Comune di Santa Teresa Gallura

STUDIO GEO-AMBIENTALE FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DELLA CAPACITA' DI ACCOGLIENZA DELLA SPIAGGIA RENA BIANCA DEL COMUNE DI SANTA TERESA GALLURA

Committente:
Silene Multiservizi Surl

Amministratore Unico:
Gian Battista Sposito

CRITERIA

Città:RIcerche:TERritorio:Innovazione:Ambiente
via Cugia, 14 - 09129 Cagliari
tel. +39 070303583 - fax +39 070301180
criteria@criteriaweb.com - www.criteriaweb.com

Coordinamento delle prestazioni specialistiche

Dott. Geol. Maurizio Costa
(*direttore Tecnico*)

Costa Maurizio
Ordine dei Geologi
della Sardegna
Geologo
19.05.2023 15:15:44
GMT+01:00

GRUPPO DI LAVORO

Geologia e Geomorfologia
Geol. Antonio Pitzalis

Aspetti Geobotanici
Dott. Nat. Alessandro Ruggero

Aspetti Ambientali e Naturalistici
Biol. Patrizia Carla Sechi

Elaborazione Dati Fotogrammetrici
Dott. Geol. Andrea Soriga
Ing. Marco Pillosu

2 – RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

Rev.	Cod. Elaborato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
01	Studio Geomabientale	24/04/2023	A. Pitzalis A. Ruggero	M. Costa P. Sechi	M. Costa
02	Studio Geomabientale	17/05/2023	A. Pitzalis A. Ruggero	M. Costa P. Sechi	M. Costa

1. Premessa 1
2. Inquadramento territoriale e fisiografico 2
3. La spiaggia di Rena Bianca nel quadro della Pianificazione di Assetto idrogeologico 3
3.1 Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) 3
3.1 Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) 4
4. Assetto geologico 7
4.1 Inquadramento geologico-strutturale 7
5. Assetto geomorfologico d'area vasta 12
5.1 Inquadramento geomorfologico dell'area continentale 12
5.2 Inquadramento geomorfologico del settore sommerso 13
6. Assetto geomorfologico della spiaggia di Rena Bianca 14
6.1 Evoluzione storica della spiaggia di Rena Biana 17
7. Analisi floristico-vegetazionale della spiaggia di "Rena Bianca" 23
7.1 Inquadramento generale 23
7.2 Metodo 24
7.3 La Flora 25
7.4 Elenco floristico 26
7.5 Specie endemiche e di notevole interesse fitogeografico 31
7.6 Aspetti vegetazionali 32
7.7 Schema sintassonomico 38
7.8 Elenco degli habitat 39
7.9 Rappresentazione dei Transetti e delle Aree omogenee 40
7.10 Carta della Vegetazione 61
8. Riferimenti bibliografici 62
9. Criticità e tendenze evolutive del sistema di spiaggia di Rena Bianca 65
10. Carta delle Componenti geoambientali della spiaggia di Rena Bianca. 68
11. Definizione di azioni per il mantenimento degli equilibri geoambientali del sistema di spiaggia 69
11.1 Capacità di Accoglienza e alternativi scenari di fruizione della spiaggia 69
11.1 Ipotesi di interventi finalizzati al mantenimento ed recupero degli equilibri del sistema sabbioso 72
12. Piano di Gestione della spiaggia e attività di Monitoraggio 76
12.1 Scopo e fasi dell'attività di monitoraggio 76

1. Premessa

La presente Relazione costituisce il documento illustrativo di sintesi delle analisi geomorfologiche e geoambientali finalizzate alla conoscenza dei principali caratteri morfoevolutivi della spiaggia di Rena Bianca, situata nel territorio comunale di Santa Teresa Gallura, anche in un'ottica di analisi delle criticità in atto e di definizione della capacità di accoglienza della spiaggia.

La spiaggia, trattandosi di un sistema sabbioso inserito in un contesto urbanizzato con presenza di strutture ricettive poste a ridosso del litorale, è soggetta ad un'intensa fruizione turistico-balneare. La spiaggia è accessibile dalla strada che giunge dal centro abitato e tramite alcuni camminamenti che, sempre dall'abitato, si portano verso la sua porzione più orientale. L'immediato settore retrolitorale è fortemente antropizzato, soprattutto sulla sua porzione orientale, con presenza di un'area di sosta veicolare e diverse infrastrutture insediative (muri di contenimento, aiuole, camminamenti, scale di accesso, superfici pavimentate), in cui esercitano alcune strutture ricettive e turistico-ricreative. Gli edifici dell'insediamento (case private, hotel, B&B, ecc.) non insistono direttamente sull'arenile, ma al più si affacciano sullo stesso lungo i versanti della scarpata.

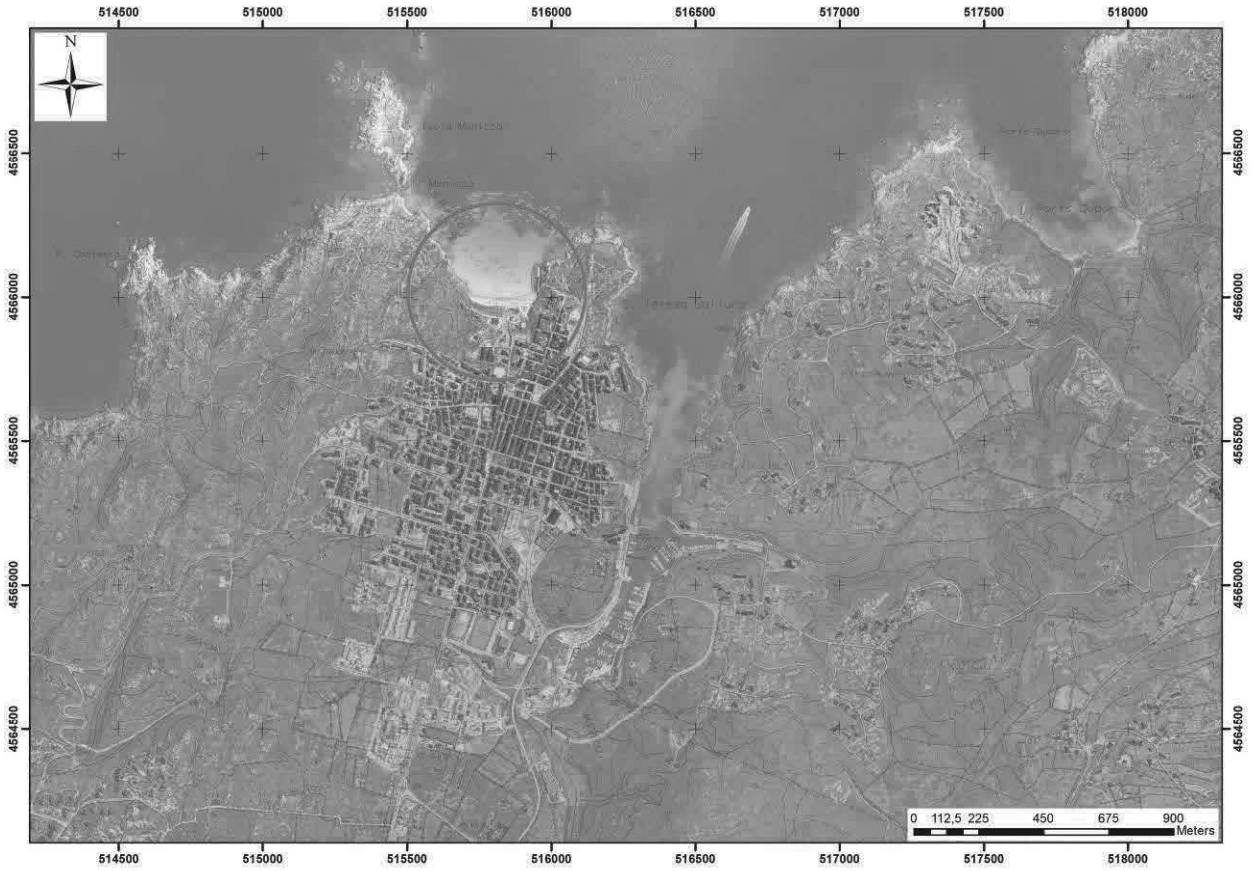


Figura 1: Inquadramento della spiaggia di Rena Bianca nel Comune di Santa Teresa Gallura.

2. Inquadramento territoriale e fisiografico

Il Territorio di Santa Teresa Gallura in cui la spiaggia di Rena Bianca si inserisce, è ubicato nell'Alta Gallura, e ricade interamente nella Provincia di Sassari della sottozona Olbia-Tempio.
Il paesaggio è caratterizzato da morfologia pianeggiante o moderatamente ondulata nella parte centro settentrionale del territorio comunale, mentre diventa collinare nella parte meridionale con alcuni importanti rilievi quali M. Lu Cupuneddu, Capizza di Vacca, la cui altezza media non supera i 250 m s.l.m. Dal punto di vista geomorfologico l'intera area è caratterizzata dalle macroforme tipiche dei rilievi granitici a inselberg o strutture a cupola, *tor*, picchi (localmente detti "sarri") e microforme ricorrenti come tafoni, "nidi d'ape", vacuoli e cavità di varia dimensione.
Il clima mediterraneo e la relativa stagionalità delle precipitazioni (semestre ottobre-marzo piovoso, ed estati con assenza anche totale di piogge) condiziona la rete idrografica che è caratterizzata da bacini di piccole dimensioni con portate modeste. Il corso d'acqua più importante in questo settore della Sardegna è il Fiume Liscia (con un bacino di 564 kmq) la cui valle, nel suo tratto terminale, interessa il limite sud-occidentale del territorio di Santa Teresa. La scarsità di formazioni permeabili condiziona anche la presenza di sorgenti; queste sono alimentate da falde in coltri detritiche superficiali, derivate dall'alterazione dei graniti, e hanno portate modeste.
Grande rilevanza paesaggistica ed ambientale riveste il settore costiero, caratterizzato da intensa frastagliatura, con profonde insenature, come testimoniato dalla "ria" di Santa Teresa, e presenza di spiagge di lunghezza e larghezza modesta. Sono presenti due importanti penisole, la prima nel settore NW del territorio, la penisola di Capo Testa, che forma un promontorio arcuato lungo circa 5 km, la seconda (Penisola di Coluccia) di dimensioni analoghe, interessa l'angolo SE.

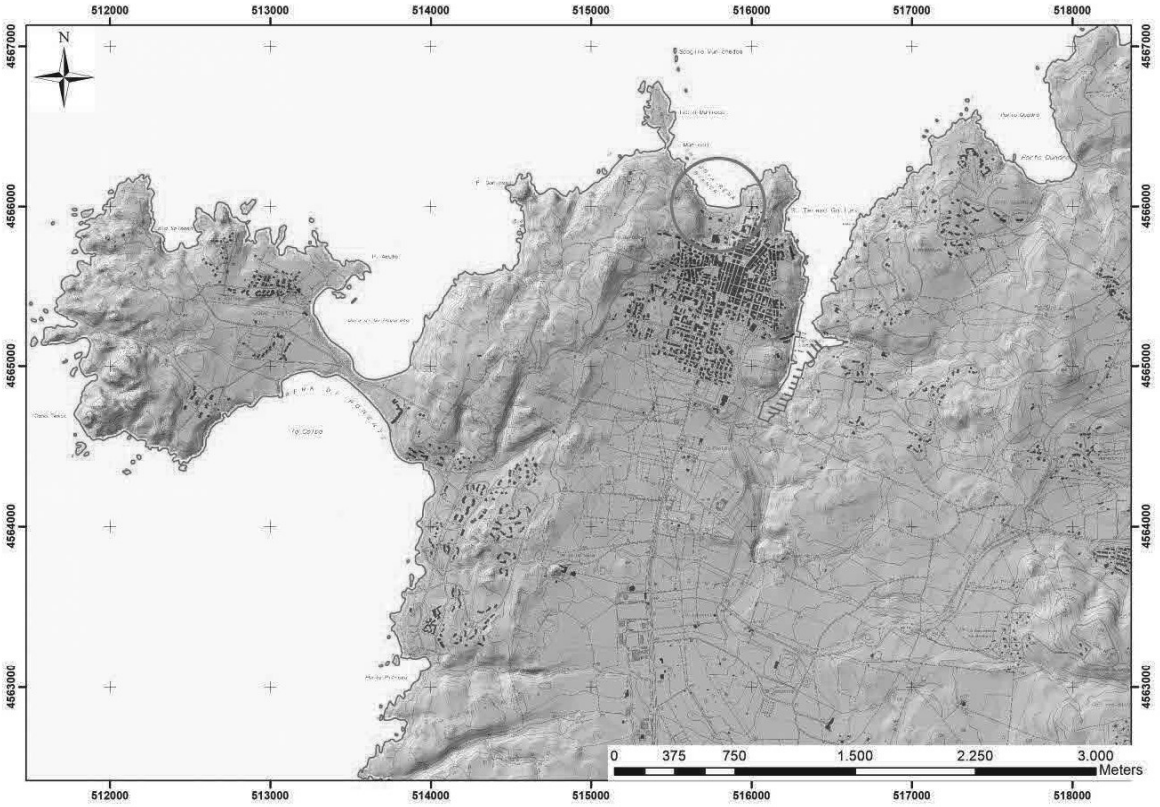


Figura 2: Inquadramento della spiaggia di Rena Bianca a nord del centro abitato di Santa Teresa Gallura e a ovest il promontorio di Capo Testa

3. La spiaggia di Rena Bianca nel quadro della Pianificazione di Assetto idrogeologico

3.1 Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto dalla Regione Autonoma della Sardegna ai sensi del Decreto Legge 11 giugno 1998 n. 180, convertito in Legge 3 agosto 1998 n. 267, è stato approvato con decreto della Giunta Regionale del 30 dicembre 2004 n.54/33.

