/projects/the-suomenlinna-project-sustainable-world-heritage-learning-throu>

76. [https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:Map\\_Yellowstone\\_National\\_Park.jpg](https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:Map_Yellowstone_National_Park.jpg)

77. <https://www.lastampa.it/viaggi/mondo/2017/02/04/news/lo-spettacolare-pozzo-dei-desideri-di-yellowstone-che-rischia-di-sparire-per-sempre-1.34647859/>

Pagine 152-153

78/79/80/81. <https://www.riservasentina.it/>

82/83/84. <https://www.archdaily.com/992173/banyan-tree-alula-resort-aw2-architecture-and-interiors>

Pagine 154-155

85/86. [https://www.archdaily.com/943161/third-nature-creates-conical-cabins-for-adventure-park-in-japan?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/943161/third-nature-creates-conical-cabins-for-adventure-park-in-japan?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all)

87/88. [https://www.archdaily.com/897979/sjcc-glamping-resort-atelier-chang?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/897979/sjcc-glamping-resort-atelier-chang?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)

Pagine 156-157

89/90/91. [https://www.archdaily.com/957188/tenir-eco-hotels-level-studio?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/957188/tenir-eco-hotels-level-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab)

92/93/94. <https://www.ecocapsule.sk/>

Pagine 158-159

95. <https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/06/13/renzo-piano-diogene.html>

96. <https://www.vitra.com/it-it/campus/architecture/architecture-diogene>

97. <https://www.infobuildenergia.it/progetti/diogene-tiny-house-auto-sufficiente-renzo-piano-vitra/>

Pagine 160-161

98/99. 16 <https://findsanctuary.com/>

100/101/102. <https://fri.land/>

Pagine 162-163

103/104. <https://www.domusweb.it/it/architettura/gallery/2019/11/12/la-tenda-prefabbricata-per-immersersi-nella-natura.html>

105/106/107. <http://robinfalck.com/nido>

Pagine 164-165

108/109/110/111. <https://www.spaceofmind.fi/>

112/113. <https://www.starsbox.it/>

Pagine 166-167

114/115/116. <https://it.adria-mobil.com/caravan/adora>

117/118/119. <https://it.adria-mobil.com/caravan/astella>

Dove non specificato, diagrammi ed elaborati sono da considerarsi di produzione degli autori della tesi.