Il P.A.I. individua le aree a rischio di frane e a rischio idraulico. Il P.A.I. ha valore di piano territoriale di settore e prevale su piani e programmi di settore di livello regionale e infraregionale e sugli strumenti di pianificazione del territorio previsti dall'ordinamento urbanistico regionale, secondo i principi indicati nella Legge n. 183 del 1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".

I Comuni, in sede di aggiornamento degli strumenti urbanistici, hanno il compito di conformarsi alle prescrizioni del PAI.

Attualmente risulta approvato uno Studio di Compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art.8 comma 2 delle NdA del PAI, inerente i Piani di Lottizzazione C3.1; C3.4 – C3.5; C3.6.2; F4.12; G10.5; F5.6; C3.3, approvato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 8 del 18.12.2014.

Nel 2012-2014, è stato redato uno Studio di Compatibilità geologica-geotecnica ed Idraulica in sede di proposta del nuovo P.U.C.

Gli esiti dello Studio di Compatibilità redatto nel 2014 relativamente alla parte Frana evidenziano che il territorio costiero di Santa Teresa Gallura presenta tratti soggetti a fenomeni di instabilità geomorfologica; sono i tratti di scarpata a mare impostate sui depositi plioquaternari e miocenici, che in ragione della maggiore erodibilità presentano un'evoluzione molto più rapida ad opera all'erosione marina. Le aree critiche in tal senso sono la Cala Spinosa e la Colba a Capo Testa e la spiaggia Rena Bianca a Santa Teresa Gallura. Rispetto alla Parte Idraulica non si rilevano situazioni di criticità idraulica per la Spiaggia di Rena Bianca evidenziate da Studi comunali di Assetto idrogeologico, né dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

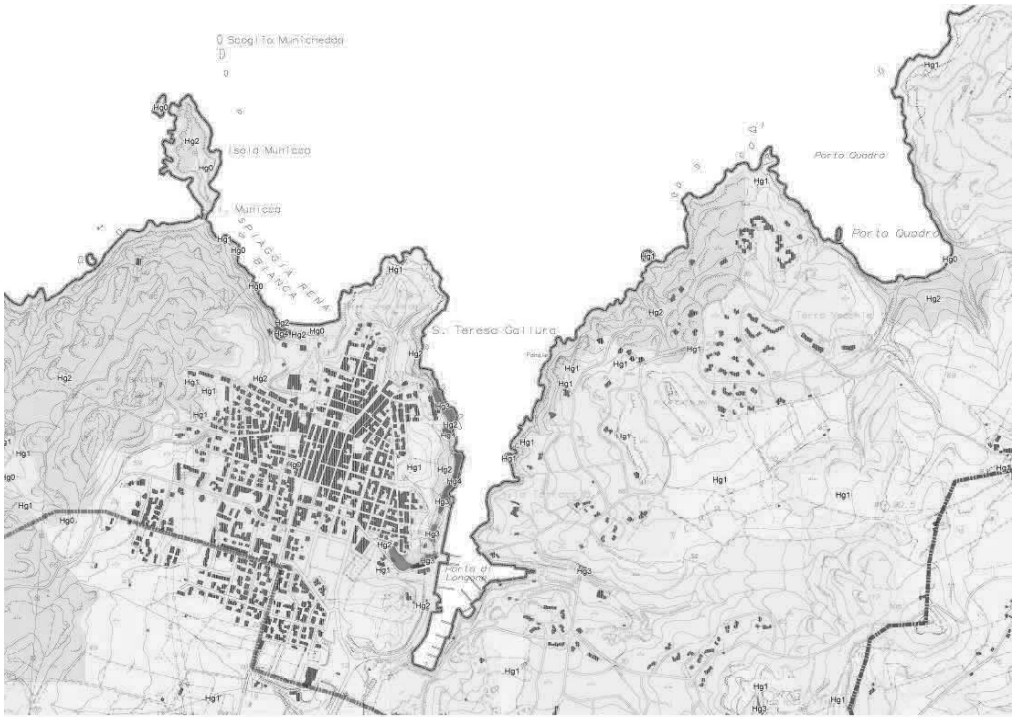


Figura 3: stralcio cartografico della Pericolosità geomorfologica nel settore di Santa Teresa secondo lo SCGG del 2014.

3.1 Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

In attuazione delle previsioni dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 e dell'art. 13 del D.Lgs. 152/2006, con la. Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016 è stato approvato il "Piano di gestione del Rischio di Alluvioni - PGRA". L'obiettivo generale del Piano è la riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni sulla salute umana, il territorio, i beni e il patrimonio culturale, l'ambiente e le attività economiche e sociali. Il Piano, predisposto dall'Autorità di Bacino per tutto il territorio regionale, si integra e si coordina con gli altri piani vigenti per la mitigazione del rischio idrogeologico (PAI e PSFF). Esso rappresenta la base conoscitiva e operativa di supporto alle attività di pianificazione locali attraverso l'individuazione di misure strutturali (realizzazione di opere di mitigazione del rischio) e misure non strutturali (prevenzione, protezione e preparazione).

Il Piano di gestione del Rischio di Alluvione, comprende inoltre una sezione dedicata allo studio della pericolosità di allagamenti derivante dalle inondazioni costiere, aggiornato con la Deliberazione N. 3 del 17.05.2017, costituito da numerose schede di analisi delle coste rocciose e delle spiagge del territorio regionale e da mappe che riportano la pericolosità da inondazione costiera suddivisa per tempi di ritorno di 2, 20 e 100 anni.

La metodologia seguita dal PGRA per la perimetrazione delle aree di pericolosità costiera, è indicata nella relazione metodologica sulle inondazioni costiere, allegata alla Deliberazione del Comitato istituzionale del PGRA. Lo schema concettuale prevede l'applicazione dello schema sorgente-trasferimento-recettore del rischio indicato nelle FLOODsite Guidelines, che tiene conto della sorgente di Rischio (risk source), del trasferimento dell'evento meteo marino (risk pathway) e del recettore del rischio (risk receptor).

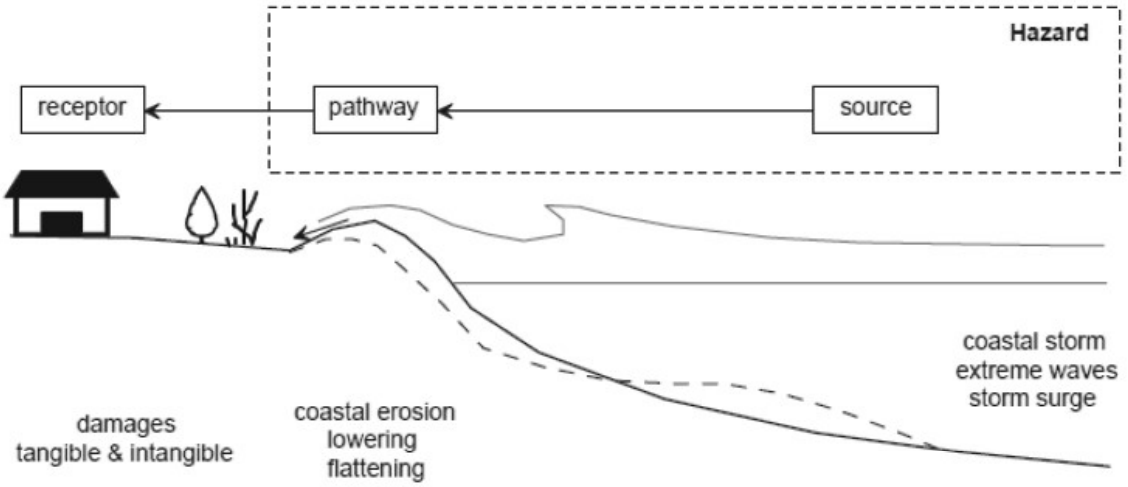


Figura 4: Schema concettuale di calcolo sorgente-trasferimento-recettore del rischio (source-pathway-receptor). Tratto da FLOODsite (2008).

In estrema sintesi il trasferimento dell'evento meteo marino nell'entroterra, si basa su un principio topografico partendo dai dati del geodatabase multi precisione della regione Sardegna. Questo significa che l'altezza dell'evento meteo marino viene spalmata sulla superficie topografica potenzialmente inondabile.

Questo approccio concettuale e metodologico, cosi come richiamato anche nella relazione metodologica, non tiene conto dei caratteri geomorfologici e morfoevolutivi del sistema costiero emerso, la cui influenza sui processi di diffusione dell'evento meteo marino nell'entroterra appare non trascurabile. In particolare, cordoni sabbiosi e sistemi dunari più o meno evoluti e strutturati, rappresentano elementi geomorfologici in grado di mitigare notevolmente i fenomeni di inondazione costiera. Queste considerazioni di ordine geomorfologico costituiscono elementi in grado di valutare e meglio indirizzare l'esito finale della perimetrazione di inondazione costiero. **Questo approccio integrato tra modello ingegneristico e modello geomorfologico, costituisce il riferimento metodologico degli Studi di inondazione costiera**.

Le aree caratterizzate da pericolosità da inondazione costiera (Hi_c) individuate nelle relative mappe del PGRA devono essere recepite dai Comuni interessati, i quali sono tenuti ad aggiornare i piani di emergenza comunali e intercomunali redatti ai sensi dell'art. 15 comma 3 bis della L. 225/1992 come modificato dalla L. 100/2012, relativi al rischio idraulico ed idrogeologico sulla base delle risultanze di tale studio (art. 41, comma 8 delle N.T.A. del PAI).

Inoltre, le aree caratterizzate da sola pericolosità da inondazione costiera (Hi_c) sono regolate dalle norme d'uso che i Comuni e gli altri enti competenti, in coerenza con i principi e le finalità del PAI, definiscono nei propri strumenti di pianificazione territoriale, con particolare riferimento ai Piani Urbanistici Comunali e ai Piani di Utilizzo dei Litorali definiti dalla L.R. 45/1989 e s.m.i..

Nello studio del Piano Azione Coste del PGRA il territorio costiero di Santa Teresa Gallura ricade nell'unità fisiografica **UF. 14 – PUNTA DEL FALCONE – PUNTA DI LI FRANCESI.** In questa fase di avanzamento del PGRA, non si segnalano per Santa Teresa Gallura, rispetto ai fenomeni franosi rintracciabili nei tratti di costa rocciosa, settori di elevata criticità. Per quanto riguarda i tratti di costa sabbiosa, nel PGRA sono state analizzate alcune spiagge presenti nel territorio regionale. Per ciascuna spiaggia è stata elaborata una scheda di classificazione per definirne il livello di criticità. Per il territorio di Santa Teresa Gallura allo stato attuale, sono state elaborate le Schede di

classificazione riferite a Rena Bianca, Capo Testa Rena di Levante e di Ponente, Spiaggia di Santa Reparata e Porto Quadro.

Per quanto la pericolosità da inondazione costiera, cosi come definita ed individuata dal PGRA, è da segnalare che la gran parte dei deposti sabbiosi presenti nel territorio in esame possono essere interessati da fenomeni di inondazione e allagamento con eventi di Tempo di Ritorno di 2, 20 e 100 anni.

Figura 5: Stralcio cartografico della pericolosità da inondazione costiera secondo il PGRA per diversi Tempi di ritorno (Tr) espressi in anni.

4. Assetto geologico

4.1 Inquadramento geologico-strutturale

Il territorio del Comune di Santa Teresa Gallura è costituito da terreni del basamento cristallino paleozoico sardo e da coperture colluvio-alluvionali e detritiche di età quaternaria. In particolare la struttura geologica del territorio qui riportata, richiama i contenuti delle Note illustrative allegate al Foglio geologico CARG n° 411 Santa Teresa Gallura.

Nel complesso l'ossatura geologica del territorio è dominata dal complesso metamorfico ed intrusivo del basamento paleozoico su cui si adagiano i depositi quaternari e olocenici di seguito descritti.

Figura 6: Stralcio geologico della cartografia CARG

BASAMENTO CRISTALLINO

4.1.1 Diatessiti di Cala Capra (MGD)

Costituiscono rocce metamorfiche riferibili al Precambriano e presentano un aspetto granitoide. L'affioramento più consistente (qualche migliaio di metri quadrati) è situato in una zona prospiciente la spiaggia de La Marmorata; affioramenti minori, di dimensioni non cartografabili, costituiti da ortogneiss ed in minor misura da rocce di derivazione metapelitico-arenacea si trovano all'interno dell'intrusione di Barrabisa, nella penisola di Coluccia.

4.1.2 Ortogneiss di Golfo Aranci (OTG)

Affiorano nella penisola di Coluccia e sono costituiti da rocce a grana grossa con tessitura gneissica, materializzata da livelli lepidoblastici prevalentemente a biotite, alternati a porzioni quarzo-feldspatiche all'interno delle quali sono presenti porfiroclasti di feldspato alcalino, con dimensioni fino a 2 cm che conferiscono alla roccia una tessitura di tipo occhiadino. I costituenti fondamentali sono plagioclasio, feldspato alcalino e biotite; la muscovite è accessoria ed è presente anche come prodotto di alterazione del feldspato potassico. Accanto a questi ortogneiss compaiono orto-gneiss granodioritici a grana medio-fine, che si alternano a porzioni quarzo-feldspatiche in cui prevale di gran lunga il plagioclasio. *Pre-Cambriano?*

4.1.3 Complesso Intrusivo tardo-paleozoico

Sono state individuate due unità intrusive suddivise in unità cartografiche di rango inferiore costituite da differenti petrofacies. In ordine di estensione esse sono:

- l'unità intrusiva di Longosardo, a sua volta suddivisa in due sub-unità: quella di Monte La Colba, e quella di Punta Falcone. La prima è in rapporti intrusivi con la ghirlanda di setti migmatitici e di unità relativamente più antiche (i.e. Barrabisa) che la delimitano, la seconda è posta nel suo insieme all'interno della prima. La sub-unità di Monte La Colba ha composizione essenzialmente granodioritico-monzogranitica ed è stata suddivisa in otto litofacies che differiscono per caratteri tessiturali. La sub-unità di Punta Falcone comprende rocce con composizione variabile da gabbroidi a tonalitiche di seguito descritte come unico termine litologico.
- l'unità intrusiva di Barrabisa, costituita da granodioriti peralluminose con muscovite e talvolta cordierite e andalusite più o meno relitte. Questa unità è anche l'unica che esibisce una foliazione pervasiva acquisita in condizioni che vanno dal submagmatico al solid-state flow e la caratterizzano come intrusione sin-cinematica.

DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE

4.1.4 Sintema di Santa Teresa Gallura (TGA)

I depositi pleistocenici sono estesamente rappresentati nell'area di S. Teresa di Gallura dove, grazie anche ad alcuni sbancamenti nei pressi del porto e, poco più a monte, in corrispondenza del depuratore della città, è stato possibile osservare numerose sezioni di particolare importanza per comprendere le relazioni stratigrafiche tra le varie unità. Per tale motivo la località di S. Teresa di Gallura è stata reputata idonea a rappresentare l'area tipo.

4.1.5 Subsintema di Longone (TGA1)

Il subsintema di Longone (TGA1) è rappresentato da depositi di spiaggia connessi con uno stazionamento alto del livello del mare verosimilmente durante l'ultimo Interglaciale. È costituito da sedimenti ghiaiosi e blocchi arrotondati che localmente si osservano alla base delle sequenze.

Nei pressi del porto di S. Teresa Gallura affiora una sequenza poggiante in discordanza sul substrato. La discordanza è costituita da una superficie di erosione netta e inclinata sino ad oltre 10° osservabile per oltre 20 m. Su questa superficie poggiano lenti di ghiaie medie e grossolane ben arrotondate con elementi sino a 20 cm di diametro. Questi sedimenti hanno uno spessore massimo di 30 cm. Su questi depositi poggiano detriti di versante caratterizzati da clasti e blocchi di granitoidi, angolosi, medio-grossolani che localmente raggiungono i 2 m di spessore. Al di sopra poggiano sabbie ben classate di origine eolica, talora intercalate a lenti discontinue di sabbie meno classate che derivano dal colluvionamento di quelle precedenti.

Sulla falesia nel lato W della spiaggia di Rena Bianca, a Santa Teresa Gallura, si rinvengono ghiaie e blocchi arrotondati di spiaggia che poggiano in discordanza sul substrato granitico.

4.1.6 Subsintema di Cannigione (TGA2)

Il subsintema di Cannigione è costituito da depositi alluvionali, eolici, detritici ed eolico-colluviali. Essi sono rappresentati da sedimenti sabbiosi, con intercalazioni siltose ed argillose e localmente anche ghiaiose per il passaggio laterale tra ambienti limitrofi e talora nell'ambito del medesimo ambiente.

Depositi detritici sono presenti nella parte medio-alta della sezione del porto di S. Teresa Gallura. Essi indicano l'avvenuto inaridimento dell'area e la presenza di versanti denudati e sottoposti a processi crio e/o termoclastici durante l'ultima glaciazione. Condizioni ancora più aride sono registrate dai depositi sabbiosi di chiara origine eolica e dai depositi colluviali ad essi connessi.

Nello sbancamento effettuato presso il depuratore di S. Teresa Gallura affiorano depositi alluvionali costituiti da ghiaie sub-angolose medio-grossolane a stratificazione incrociata concava con intercalazioni di sabbie anch'esse a stratificazione incrociata concava per uno spessore complessivo di oltre 3 m.

I depositi tirreniani alla base della sequenza di Rena Bianca sono alterati da un suolo bruno sepolto da sabbie eoliche a stratificazione planare a basso angolo, alterate da un suolo colluviale. Al di sopra giacciono sabbie eoliche poco cementate contenenti gusci di molluschi marini rimaneggiati. Nella parte sommitale si osservano canali riempiti di ghiaie e sabbie, con resti di molluschi. Questa sequenza permette di stabilire che a Rena Bianca, si erano determinate condizioni marino-costiere durante l'ultimo Interglaciale.

DEPOSITI OLOCENICI

I depositi maggiormente rappresentati nell'area in esame sono costituiti da sedimenti alluvionali e costieri che hanno caratterizzato sia le dinamiche attua li che quelle passate. Questi depositi sono rappresentati da depositi di spiaggia, colluviali di pianura alluvionale di stagni e paludi costiere. La natura di questi sedimenti e la relazione laterale tra le varie facies è complessa.

4.1.7 Depositi eolici (d)

Limitati affioramenti di depositi eolici sono connessi ad apparati dunari di retrospiaggia e/o alla migrazione verso terra di questi sedimenti. Le sabbie, molto ben classate, sono state accumulate a spese della rielaborazione dei depositi costieri. I principali affioramenti sono visibili nelle principali spiaggia esposte al maestrale (Santa Reparata, Rena di Ponente, La Marmolata, La Licciola.

4.1.8 Depositi lacustri e palustri (e)

Si tratta di depositi fini argillosi e siltosi con frequenti intercalazioni sabbiose e deposizione di materia organica per la decomposizione continua di essenze palustri. Un limitato affioramento non cartografabile è presente all'interno della baia di Longone, alla fine del tratto olocenico della valle, immediatamente a S del porto. Sedimenti simili sono stati cartografati alle spalle della spiaggia attuale a N del villaggio della Valle dell'Erica. Limitati affioramenti di questi depositi, anch'essi non cartografabili, si osservano nella parte settentrionale della baia di S. Reparata, alle spalle dei sedimenti di spiaggia attuale.

4.1.9 Depositi alluvionali (ba)

L'area è solcata da numerosi corsi d'acqua di modesta estensione il cui alveo è interessato da dinamiche alluvionali durante i principali eventi idrometeorici.

I corsi d'acqua maggiori sono quelli di Longone, che sfocia in mare a S. Teresa di Gallura, ed il canale Liscia di Scopa a SE di Ruoni.

I depositi osservati sono costituiti da elementi sub-arrotondati in abbondante matrice sabbiosa. Lo spessore dei depositi è di qualche metro. Sono stati accorpati in questo gruppo depositi affioranti a Capo Testa all'interno di piccole vallecole anche se la pendenza dei tratti più interni, talora prossimi ai 10°, suggerisce localmente un apporto colluviale.

A questa classe appartengono anche i depositi alluvionali terrazza-ti, localmente sospesi anche di alcuni metri sul fondo valle attuale o caratterizzati da una scarsità di drenaggio, in seguito alla rapida percolazione delle acque in profondità per la presenza di un substrato poroso o molto fratturato. Si tratta di depositi alluvionali grossolani, con limitate lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini, simili a quelli che si osservano lungo gli alvei attuali. Lo spessore di questi sedimenti è, nella maggior parte dei casi, difficilmente valutabile ma comunque intorno a qualche metro.

4.1.10 Coltri eluvio-colluviali (b2)

Si tratta di depositi in cui sono presenti percentuali variabili di sedimenti fini (sabbia e silt), più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica, mescolati con sedimenti più grossolani, in genere detriti da fini a medi. La elevata presenza della frazione organica indica che si tratta di sedimenti derivati dall'erosione del suolo durante l'Olocene, mescolati a sedimenti provenienti per degradazione fisica direttamente dal substrato. Il loro spessore è in genere esiguo ma lungo il versante costiero di S. Reparata, dove derivano in parte dal rimaneggiamento di depositi eolici subattuali, possono superare qualche metro.

4.1.11 Depositi di spiaggia (g2)

Si tratta di sedimenti sabbiosi grossolani, da ben classati a estremamente ben classati, che affiorano all'interno delle numerose pocket beach. Sono particolar- mente ben rappresentati nelle baie di S. Reparata e di Rena di Ponente (istmo di Capo Testa), nella spiaggia di Rena Bianca (S. Teresa di Gallura), nella baie di Porto Quadro, La Marmorata, La Balcaccia, a N ed a S di Valle dell'Erica. Questi depositi poggiano in discordanza direttamente sul substrato paleozoico o, come a Capo Testa, sui sedimenti terziari. Nella baia di S. Reparata, ad E del Villaggio di Capo Testa ai bordi della spiaggia e sulla battigia affiorano resti di sabbie cementate che inglobano frammenti di ceramica romana, a testimoniare la rapidità dei processi di cementazione e di costruzione di quella che può essere considerata una beach rock.

5. Assetto geomorfologico d'area vasta

5.1 Inquadramento geomorfologico dell'area continentale

Nelle aree interne del territorio di Santa Teresa Gallura sono particolarmente diffuse forme quali inselberg o strutture domiformi con blocchi isolati e monoliti *tor* variamente scolpiti talvolta con figure antropomorfe. Sono diffuse tutte le microforme ricorrenti quali tafoni, "nidi d'ape", vacuoli e cavità di varie dimensione.

La dinamica costiera è caratterizzata da un'alternanza di promontori scolpiti sulle rocce del basamento creando spiagge con falcate ampie (La Colombaia, a S di P.ta de La Balcaccia) o piccole spiagge tra un promontorio ed un altro (Cala Spinosa). Sono però frequenti anche le baie scolpite direttamente su roccia senza che siano presenti depositi litorali. In questi casi è verosimile che l'erosione marina abbia agito con maggiore rapidità lungo linee di fratturazione. Il reticolo angolare delle valli e di numerosi tratti costieri confermerebbe tale ipotesi. È comunque indubbio che le valli più profonde, come quella di Longone a S. Teresa di Gallura, di Porto Quadro e soprattutto di Porto Pozzo (con la sua appendice laterale della Baia Lu Calone) costituiscono tipici esempi di *rias* come quelli che caratterizzano numerose altre località della Sardegna settentrionale. Si tratta di valli fluviali, interessate da limitati fenomeni di riempimento durante l'Ultima Glaciazione, e/o che comunque sono state interessate da importanti fenomeni di riesumazione durante la trasgressione versiliana.

In questo settore dell'isola sono inoltre presenti ripiani di erosione su roccia interpretabili come antichi terrazzi di abrasione marina. La loro estensione è estremamente variabile e si presentano in genere fortemente dissecati dall'approfondimento vallivo.

In riferimento alla fascia costiera, i caratteri impressi al basamento paleozoico gallurese dalla tettonica sono stati ulteriormente rimarcati dai processi morfo-genetici che hanno agito su tutto il territorio in condizioni climatiche differenti. La continuità di tali azioni è messa in risalto dalle forme distribuite con notevole coerenza sia nella fascia costiera emersa e sommersa, sia nelle zone più interne. Una delle forme più caratteristiche della zona sono i tafoni, lo sviluppo dei quali è favorito nel clima attuale dalla vicinanza del mare ed in particolare per l'azione dello spray marino. Nelle aree intensamente fratturate è possibile osservare sculture alveolari ed inoltre è possibile riconoscere forme di carattere residuale quali tor e inselberg (particolarmente rappresentativo è il tor dell'Isola Municca). Il raccordo con i versanti a terra si realizza attraverso pediment, spesso accidentati e cosparsi di frammenti di blocchi di roccia. Si possono individuare più momenti morfogenetici in corrispondenza degli interglaciali quaternari, nel Pliocene e nel Miocene medio, con massima attività genetica nel Pliocene.

Molto diffuse sono le superfici, poste a quote diverse, che possono essere di spianamento e di erosione oppure terrazzi marini. Le con-dizioni ritenute ideali per la formazione di queste superfici sarebbero state attive più volte dal Miocene Inferiore e medio (DE MURO & ULZEGA, 1985). Alcune di queste superfici si trovano sulle sommità o sui fianchi dei rilievi (ad esempio P.ta Falcone, Capo Testa e Licciola), sono orizzontali o lievemente inclinate, ricoperte da coltri sabbiose derivanti dall'arenizzazione dei graniti. I terrazzi si rinvengono a quote comprese tra -2/-5 m e -20/-30 m s.l.m.; quello situato a quota inferiore risale al Tirreniano mentre quello più elevato viene attribuito al periodo trasgressivo Mindel-Riss. Molto diffuse sono inoltre le superfici che orlano con regolarità la fascia costiera e che rappresentano il raccordo tra la ripa d'erosione a mare e la rottura di pendio concava a monte. Dal punto di vista genetico possono essere considerate come *rasas*.

La morfologia del settore emerso ci permette di distinguere le due tipologie di costa: alta, dal versante orientale di Baia S. Reparata a P.ta de La Balcaccia, e bassa da P.ta de La Balcaccia a

Coluccia. La costa rocciosa alta si presenta con versanti acclivi degradanti da un'altezza media di 40 m. La scogliera, modellata dai forti venti e dalle violente mareggiate che caratterizzano le Bocche di Bonifacio, si presenta altamente irregolare a causa della presenza di faglie e fratture orientate principalmente N-S e NE-SW.

5.2 Inquadramento geomorfologico del settore sommerso

Al contrario della piattaforma distale la morfologia del settore prossimale si presenta fortemente condizionata dalle litologie del basamento metamorfico cristallino e dai sistemi filoniani associati, di tipo aplitico i più antichi, e di tipo lamprofirico i successivi, sviluppati lungo le fratture ad andamento SW e NE che attraversano il plutone.

L'aspetto del settore prossimale appare caratterizzato da una serie di rilievi isolati ed allungati, modellati in ambiente subaereo in più fasi. La piattaforma prossimale comprende i fondali interni in cui si trovano le isole maggiori, quelle minori, gli scogli e le secche. Quest'area è caratterizzata sia da una sedimentazione terrigena, alimentata dagli apporti terrestri, sia dalla dispersione dei sedimenti ad opera delle correnti di fondo, in relazione alla dinamica delle grandi masse d'acqua mobilizzate lungo i canali e tra le isole dalle mareggiate, oltre ai continui affioramenti del substrato granitico. La morfologia degli affioramenti granitici ricalca a grandi linee quella osservabile nella parte emersa. Sono presenti alti morfologici che rappresentano il prolungamento di forme emerse con relativi sistemi di filoni e faglie ad analoga orientazione. Ne è un esempio il rilievo sottomarino antistante P.ta della Balcaccia o quello di P.ta delle Vacche, ed ancora quello dell'Isola Municca.

Le praterie a Posidonia oceanica si estendono in forma di cordoni sino ad una profondità massima di circa -40 m, la loro estensione trasversale varia notevolmente (dai pochi metri a diversi chilometri) nei vari siti. Tali praterie si sviluppano in senso verticale, costruendo matte a spessore variabile, e sono caratterizzate superiormente e inferiormente da limiti netti molto sensibili alle variazioni dell'ambiente marino circostante e della sua energia.

Le praterie presentano una buona continuità e lo sviluppo avviene principalmente su roccia e in subordine su sedimenti sciolti. Spesso l'erosione della matte mette in evidenza, lungo i canali che si formano, i sedimenti relitti costituiti prevalentemente da sedimenti di spiaggia ben selezionati, che vanno a rimescolarsi con quelli attuali rendendone difficile il loro riconoscimento.

La continuità è interrotta localmente da depressioni intramatte di forma sub-circolare o anastomizzata di ridotte dimensioni. Le aree di discontinuità principali sono state osservate a S di Capo Testa (Porto Pitrosu) e su tutto il litorale nord-occidentale della costa gallurese (Isola Municca, P.ta Falcone) mentre il litorale orientale, le isole e la costa corsa presentano solo localmente aree prive di *Posidonia oceanica*. Il limite superiore si sviluppa ad una profondità compresa tra i -2 ed i -5 m e risulta caratterizzato da un discreto stato di integrità.

Altro importante elemento morfologico delle Bocche di Bonifacio è l'elevato numero di linee di riva sommerse. In questo settore le beach rock sono spesso associate a morfologie litorali erosive (paleofalesie, paleopiattaforme d'abrasione, paleosolchi di battente, etc., e spesso le arenarie poggiano su superfici erosionali incise nel basamento cristallino. Le rotture di pendio sono morfologie molto rappresentate nell'area in esame e possono essere di tipo convesso o concavo. Le prime, di natura erosionale, si impostano su depositi o alla base di falesie e di cornici mentre le seconde, di natura deposizionale, sono loca- lizzate alla base delle falesie o dell'erosione nelle cornici.

6. Assetto geomorfologico della spiaggia di Rena Bianca

La spiaggia di Rena Bianca costituisce una falcata sabbiosa di circa 220 m di lunghezza e una profondità media di circa 23 m.

La spiaggia di Rena Bianca si trova nel comune di Santa Teresa Gallura (SS), immediatamente a nord dell'abitato, e si sviluppa sul fondo di un'insenatura delimitata a W dall'isola di Municca e a E da un piccolo promontorio su cui sorge la Torre di Longosardo e alla base della scarpata che dai versanti circostanti degrada rapidamente verso di essa. Per i suoi caratteri morfogenetici la spiaggia può essere classificata come una *pocket beach*, ovvero una limitata falcata sabbiosa racchiusa tra promontori rocciosi più o meno pronunciati.

Figura 7: vista panoramica della Spiaggia di Rena Bianca

La spiaggia di Rena Bianca si inserisce in un territorio costiero caratterizzato da un sistema costiero a Baie e Promontori. Questi rappresentano tratti del profilo costiero caratterizzati da una stretta alternanza di promontori rocciosi, fortemente esposti all'azione del moto ondoso e degli agenti meteo-marini, e di settori costieri protetti rispetto agli impulsi energetici marini, a costituire baie ed insenature spesso caratterizzate da un notevole sviluppo verso l'entroterra e, al cui interno, è possibile la formazione di spiagge di fondo baia e cale sabbiose.

In termini tipologici e genetici i caratteri di questa categoria risultano in generale riconducibili a quelli riferiti in letteratura scientifica alle coste di sommersione e più specificatamente alle "coste a rias". Questi settori sono caratterizzati da una forte interconnessione sistemica e morfoevolutiva tra le componenti fisiche interne (prevalentemente sistemi di versante) e quelle marino-litoranee.

Questa interconnessione si esprime principalmente nel trasporto detritico ad opera di piccoli corsi d'acqua a cui si deve l'alimentazione delle piccole spiagge di fondo baia, note nella letteratura scientifica con il nome di Pocket beach. Le spiagge non sono mai estese, ma limitate a brevi tratti sabbiosi racchiusi tra promontori rocciosi più o meno pronunciati, mentre nel profilo trasversale solo localmente si riconoscono in generale formazioni dunari e zone umide retrolitorali.

La sensibilità di queste spiagge è prevalentemente legata al fatto che in termini sedimentari esse dipendono da modesti apporti detritici provenienti dai piccoli bacini imbriferi di riferimento, oltre che da rielaborazioni detritiche delle formazioni geologiche del substrato roccioso in cui sono inserite. La particolare configurazione del settore sommerso generalmente caratterizzata da una discreta pendenza che può favorire dispersione sedimentaria verso il largo. Per contro alcune di queste manifestano un minore rischio di erosione rispetto ad altre tipologie di spiaggia, in relazione al modesto regime energetico del moto ondoso grazie alla protezione fornita dai promontori che le delimitano.

Dal punto di vista morfologico l'arenile può essere diviso in due porzioni:

- la porzione occidentale, più estesa, delimitata verso l'interno da una falesia di arenarie di origine eolica, che si protrae, verso il centro, poco oltre la scala di accesso alla spiaggia;
- la porzione orientale, più profonda, caratterizzata in passato dalla presenza di un piccolo sistema dunare, visibile in qualche foto d'epoca e oggi individuabile nei residui vegetazionali ancora presenti.

Figura 8: particolare del settore occidentale della spiaggia con la presenza della scarpata attiva scolpita sulle eolianiti.

L'altezza della scarpata rispetto al piede sabbioso sottostante, varia da circa 4-5 m nel settore orientale, ai circa 7 m del settore occidentale. L'orlo della scarpata ha invece uno sviluppo di circa 150 m. Da un punto di vista geolitologico la scarpata è costituita da una sequenza detritica sabbioso-limosa da cementata a mediamente cementata, di origine eolica riferibile a depositi paleodunari pleistocenici. Al di sopra della scarpata si estende un pianoro sommitale debolmente inclinato che, in relazione al progressivo arretramento del fronte della falesia, può essere soggetto a fenomeni di instabilità geomorfologica delle porzioni più prossime al bordo della scarpata.

Alla base della falesia, al contatto con la spiaggia emersa, si adagiano depositi detritici derivanti dal crollo di ammassi rocciosi e detritici provenienti dalla scarpata. Questi generano una superficie inclinata diffusamente colonizzata da vegetazione. In occasione di eventi meteomarini significativi, l'azione diretta del moto ondoso determina fenomeni di scalzamento e

rimaneggiamento dei detriti che costituiscono pertanto un'importante fonte di ripascimento naturale della spiaggia.

Grande importanza in termini genetici ed evolutivi assume il sistema dunare residuale che si sviluppa nel margine orientale della spiaggia e si estendeva in origine per circa 100 metri verso l'entroterra. Il corpo dunare ha uno sviluppo Nord-Sud, ed è legato pertanto a direzioni eoliche provenienti dai quadranti nord-occidentali e nord-orientali, che nella baia assumono una direzione preferenziale Nord-Sud. Attualmente in sistema dunare, con una superficie di circa 3.800 m^2, appare notevolmente ridimensionato rispetto alla sua estensione originaria (circa 8.000 m^2) e si riscontra inoltre un diffuso degrado delle coltri sabbiose e della vegetazione tipica degli ambienti dunari. Sono presenti forme di erosione eolica e di ruscellamento diffuso e concentrato legati prevalentemente alla diffusa frequentazione dell'ambito dunare.

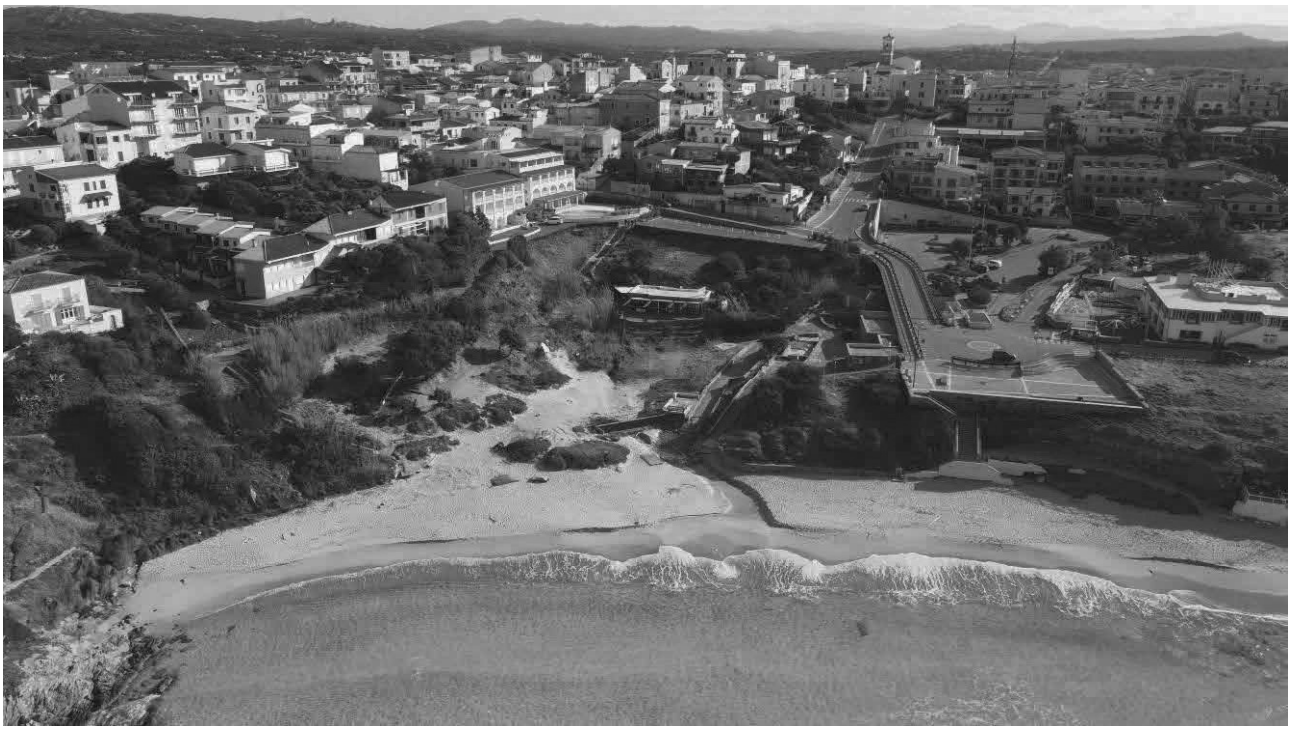


Figura 9: particolare del settore orientale della spiaggia caratterizzato dalla presenza del sistema dunare residuale. Si noti la presenza dei manufatti antropici a ridosso della spiaggia e il canale di ruscellamento in ambito di spiaggia legato all'immissione in mare di acque di ruscellamento meteorico

Attualmente si riscontra inoltre una problematica connessa con le dinamiche di ruscellamento e di convogliamento delle acque meteoriche verso l'ambito di spiaggia che danno origine a canali di ruscellamento nel settore di spiaggia, determinando un degrado qualitativo dei sedimenti in seguito al rilascio di materiali detritici.

Altro aspetto rilevante per l'evoluzione attuale della spiaggia è la presenza di manufatti antropici costituiti da dei muri di contenimento presenti in ambito di spiaggia Questi rappresentano un'interferenza alle naturali dinamiche evolutive della spiaggia specie per quanto riguarda l'azione di ostacolo alle mareggiate estreme ed i fenomeni di riflessione delle onde indotti dalle strutture stesse. Questo fenomeni di riflessione possono implicare un incremento dei processi di dispersione sedimentaria verso il settore sommerso con conseguente accentuazione dei segni di erosione e di arretramento della linea di riva.

6.1 Evoluzione storica della spiaggia di Rena Biana

Per una migliore comprensione delle dinamiche evolutive del sistema di spiaggia di Rena Bianca è stata eseguita un'analisi multitemporale attraverso lo studio delle ortofoto storiche a disposizione. In particolare sono state analizzate le ortofoto riferite alle seguenti annualità (1954, 1968, 1977, 1997, 2008, 2013, 2019, 03.2023 (volo drone).

Si riporta di seguito l'interpretazione delle linee di riva relativamente alle annualità 1954, 1968, 2008 e 2023.

In data 30 marzo 2023 è stato eseguito il rilievo mediante UAV presso la spiaggia di Rena Bianca. Le immagini sono state acquisite mediante l'impiego di un Phantom 4 PRO di DJI. Questo UAV è progettato per scopi di monitoraggio ambientale ad alta precisione, a scala centimetrica. La fotocamera ha un sensore da 20 megapixel (5472 x 3648 pixel) che acquisisce immagini a colori reali ossia date dalla combinazione delle bande del rosso, del verde e del blu (RGB). L'acquisizione dei dati è stata eseguita a seguito della pianificazione del piano di volo e la scelta della posizione dei punti di controllo a terra (GCP), in funzione dell'area da rilevare. Le immagini cosi ottenute sono state elaborate al fine di ottenere le curve di livello, il Digital Terrain Model (DTM) e l'ortomosaico. Il processamento è stato eseguito tramite il software Pix4D versione 4.1.21 a seguito del quale sono stati generati il DSM (Digital surface model), il DTM (Digital Terrain Model), le curve di livello con intervallo di 0,5 m e l'ortomosaico con risoluzione a circa 1 cm, successivamente ricampionato a 3 e 5 cm.

L'elevata risoluzione e qualità delle immagini, nonché il dettaglio delle curve di livello e del DTM, hanno permesso di definire ed interpretare con grande precisione le forme del rilievo, le dinamiche in atto ed i settori di inserimento dei manufatti. La linea di riva ottenuta dalle elaborazioni del DTM ha permesso inoltre di fare valutazioni circa la tendenza evolutiva del litorale

rispetto alle ortofoto storiche, con particolare riferimento alla linea di riva 1:2.000 elaborata a partire dalle ortofoto CGR 2008. In particolare è stata fatta una valutazione circa le variazioni morfo-volumetriche della spiaggia derivanti dal confronto tra le quote del DTM realizzato sul volo da drone e il DTM regionale del 2008. Dal confronto emerge che ad una perdita di volumi, per abbassamento delle quote delle superfici, nel settore della avanspiaggia-battigia rispetto al 2008, si assiste ad un incremento delle elevazioni di quota nel retrospiaggia, con un trasferimento di volumi sabbiosi sulla spiaggia emersa dall'avanspiaggia all'alta spiaggia. Questa cambiamento è probabilmente legata al profilo invernale della spiaggia nel rilievo di fine marzo 2023 e non a differenze volumetriche dello stock sedimentario della spiaggia.

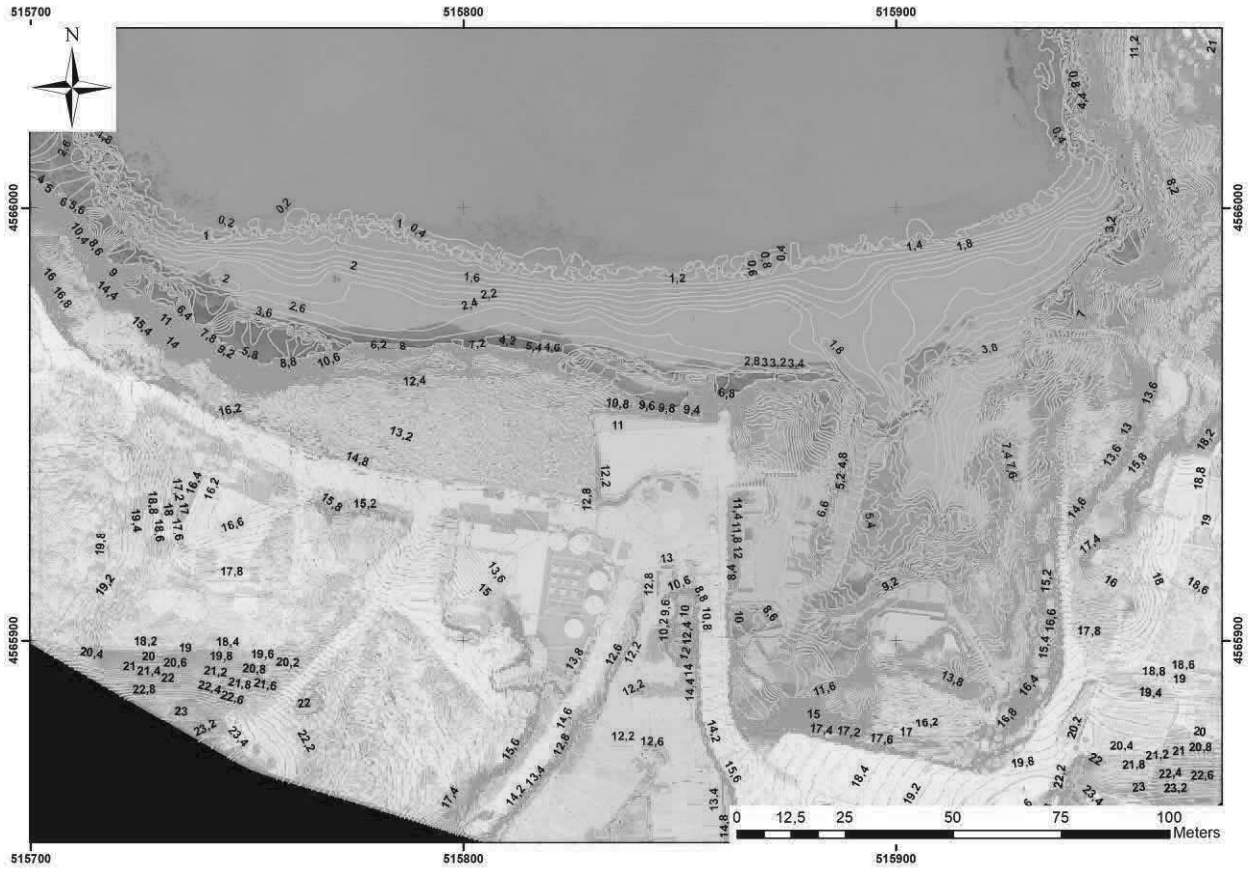


Figura 10: DTM ottenuto dal rilevo da drone (2023) e relative curve di livello ogni 20 cm

Dall'analisi delle linee storiche, la sequenza temporale analizzata abbraccia un intervallo di tempo significativo in termini di evoluzione geomorfologica di una spiaggia, intervallo durante il quale si sono accresciute in misura significativa le interferenze antropiche sugli equilibri di spiaggia, passando da una situazione di quasi totale naturalità (1954 e 1968), fino ad una diffusa urbanizzazione del margine costiero ed un'intensa pressione turistica sul sistema di spiaggia. In particolare l'elemento insediativo che più di ogni altro ha determinato una modificazione dell'assetto morfologico della spiaggia è stato la strada di accesso al mare e le strutture ricettive interne. Le problematiche scaturite dalla urbanizzazione diffusa derivano dal fatto che le stesse s'inserivano nel margine di passaggio tra l'allora sistema di spiaggia e l'inizio del campo dunare retrostante.

Fino alla fine degli anni '70, si riconosceva un campo dunare esteso per circa 8.000m^2 nella porzione orientale della spiaggia che si spingeva nell'entroterra per oltre 100 metri. Si trattava di un

sistema dunare attivo con formazioni dunari embrionali e retrodunari, stabilizzate con vegetazione a ginepro. Attualmente la superficie complessiva del sistema dunare si aggira intorno 3.800 m^2.

Le variazioni della linea di riva rispetto alle ortofoto più antiche disponibili, evidenziano un arretramento rispetto al 1954 mediamente di circa 5-6 metri. Rispetto al 1968, si riconosce una sostanziale stabilità della linea di riva, cosi come nel 1977. Una grande variazione si evidenzia invece rispetto al rilievo della linea di riva riferito al 2008, dove si assiste ad un arretramento medio di circa 10 metri, con punte di 15 metri nel settore occidentale.

Accanto a questo progressivo e generalizzato arretramento della linea di riva, si riconosce in corrispondenza dei muri di contenimento presenti in ambito di spiaggia, un'accentuazione del fenomeno di erosione che ha indotto una concavità al profilo della linea di costa. Questo fenomeno potrebbe essere imputabile ai fenomeni di riflessione delle onde incidenti sulla struttura muraria, oppure ai fenomeni di trasferimento dei volumi sabbiosi a ridosso delle strutture murarie da parte del trasporto eolico, aumentando la pendenza della spiaggia, senza possibilità così che i sedimenti stessi possano tornare nella battigia e nella spiaggia sommersa.

Nel complesso secondo quanto emerge dalle ortofoto analizzate, è possibile stimare in circa 5 metri l'arretramento della linea di riva in generale in tutto il litorale, considerando la fase di accrescimento del 2008 un momento particolarmente favorevole ai fenomeni deposizionali che non trova comunque riscontri negli anni precedenti.

Figura 11: valutazione sulle variazioni morfo-volumetriche della spiaggia derivanti dal confronto tra le quote del DTM realizzato sul volo da drone nel 2023 e il DTM regionale del 2008: si osservi l'inarcamento della falcata sabbiosa e l'aumento della pendenza del profilo nella parte mediana della spiaggia con l'abbassamento/arretramento della battigia e l'innalzamento altimetrico del cuneo sabbioso a ridosso delle strutture fisse di retrospiaggia. Evidenti anche i decrementi di quota nel settore delle dune residuali che confermano la progressione della demolizione dei corpi sabbiosi.

Ortofoto (1954-55) (da "Sardegna Geoportale")

Fig. 4 - Ortofoto (1968) (da "Sardegna Geoportale")

Fig. 5 - Ortofoto (1977-78) (da "Sardegna Geoportale")

Fig. 6 - Ortofoto (1997) (da "Sardegna Geoportale")

Fig. 7 - Ortofoto (2006-2008) (da "Sardegna Geoportale")

Fig.8 - Ortofoto (2013) (da "Sardegna Geoportale")

Fig. 9 - Ortofoto (2019) (da "Sardegna Geoportale")

7. Analisi floristico-vegetazionale della spiaggia di "Rena Bianca"

7.1 Inquadramento generale

La spiaggia di "Rena Bianca" si trova nel comune di Santa Teresa Gallura (SS), in Gallura, a settentrione rispetto all'abitato, ma a ridosso dello stesso. Essa è posta sul fondo di un'insenatura delimitata a W dall'isola di Municca e a E da un piccolo promontorio su cui sorge la Torre di Longosardo e alla base della scarpata che dai versanti circostanti degrada rapidamente verso di essa.

L'arenile è fruibile attraverso la strada che giunge dal centro abitato e tramite alcuni camminamenti che, sempre dall'abitato, si portano verso la sua porzione più orientale. Allo stato attuale essa è servita da un posteggio e su di essa, soprattutto sulla sua porzione orientale, insistono diverse strutture murarie (muri di contenimento, aiuole, camminamenti, scale di accesso, spazi cementati), i servizi pubblici e un bar. Le costruzioni dell'abitato (case private, hotel, B&B, ecc.) non insistono direttamente sull'arenile, ma al più si affacciano sullo stesso lungo i versanti della scarpata.

Figura 12: Ortofoto della spiaggia (da Google Earth)

La spiaggia ha una falcata di circa 220 m e una profondità massima di circa 23 m. Dal punto di vista morfologico l'arenile può essere diviso in due porzioni:

- la porzione occidentale, più estesa, delimitata verso l'interno da una falesia di arenarie di origine eolica, che si protrae, verso il centro, poco oltre la scala di accesso alla spiaggia;
- la porzione orientale, più profonda, caratterizzata in passato dalla presenza di un piccolo sistema dunale, visibile in qualche foto d'epoca e oggi individuabile nei residui vegetazionali ancora presenti.

Figura 13: Fotografia storica della parte orientale dell'arenile (da "Capo Testa Channel)

L'analisi della scansione temporale delle ortofoto) mostra che i principali interventi sull'arenile sono avvenuti dopo la fine degli anni '70 del secolo scorso e soprattutto a carico del piccolo sistema dunale posto sulla porzione orientale della spiaggia.

La componente climatica è caratterizzata dal Termotipo Termomediterraneo superiore (CANU et al., 2015).

L'area si trova a margine della ZSC "Capo Testa" (ITB010007), dell'IPA "SAR19 – Costa tra Santa Teresa Gallura e Valledoria" (BLASI et al., 2010) e all'interno dell'Area Marina Protetta "Capo Testa - Punta Falcone".

7.2 Metodo

Per necessità progettuali le indagini floristiche sono state eseguite con alcuni rilievi nel periodo compreso tra il 01/04/23 e il 08/04/23.

L'arenile è stato suddiviso in settori, utilizzando i confini naturali o artificiali presenti, oppure sullo stesso sono stati tracciati dei transetti in base alle caratteristiche geomorfologiche e vegetazionali.

In fase di rilievo per ogni settore e/o transetto sono state elencate le diverse specie rilevate, ma poi nella descrizione sono riportate le entità più caratteristiche e si è cercato, nei limiti del possibile, di individuare gli habitat o le associazioni vegetali presenti. Infatti il periodo di analisi e il tempo a disposizione non hanno permesso di eseguire e analizzare rilievi fitosociologici puntuali. La descrizione degli aspetti vegetazionali è accompagnata, in calce, dallo schema sintassonomico, con le diverse comunità vegetali rilevate, presenti, in forma residuale o presunte, e dall'elenco degli habitat ai sensi della Direttiva 92/43/CEE.

I dati raccolti sono stati invece utilizzati per redigere un elenco floristico che, dato il ristretto periodo temporale concesso, è necessariamente incompleto, poiché diverse specie annuali non erano ancora presenti al momento dei rilievi e molte entità, in assenza di fiori e/o frutti, non erano correttamente identificabili.

Le piante presenti sono state determinate direttamente sul campo o mediante l'utilizzo delle principali flore italiane ed europee (Barbey, 1829; Moris, 1837-59; Tutin et al., 1964-80; 1993; Pignatti,

2017-19; Bolòs Vigo, 1984-2001; Castroviejo, 1986-2015; Delforge, 2005; Arrigoni, 2006-2015; Jeanmonod & Gamisans. 2013; Tison & De Foucault, 2014;). Gli aspetti sistematici e nomenclaturali sono stati desunti Bartolucci & al. (2018) e Galasso & al. (2018), mentre quelli degli Ordini e Famiglie da PPG I (2016) per le Pteridofite, Farjon (2017) per le Gymnosperme e da APG IV (2016) per le Angiosperme; i generi sono trascritti in accordo con Peruzzi (2010) e, all'interno delle famiglie, le specie sono riportate in ordine alfabetico.

Le forme biologiche sono desunte dalla classificazione di Raunkiaer (1934), mentre le caratteristiche corologiche da Pignatti (2017-2019).

La ricerca bibliografica non ha invece permesso di rilevare studi floristici o fitosociologici concernenti l'area in questione.

7.3 La Flora

Complessivamente sono state censite 127 specie, di cui 113 determinate.

Nell'elenco sono indicate in corsivo le specie coltivate e con un asterisco quelle determinate in modo dubitativo. L'elenco non può dirsi esaustivo a causa del periodo del rilievo e dall'esiguità temporale dello stesso.

7.4 Elenco floristico

Gymnospermae Pinopsida

Pinales Pinaceae

Pinus halepensis Mill. - Pscap - Stenomedit.

Cupressales Cupressaceae

Juniperus macrocarpa Sm. - Pcaesp/Pscap - Eurimedit.

Juniperus turbinata Guss. - Pcaesp/Pscap - Eurimedit.

Angiospermae Magnoliopsida

Alismatales Araceae

Arisarum vulgare O. Targ.Tozz. – Grhiz - Stenomedit.

Liliales Smilacaceae

Smilax aspera L. – NP - Paleosubtrop.

Asparagales Asparagaceae

**Agave sp.*

Asparagus acutifolius L. - Grhiz/NP - Stenomedit. *Muscari comosum (L.)* Mill. – Gbulb - Eurimedit. **Amaryllidaceae**

Allium commutatum Guss. – Gbulb - E-Stenomedit.

Allium triquetrum L. – Gbulb - W-Stenomedit. Pancratium maritimum L. – Gbulb - Stenomedit. **Asphodelaceae**

Asphodelus ramosus L. – Grhiz - Stenomedit.

Orchidaceae

Ophrys incubacea Bianca – Gbulb - N-Stenomedit. (poco fuori dall'area di studio) *Ophrys speculum Link* – Gbulb - Stenomedit. (poco fuori dall'area di studio)

Poales Cyperaceae

Carex flacca Schreber subsp. erythrostachys (Hoppe) Holub – Grhiz - Europ.

Poaceae

**Anisantha sp.* – Tscap

Arundo donax L. – Grhiz - Asiat.div.Subcosmop.

Avena barbata Potter ex Link – Tscap - Eurimedit.-Turan. B*rachypodium retusum* (Pers.) P.Beauv. – Hcaesp – Steno-Medit-Occid Catapodium balearicum (Willk.) H.Scholz – Tscap - Medit.-Atl.(Euri-)

Dactylis glomerata L. subsp. hispanica (Roth) Nyman – Hcaesp - Stenomedit. Hordeum murinum L. subsp. glaucum (Steud.) Tzvelev – Tscap - Circumbor. Lagurus ovatus L. – Tscap - Eurimedit.

Poa annua L. – Tscap - Cosmop.

**Ranunculales Ranunculaceae*

Sporobolus pumilus (Roth) P.M. Peterson & Saarela – Grhiz - Anfi-Atl. *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth – Grhiz - Subtrop.

**Thinopyrum junceum* (L.) Á.Löve - Grhiz – Eurimedit..

Ranunculales Ranunculaceae

Clematis flammula L. – Plian - Eurimedit.

Papaveraceae

Fumaria bastardii Boreau – Tscap - Subatl. Glaucium flavum Crantz – Hscap - Eurimedit. *Papaver rhoeas* L. – Tscap - E-Medit.

Caryophyllales Plumbaginaceae

Armeria pungens (Link) Hoffmanns. & Link - Ch.frut - SW-Europ.

Limonium contortirameum (Mabille) Erben - Ch.suffr - Endem.

Polygonaceae

Rumex bucephalophorus L. - Tscap - Medit.-Macarones.

Caryophyllaceae

Cerastium glomeratum Thuill. - Tscap - Subcosmop. *Sagina apetala* Ard. – Tscap - Eurimedit.

Silene gallica L. – Tscap - Subcosmop.

**Silene gr. colorata* - T scap

Silene vulgaris (Moench) Garcke – Hscap - Paleotemp.

Stellaria media (L.) Vill. - Trept/hbienn - Cosmop.

Chenopodiaceae

Beta vulgaris L. subsp. maritima (L.) Arcangeli - Hscap/Tscap - Eurimedit.

Chenopodiastrum murale (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch - Tscap - Subcosmop.

Aizoaceae

**Mesembryanthemum sp.*

**Carpobrotus sp.* - Ch.suffr.

Cactaceae

**Opuntia sp*.

Malpighiales Euphorbiaceae

Euphorbia helioscopia L. - Tscap - Cosmop.

Euphorbia peplus L. – Tscap - Eurosib.div.Subcosmop. *Euphorbia pithyusa* L. subsp. pithyusa L. - Ch.suffr - W-Medit.

**Euphorbia sp.*

Linaceae

Linum usitatissimum L. subsp. angustifolium (Huds.) Thell. - H bienn - Euri-Medit.

Oxalidales Oxalidaceae

Oxalis pes-caprae L. – Gbulb - Sudafr.

Fabales Fabaceae

Acacia saligna (Labill.) H.L. Wendl. – Pscap - Austral. *Lathyrus clymenum* L. – Tscap - Stenomedit.

Lathyrus ochrus (L.) DC. – Tscap - Stenomedit. *Lotus cytisoides* L. - Ch.suffr - Stenomedit.

Medicago littoralis Rohde ex Loisel. – Tscap - Eurimedit. *Trifolium scabrum* L. - Trept/Tscap - Eurimedit.

Trifolium stellatum L. – Tscap - Eurimedit.

Vicia sativa L. – Tscap - Medit.Turan.div.Subcosmop.

Rosales Rhamnaceae

Rhamnus alaternus L. – Pcaesp - Stenomedit.

Moraceae

Ficus carica L. - Pscap - Medit.-Turan.

Urticaceae

**Parietaria sp*.

**Urtica sp*.

Geraniales Geraniaceae

Erodium corsicum Léman - Ch.suffr - Endem.

Geranium molle L. – Tscap - Eurasiat.div.Subcosmop.

Myrtales Myrtaceae

Myrtus communis L. – Pcaesp - Stenomedit.

Brassicales Brassicaceae

Cakile maritima Scop. – Tscap - Medit.-Atl. (Steno)

Lobularia maritima (L.) Desv. - Hscap/Ch.suffr. - Stenomedit. *Matthiola sinuata* (L.) W.T. Aiton – Hscap - Medit.-Atl. (Steno)

Raphanus raphanistrum L. subsp. landra (Moretti ex DC.) Bonnier & Layens – Tscap - Stenomedit. *Raphanus raphanistrum* L. subsp. raphanistrum – Tscap - W-Medit.

Malvales Thymelaeaceae

Thymelaea hirsuta (L.) Endl. - NP/Ch.suffr. - S-Medit.-W-Asiat.

Cistaceae

Cistus creticus L. subsp. eriocephalus (Viv.) Greuter & Burdet – NP - Stenomedit.

Malvaceae

Malva arborea (L.) Webb & Berthel. – Hbienn - Stenomedit.

Malva multiflora (Cav.) Soldano, Banfi & Galasso – Tscap - Stenomedit.

Santalales Santalaceae

Osyris alba L. - NP - Euri-Medit.

Sapindales Anacardiaceae

Pistacia lentiscus L. – Pcaesp - S-Medit.-Macarones.

Gentianales Rubiaceae

Crucianella maritima L. - Ch.suffr - Stenomedit.

Galium aparine L. – Tscap - Eurasiat.

Galium verrucosum Huds. – Tscap - Stenomedit.

Galium verrucosum Huds. subsp. halophilum (Ponzo) Lambinon – Tscap - Endem. Rubia peregrina L. – Plian - Stenomedit.-Macarones.

Sherardia arvensis L. – Tscap - Eurimedit.div.Subcosmop. Valantia muralis L. – Tscap - Stenomedit.

Apocynaceae

Nerium oleander L. - P caesp - Steno-Medit.

Boraginales Boraginaceae

Echium sabulicola Pomel – Hscap - W-Stenomedit.

Lamiales Oleaceae

Olea europaea L. var. sylvestris Brot. – Tcaesp - Stenomedit.

Phillyrea angustifolia L. – Pcaesp - W-Stenomedit.

Labiatae

**Lavanda sp.*

Salvia clandestina L. – Hscap - SE-Europ. Teucrium capitatum L. - Ch.suffr - Stenomedit.

Scrophulariaceae

Myoporum sp. - Pcaesp

Plantaginaceae

Cymbalaria muralis G. Gaertn., B. Mey. & Scherb. - Ch.rept. - S-Europ.div.Subcosmop. *Plantago coronopus* L. - Tscap/Hbienn - Eurimedit.

Plantago lagopus L. – Tscap - Stenomedit.

Plantago lanceolata L. – Hros - Eurasiat.div.Cosmop. *Veronica cymbalaria* Bodard – Tscap - Eurimedit.

Acanthaceae

Acanthus mollis L. - H scap - W-Medit.

Solanales

Convolvulaceae

Convolvulus althaeoides L. – Hscand - Stenomedit. Convolvulus soldanella L. – Grhiz - Cosmop.

Solanaceae

Hyoscyamus albus L. - Hbienn/Ch. - Eurimedit.

Apiales Apiaceae

Crithmum maritimum L. - Ch.suffr - Eurimedit.

Daucus carota L. subsp. maximus (Desf.) Ball – Hbienn - Eurimedit.

**Daucus gr. gingidium* – Hbienn

Smyrnium olusatrum L. - Hbienn. - Medit.-Atl. (Euri)

Dipsacales Caprifoliaceae

Sixalix atropurpurea (L.) Greuter & Burdet - Hbienn/Tscap - Stenomedit.

Asterales Asteraceae

Anthemis maritima L. – Hscap - W-Medit.

Artemisia arborescens (Vaill.) L. - Pcaesp. - S-Medit. Bellis annua L. – Tscap - *Stenomedit.-Macarones.*

Calendula arvensis L. – Tscap - Eurimedit.

Carduus cephalanthus Viv. - Hbienn/Tscap - Endem. *Carlina corymbosa L.* – Hscap - Stenomedit.

Cichorium intybus L. – Hscap - Cosmop. Crepis vesicaria L. – Tscap - Submedit.-Subatl.

Dittrichia viscosa (L.) Greuter – Hscap - Eurimedit. *Filago pygmaea* L. – Trept - Stenomedit.

Galactites tomentosus Moench – Hbienn - Stenomedit.

Helichrysum italicum (Roth) Don subsp. tyrrhenicum (Bacch., Brullo & Giusso) Herrando, J.M.Blanco, L.Sáez & Galbany - Ch.suffr - Endem.

Hypochaeris achyrophorus L. – Tscap - Stenomedit.

Jacobaea maritima (L.) Pelser & Meijden subsp. Maritime - Ch.suffr - W-Medit. *Reichardia picroides* (L.) Roth – Hscap - Stenomedit.

**Scolymus sp*.

Senecio transiens (Rouy) Jeanm. – Tscap - Endem.

Sonchus bulbosus (L.) N. Kilian & Greuter – Gbulb - Stenomedit. Sonchus oleraceus L. – Tscap - Eurasiat.div.Subcosmop.

Sonchus tenerrimus L. – Tscap - Stenomedit.

Urospermum dalechampii (L.) F.W.Schmidt – Hscap - W-Eurimedit.

7.5 Specie endemiche e di notevole interesse fitogeografico

Nell'area esaminata sono state rilevate cinque specie endemiche:

Carduus cephalanthus Viv.

Specie endemica a diffusione tirrenica ben diffusa nelle coste galluresi (Ruggero, 2022). Nel sito studiato è presente in due zone lungo la falesia.

Erodium corsicum Léman

Endemita sardo-corso, che in Sardegna è diffuso unicamente lungo le coste settentrionali (Valsecchi, 1977), dove peraltro appare abbondante (Ruggero, 2022). Nel sito la specie è presente lungo quasi tutta la falesia, sia nelle aree di roccia consolidata, sia nelle zone con terreno sabbioso poco coerente, trovandosi tra l'altro a proprio agio anche lungo la scogliera granitica, a poca distanza dall'arenile.

***Galium verrucosum* Huds. subsp. *halophilum* (Ponzo) Lambinon**

Endemita di Sardegna, Corsica, Sicilia, Arcipelago Toscano (Peruzzi et al., 2014) e ampiamente diffuso sulle coste galluresi (Ruggero, 2022). Nel sito compare in modo saltuario in alcuni punti.

Helichrysum italicum (Roth) Don subsp. tyrrhenicum (Bacch., Brullo & Giusso) Herrando, J.M.Blanco, L.Sáez & Galbany

Endemita sardo-corso-balearico (Herrando-Moraira et al., 2016), ampiamente diffuso in Sardegna e praticamente presente, seppur non in modo abbondante e continuo, in tutta l'area studiata.

Limonium contortirameum (Mabille) Erben

Endemita di Sardegna, Corsica e isola di Capraia; in Sardegna è diffuso lungo le coste settentrionali e nordorientali (Arrigoni & Diana, 1993; Arrigoni, 2006-2015, Ruggero, 2022). Entità non da tutti considerata valida, infatti Fois et al. (2022) lo pongono tra le specie inquirenda. Nel sito compare unicamente lungo la falesia a E della grotta.

Occorre inoltre segnalare la presenza di almeno due entità di notevole interesse fitogeografico:

Armeria pungens (Link) Hoffmanns. & Link

Specie ad areale mediterraneo occidentale, con distribuzione limitata agli ambienti dunali di Sardegna, Corsica e penisola iberica; in Italia è presente esclusivamente in Sardegna, soprattutto nella parte settentrionale dell'Isola; per tale ragione, sottoposta a forte rareffazione a causa della pressione antropica sui litorali, è inserita nella Red List italiana (EN) (Domina, 2011; Rossi et al., 2020). Nell'area studiata sono presenti pochi esemplari presso la scala di accesso alla spiaggia.

Jacobaea maritima (L.) Pelser & Meijden subsp. maritima

Entità con areale mediterraneo occidentale, anche se successivamente diffusa a scopo ornamentale in altre parti del Mondo (Greuter, 2006). In Sardegna sarebbe presente solamente la subspecie nominale (Bartolucci et al., 2018), diffusa soprattutto nella parte settentrionale dell'Isola, anche se non mancano le segnalazioni della subspecie bicolor (Willd.) B.Nord. & Greuter (Bagella et al., 2019). Nell'area studiata la specie è molto diffusa in tutti gli ambienti, a eccezione della spiaggia.

7.6 Aspetti vegetazionali

Il sito, come già indicato, presenta una morfologia complessa, dovuta alla contemporanea presenza di diverse componenti geomorfologiche (falesia sedimentaria, scogliera granitica, spiaggia, sistema dunale), successivamente modificate o comunque influenzate in relazione alla fruizione balneare.

Di conseguenza l'area, ab origine, era caratterizzata da associazioni vegetali molto diverse tra di loro, alcune delle quali, nel tempo, sono state sottoposte a forti pressioni antropiche, così che di esse rimangono oggi solamente delle tracce o sono addirittura scomparse.

In una situazione così antropizzata, dove non manca la presenza di entità alloctone e in cui abbondano le specie ruderali, non sempre sono chiaramente leggibili le associazioni vegetali che solitamente caratterizzano i litorali sabbiosi e rocciosi. Di seguito sono le comunità vegetali rilevate lungo l'arenile, con le specie che maggiormente le caratterizzano e cercando di individuare la presenza di determinate associazioni o delle loro tracce.

Figura 14: Ortofoto con delimitazione delle Aree e dei Tansetti (**Si veda anche § *7.9 Rappresentazione dei Transetti e delle Aree omogenee***)

A occidente la spiaggia è chiusa da una scogliera granitica immediatamente sormontata da una ripa a forte inclinazione costituita da un terreno in parte sabbioso (**transetto n° 1**).

Sulla porzione rocciosa sono presenti solamente pochi cespi di *Crithmum maritimum*, mentre mancano i *Limonium*.

Poco sopra si ha una fascia di circa 1.5-2.5 m, con terreno prevalentemente sabbioso, con copertura vegetale lasca costituita da cespi sparsi di *Euphorbia pithyusa subsp. pithyusa, Helichrysum italicum subsp. tyrrhenicum, Pancratium maritimus, Reichardia picroides, Senecio transiens*, probabilmente inquadrabile nell'associazione *Euphorbio pithyusae-Helichrysetum microphylli* e quindi nell'habitat "5320 Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere".

Segue una zona dove bassi cespugli di *Pistacia lentiscus* e *Juniperus macrocarpa*, ricoperti da varie lianose, come *Smilax aspera* e *Rubia peregrina*, e invasi dal *Crithmum*, si alternano a formazioni prative o di gariga, dominate da *Crithmum maritimum*, *Jacobaea maritima, Lotus cytisoides* e *Brachypodium retusum,* con la presenza di *Malva arborea e Rhamnus alaternus*, oltre a varie erbe e suffruttici. La presenza di *Juniperus macrocarpa,* a causa del substrato sabbioso, e di *Pistacia lentiscus* porta verso il *Pistacio-Juniperetum macrocarpae* dello *Juniperion turbinatae*, quindi dell'habitat prioritario "2250* dune costiere con *Juniperus spp.*", pur essendo qui alla presenza di una ripa e non di una duna; associazione che peraltro poco oltre, verso occidente, verge verso associazioni del *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni,* e che nello stesso punto è frammentata per la presenza di prati aridi, probabilmente ascrivibili al *Thero-Brachypodion* ramosi (habitat: 6220* Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*) e porzioni di vegetazione camefitica aeroialina, probabilmente afferenti alla *Crithmo-Staticetalia*, pur qui in assenza di *Limonium* e/o alla *Pegano-Salsoletea*.

La porzione di spiaggia antistante la falesia sedimentaria è fondamentalmente afitoica; non sono rilevate infatti neppure le specie pioniere che solitamente caratterizzano la parte più elevata delle spiagge; mancano quindi le tipiche associazioni della CAKILETEA MARITIMAE. Tale situazione è probabilmente dovuta sia alla limitata profondità della spiaggia, che porta i marosi più importanti a lambirla completamente, sia alla massiccia frequentazione della stessa durante il periodo estivo, con la conseguente asportazione meccanica della *Posidonia*.

La falesia invece, pur a tratti quasi priva di vegetazione, presenta aspetti diversi e talora interessanti.

Procedendo da W verso E, il primo tratto di arenile (**transetto n° 2**) è caratterizzato dalla presenza di massi granitici sparsi, che probabilmente proteggono parte delle sabbie dalle operazioni di pulizia meccanica, permettendo la sopravvivenza di qualche pianta di *Eryngium maritimum*, mentre alla base della falesia si ha la presenza di rade piante di *Thinopyrum junceum*; probabilmente si tratta di residui dello *Sporoboletum arenarii elymetosum farctii* o dell'*Echinophoro spinosae-Elymetum farcti crithmetosum maritimi* (e quindi dell'habitat " 2110 dune mobili embrionali") la cui estensione è limitata sia dalla particolare conformazione dell'arenile, sia dagli effetti dell'eccessiva balneazione.

Segue la falesia, aggettante e di solida arenaria nella parte superiore, nuda o ricoperta da qualche pianta di *Smilax aspera*; mentre più in basso aree verticali si alternano a fasce meno inclinate e zone rocciose si avvicendano a zone di sabbie poco coerenti. La vegetazione è piuttosto varia e diventa difficile individuare un'associazione vegetale, infatti un esemplare arbustivo di *Juniperus macrocarpa* è accompagnato da cespugli sparsi di *Jacobaea maritima* tra pratelli con specie psammofile e/o alo-nitrofile come *Lotus cytisoides, Crithmum maritimum, Allium commutatum, Silene* gr. *colorata, Daucus* gr. *gingidium, Eryngium maritimum, Reichardia picroides, Carduus cephalanthus.* Sono presenti pertanto sia specie caratteristiche della *Crithmo-Staticetalia*, pur in assenza di *Limonium*, sia entità proprie della *Pegano-Salsoletea*.

Poco oltre, nei pressi di una grande esemplare di *Juniperus macrocarpa*, si ha una zona di crollo **(transetto n° 3**), quasi completamente ricoperta da una macchia costituita da *Pistacia lentiscus* e

in misura minore da *Phillyrea angustifolia* e *Rhamnus alaternus*; si tratta ovviamente di poche piante, che richiamano, almeno in parte il *Pistacio-Juniperetum macrocarpae*.

Le zone prative circostanti presentano parte delle specie rilevate nei transetti precedenti, mentre alla base della zona di crollo si rileva qualche esemplare di *Eryngium maritimus*, *Pancratium maritimum* e *Thinopyrum junceum*, che richiamano ancora lo *Sporoboletum arenarii elymetosum farctii* o l'*Echinophoro spinosae-Elymetum farcti crithmetosum maritimi.* La parte alta della falesia è ancora aggettante e priva di vegetazione.

La parte centrale della falesia è caratterizzata una sorta di tombino in cemento; nell'area circostante (**transetto n° 4**) la zona di crollo della falesia è limitata e sostenuta verso la spiaggia da un muro in conci di arenaria, che delimita una piattaforma poggiante sulla falesia verticale. Sulla suddetta piattaforma il terreno è ricoperto prevalentemente da *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, con la presenza delle erbe e suffrutici che caratterizzano i pendii già descritti; sul margine del muro è stato piantato del *Mesembryanthemum* sp.. Alla base del muro, sulla spiaggia sono rilevati solamente pochi cespi di *Eryngium maritimum* e *Crithmum maritimum*, mentre la falesia verticale è quasi nuda, presentando solamente poche piante di *Plantago commutata*, *Erodium corsicum* e *Crithmum maritimum*, con rami di *Carpobrotus* che pendono dal suo margine superiore. La lettura fitosociologica del sito è complessa a causa del notevole rimaneggiamento; si possono comunque riconoscere gli estremi della presenza del *Thero-Brachypodion ramosi* o del *Reichardio maritimae-Dactylion hispanicae* (habitat: 6220* Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*).

Segue una piccola grotta, chiusa da una palizzata di legno, di fronte e all'interno della quale le sabbie sono ancora afitoiche, così come le pareti della falesia, che al più sono ricoperte dai rami di qualche *Carpobrotus* che pende dal bordo della stessa e da qualche pianta di *Plantago commutata* (**transetto n° 5**).

Tra la grotta e una piccola costruzione di legno si ha una scarpata molto inclinata senza una zona di crollo (**transetto n° 6**); la sua porzione più bassa è costituita da materiale sabbioso incoerente con la presenza di parte delle specie psammofile già rilevate negli altri transetti, tra cui *Lotus cytisoides, Thinopyrum junceum, Allium commutatum, Silene* gr. *colorata, Daucus* gr. *gingidium, Senecio transiens, Reichardia picroides*, mentre la parte più alta alterna fasce di arenarie consolidate a fasce di materiale meno coerente, dove, tra le specie prima descritte dominano *Erodium corsicum*, *Jacobaea maritima, Crithmum maritimum, Limonium contortirameum, Valantia muralis, Helichrysum italicum* subsp. *tyrrhenicum, Parietaria sp.*; la presenza del *Limonium contortirameum* colloca parte della copertura vegetativa all'interno della *Crithmo-Staticetalia* e precisamente del *Crithmo-Limonietum contortiramei* (habitat "1240 Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con *Limonium* spp. endemici"), ma in alcune zone la presenza anche importante *Allium commutatum* potrebbe portare verso l'*Allio commutati-Lavateretum arborae allietosum commutati.*

Tra la struttura di legno e la scala di accesso (**transetto n° 7**) è invece presente un piccolo accenno di zona dunale, con una scarpata sabbiosa leggermente inclinata, mista ad arenarie affioranti, che termina con una piattaforma artificiale o seminaturale (?), che a sua volta si continua con la falesia; si tratta probabilmente dell'inizio dell'antico sistema dunale che, presumibilmente, in questo tratto poggiava sulla parte terminale della falesia, di cui si vede un piccolo lembo anche sulla parte opposta della scala. In ogni caso ora di quella struttura rimane solamente una piccola scarpata sabbiosa ricoperta da essenze sabulicole, come *Thinopyrum junceum, Silene* gr. *colorata, Pancratium maritimum, Senecio transiens, Convolvolus soldanella,* accompagnate da altre meno specializzate, come *Reichardia picroides, Lotus cytisoides, Allium commutatum, Daucus* gr. *gingidium,*ecc.; la piattaforma è quasi priva di vegetazione,

probabilmente per il suo uso durante il periodo estivo, anche se non mancano piante sparse di *Rumex bucephalophorus* e soprattutto *Silene* gr. *colorata,* mentre al margine, tra diverse alloctone coltivate, sono presenti pure *Crucianella maritima, Matthiola sinuata, Pancratium maritimum* e qualche erbacea propria di altri ambienti. E' possibile che in passato nella parte bassa della duna fosse presente lo *Sporoboletum arenarii elymetosum farctii* (e quindi dell'habitat " 2110 dune mobili embrionali") e nella parte alta della stessa il *Crucianello- Helichrysetum microphylli* o associazioni simili, facenti parte dell'habitat "2210 dune fisse del litorale del *Crucianellion Maritimae*", ma allo stato attuale il rimaneggiamento dell'area e la pressione antropica rendono difficile qualsiasi interpretazione.

La falesia invece è quasi nuda, pur talora presentando piante sparse o aggregate di *Erodium corsicum*, *Jacobaea maritima, Crithmum maritimum, Helichrysum italicum* subsp. *tyrrhenicum, Parietaria sp., Daucus* gr. *gingidium*, dove si legge ancora la traccia della *Crithmo-Staticetalia.*

La zona soprastante la falesia è ricoperta, nella porzione più prossima alla strada **(zona B**), da una vegetazione prativa sinantropica a *Graminaceae*, intervallata da rari e piccoli cespugli di *Pistacia lentiscus*, *Artemisia arborescens*, *Malva arborea* e *Dittrichia viscosa*, ma più frequentemente da alloctone sottoposte a irrigazione. Sul margine della falesia (**zona C**), soprattutto nella zona soprastante la grotta fino quasi alla scala, la maggiore rocciosità determina la comparsa di pratelli aridi a *Graminaceae,* non identificabili nel periodo di studio, con la presenza di radi cespi di *Helichrysum italicum* subsp. *tyrrhenicum, Crucianella maritima, Lotus cytisoides, Plantago commutata, Daucus* gr. *gingidium.*

Verso la parte più occidentale della falesia (**zona A**), meno disturbata, compare invece una macchia costituita prevalentemente da *Pistacia lentiscus*, ma con la presenza, pur non abbondante, di *Rhamnus alaternus*, *Phillyrea angustifolia, Olea europaea, Myrtus communis,* oltre alle solite *Smilax aspera e Rubia peregrina;* sul margine occidentale della stessa però, la maggiore rocciosità, determina la comparsa di forme più degradate con la presenza di *Cistus creticus* subsp. *eriocephalus;* si tratta di comunità vegetali afferenti al *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni.*

La scala di accesso alla spiaggia e il muro, che da essa si diparte, delimitano un'ampia zona rialzata rispetto all'arenile (**zona D**). All'interno della grande aiuola che si viene a creare sono visibili le tracce di quello che doveva essere il sistema ambientale precedente: la falesia, ormai bassa, era raggiunta dalla duna, che si appoggiava su di essa e poi penetrava in profondità verso l'interno. Oggi delle antiche fitocenosi rimangono solo tracce, tra l'altro influenzate dalla presenza di entità alloctone (*Acacia saligna, Carpobrotus, Oxalis pes-caprae*). La parte orientale dell'aiuola è appunto caratterizzata dalla presenza di sabbie sulle quali, tra le varie piante ruderali o ubiquiste, si distinguono *Armeria pungens, Crucianella maritima, Thinopyrum junceum, Matthiola sinuata, Glaucium flavum,* sormontate da *Juniperus macrocarpa;* verso la scala invece affiora in modo evidente l'arenaria, e allora diventano più abbondanti *Allium commutatum, Jacobaea maritima, Lotus cytisoides, Crithmum maritimum, Helichrysum italicum* subsp. *tyrrhenicum, Parietaria* sp., *Daucus* gr. *gingidium*, mentre a ridosso del muro permangono alcuni cespugli di *Phillyrea angustifolia* e *Pistacia lentiscus.*

In questo tratto è possibile ipotizzare la presenza di una seriazione dunale completa o quasi, che poteva comprendere lo *Sporoboletum arenarii elymetosum farctii*, l'*Echinophoro spinosae-Elymetum farcti crithmetosum maritimi*, il *Crucianello-Helichrysetum microphylli,* il *Crucianello-Armerietum pungentis* e il *Pistacio-Juniperetum macrocarpae* (habitat "2110 dune mobili embrionali", "2210 dune fisse del litorale del *Crucianellion Maritimae*", "2250* dune costiere con *Juniperus* spp."), ma di quel sistema rimane oggi rimangono solo tracce residuali.

Nella parte alta dell'aiuola, in prossimità della strada è presente il tipico prato ruderale a *Graminaceae*, soprattutto con *Hordeum murinum, Anisantha* sp., *Lagurus ovatus*.

Poco oltre, alcuni camminamenti, con relative opere murarie e aiuole, portano verso l'interno ad alcune costruzioni, deputate a bar e servizi igienici; e ancora un muro, costruito quasi parallelamente alla linea di costa, delimita e sostiene una zona rialzata, deputata in parte a uso balneare, ma anche soggetta al passaggio dei mezzi meccanici per la pulizia della spiaggia. Si tratta di quella porzione dell'arenile che in passato era ricoperta da un piccolo sistema dunale e che nel tempo ha subito i maggiori rimaneggiamenti e tutt'oggi subisce le maggiori pressioni (le opere murarie limitano il libero fluire delle sabbie, il passaggio di persone e mezzi meccanici asporta le sabbie e distrugge la vegetazione; a sua volta la mancanza di vegetazione porta a ulteriori dissesti).

Nelle aiuole presso i camminamenti, in genere affatto coltivate, sono presenti abbondanti entità ruderali (*Sonchus* sp.pl., *Oxalis pes-caprae*, *Papaver rhoeas, Smyrnium olusatrum*, ecc.), specie psammofile (*Silene* gr. *colorata*), ma anche cespugli di *Arundo donax, Juniperus macrocarpa* o *Malva arborea*.

La piana (**zona G**), che viene a essere contenuta dal suddetto muro e di fronte alle costruzioni sopra citate, è ricoperta per buona parte da sabbie afitoiche, sui cui lati sono presenti pratelli con entità psammofile (soprattutto *Silene* gr. *colorata*, ma anche *Pancratium maritimum, Crithmum maritimum, Echium sabuliculum, Cakile maritima*, ecc.) fortemente disturbati. Più all'interno, dove le sabbie si arricchiscono di suolo, dominano, con abbondanti cespi di *Arundo donax*, entità più sinantropiche (*Raphanus landra, Anisantha* sp., *Hordeum murinum, Lolium* sp., *Stellaria media, Crepis vesicaria*, ecc.), che danno origine a comunità, variabili nel tempo in relazione all'attività umana, appartenenti alla *Stellarietea mediae*.

Nel suo versante orientale la piana s'innalza verso l'abitato in una scarpata, recentemente sottoposta a lavori di sistemazione e quindi ricoperta da una vegetazione rada, costituita da qualche albero di *Juniperus macrocarpa*, sottoposto a potatura, dai ricacci di diverse essenze alloctone (*Acacia saligna, Myoporum* sp.) e da un misto di specie ruderali e psammofile. All'interno della scarpata è stata ricavata una zona sabbiosa pianeggiante ricoperta, a chiazze, soprattutto da *Silene* gr. *colorata* e *Senecio transiens* (vegetazione psammofila con *Silene* riferibile alla *Malcomietalia*). Anche in questo caso la presenza di esemplari arborei di *Juniperus macrocarpa* nella parte più alta raggiunta dalle sabbie, fa pensare alla preesistente presenza di una seriazione dunale complessa.

Al margine della spiaggia, di fronte alla zona poc'anzi descritta, una piccola emergenza in arenaria (**zona E**) è ricoperta prevalentemente da *Carpobrotus* sp. e *Crithmum maritimum*, che ai lati proteggono dal calpestio poche piante di *Crucianella maritima*, *Silene* gr. *colorata*. Dall'altro lato del percorso adibito ai trattori, un'altra piccola area sabbiosa (**zona F**) è ricoperta da diverse specie tipicamente psammofile, come *Cakile maritima, Thinopyrum junceum, Medicago littoralis, Silene* gr. *colorata, Pancratium maritimum, Senecio transiens, Eryngium maritimus, Lotus cytisoides, Sporobolus virginicus,* ecc.. Si tratta ancora una volta di forme residuali di difficile interpretazione, ma le cui specie portano a pensare alla passata esistenza delle formazioni tipiche della parte bassa di una duna in continuità con la zona poc'anzi descritta.

Superato questo tratto sabbioso, relativamente basso, la spiaggia è nuovamente delimitata da una ripida scarpata sulla quale si affacciano in alto le case dell'abitato (**transetto n° 8**). La spiaggia è ancora priva di piante, mentre la parte inferiore della scarpata, molto ripida, è quasi

completamente ricoperta da *Carpobrotus*, pur non mancando, negli spazi vuoti lasciati da questo, le piante già segnalate per le altre ripe sabbiose con l'aggiunta di *Anthemis maritima*. S'intravvedono quindi le tracce dello *Sporoboletum arenarii elymetosum farctii* nella porzione più bassa della scarpata e, poco sopra, in parte le specie che caratterizzano il *Crucianello-Helichrysetum microphylli*, in parte quelle caratterizzanti la *Crithmo- Staticetalia* o l'*Allio commutati-Lavateretum arborae anthemidetosum maritimae,* ma in un misto poco riconoscibile e poco cartografabile, soprattutto per l'abbondante presenza di entità alloctone.

Più in alto la scarpata diventa meno acclive e si ricopre delle piante della macchia, principalmente *Juniperus macrocarpa* e *Pistacia lentiscus*, ma con la presenza di *Rhamnus alaternus*, *Acacia saligna*, cespugli di *Pinus halepensis* e *Clematis flammula*, riassumibili in frammenti del *Pistacio-Juniperetum macrocarpae* e dell'habitat " 2250 Dune costiere con Juniperus spp.".

Negli spazi vuoti si creano zone prative con abbondanza di entità ruderali (*Sonchus* sp.pl.) e alloctone (*Oxalis pes-caprae*) e qualche residuo di gariga con *Helichrysum italicum* subsp. *tyrrhenicum, Teucrium capitatum, Euphorbia pithyusa* subsp. *pithyusa, Jacobaea maritima, Malva arborea* e *Thymelaea hirsuta*, probabilmente inquadrabili nell'*Euphorbio pithyusae-Helichrysetum microphylli euphorbietosum pithyusae* o nell'*Euphorbio pithyusae-Helichrysetum microphylli thymelaeetosum hirsutae* (habitat "5320 Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere").

Poco oltre la situazione appare abbastanza simile (**transetto n° 9**), con la spiaggia afitoica che si continua un una ripa fortemente inclinata, che interseca uno dei camminamenti che arrivano dalla torre aragonese. Alla base della ripa è presente una risorgiva d'acqua (naturale?) che alimenta una densa popolazione di *Sporobolus pumilus* (spesso queste formazioni sono attribuite allo *Junco maritimi- Spartinetum junceae*, ma qui manca lo *Juncus maritimus*); sulla scarpata dominano molte delle specie già rilevate nel transetto precedente (*Lotus cytisoides, Crithmum maritimum, Allium commutatum, Carpobrotus, Brachypodium retusum, ecc.),* ma con l'assenza di *Euphorbia pithyusa* subsp. *pithyusa* e *Thymelaea hirsuta* e con la presenza di *Lobularia maritima;* ci si trova quindi in una situazione poco decifrabile dal punto di vista vegetazionale, probabilmente di transizione, dato che il terreno della scarpata è più roccioso e sottoposto ad una forte azione antropica.

Più in alto la mancanza di sabbie determina la comparsa di una macchia bassa a *Pistacia lentiscus,* invasa da *Pinus halepensis*, inquadrabile nel *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni.*

La spiaggia è chiusa a oriente da una scogliera granitica abbastanza ripida (**transetto n° 10**), priva di piante nella sua porzione inferiore e con piante rupicole rade nella sua parte superiore, tra cui *Erodium corsicum*, *Lotus cytisoides, Jacobaea maritima, Crithmum maritimum, Carpobrotus, Brachypodium retusum, Helichrysum italicum* subsp. *tyrrhenicum*. In alto qualche cespuglio di *Pistacia lentiscus* conferma la presenza, seppur in forma rada del *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni.*

7.7 Schema sintassonomico

AMMOPHILETEA Br.-Bl. & Tüxen ex Westhoff, Dijk & Passchier 1946

AMMOPHILETALIA Br.-Bl. 1933

Sporobolion arenarii (Géhu & Géhu-Franck ex Géhu & Biondi 1994) Rivas-Martínez, Fernández-González, Loidi, Lousã & Penas 2001

Sporoboletum arenarii Rothmaler 1943

elymetosum farctii Géhu & Biondi 1994

Echinophoro spinosae-Elymetum farcti Géhu 1988

crithmetosum maritimi Biondi et al. 1996

CRITHMO-STATICETEA Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952

CRITHMO-STATICETALIA Molinier 1934

Erodio corsici-Limonion articulati Gamisans & Muracciole ex Géhu & Biondi 1994

Crithmo-Limonietum contortiramei R. & R. Molinier ex Géhu & Biondi 1994

typicum Géhu & Biondi 1994

JUNCETEA MARITIMI Br.-Bl. in Br.-Bl. & Roussine & Nègre 1952
JUNCETALIA MARITIMI Br.-Bl. ex Horvatic 1934

Juncion maritimi Br.-Bl. ex Horvatic 1934

Junco maritimi-Spartinetum junceae O. de Bolòs 1962 nom. inv. prop. Filigheddu, Farris & Biondi 2000

ARTEMISIETEA VULGARIS Lohmeyer, Preising & Tüxen ex von Rochow 1951
BRACHYPODIO RAMOSI-DACTYLETALIA HYSPANICAE Biondi, Filigheddu & Farris 2001

Thero-Brachypodion ramosi Br.-Bl. 1925

Reichardio maritimae-Dactylion hispanicae Biondi, Filigheddu & Farris 2001

PEGANO-SALSOLETEA Br.-Bl. & O. Bolòs 1958

SALSOLO VERMICULATAE-PEGANETALIA HARMALAE Br.-Bl. & O. Bolòs 1954

Artemision arborescentis Géhu & Biondi (1986) 1994

Allio commutati-Lavateretum arborae Foggi, Signorini, Grigioni & Clauser ex ass. nova

allietosum commutati subass. Nova

anthemidetosum maritimae subass. nova

STELLARIETEA MEDIAE Tüxen, Lohmeyer & Preising ex von Rochow 1951

HELIANTHEMETEA GUTTATI (Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine & Nègre 1952) Rivas Goday & Rivas- Martínez 1963

MALCOLMIETALIA Rivas Goday 1958

HELICHRYSO-CRUCIANELLETEA Géhu, Rivas-Martínez & Tüxen in Géhu 1975

CRUCIANELLETALIA MARITIMAE Sissingh 1974

Crucianellion maritimae Rivas Goday & Rivas-Martínez 1958

Helichryso microphylli-Armerietum pungentis Filigheddu & Valsecchi 1992

Crucianello-Helichrysetum microphylli Bartolo, Brullo, De Marco, Dinelli, Signorello & Spampinato 1992

HELICHRYSETALIA ITALICI Biondi & Géhu ex Géhu & Biondi 1994 Euphorbion pithyusae Biondi & Géhu 1994

Euphorbio pithyusae-Helichrysetum microphylli Biondi 1992

QUERCETEA ILICIS Br.-Bl. ex A. & O. Bolòs 1950

PISTACIO LENTISCI-RHAMNETALIA ALATERNI Rivas-Martínez 1975

Juniperion turbinatae Rivas Martínez 1975 corr. 1987

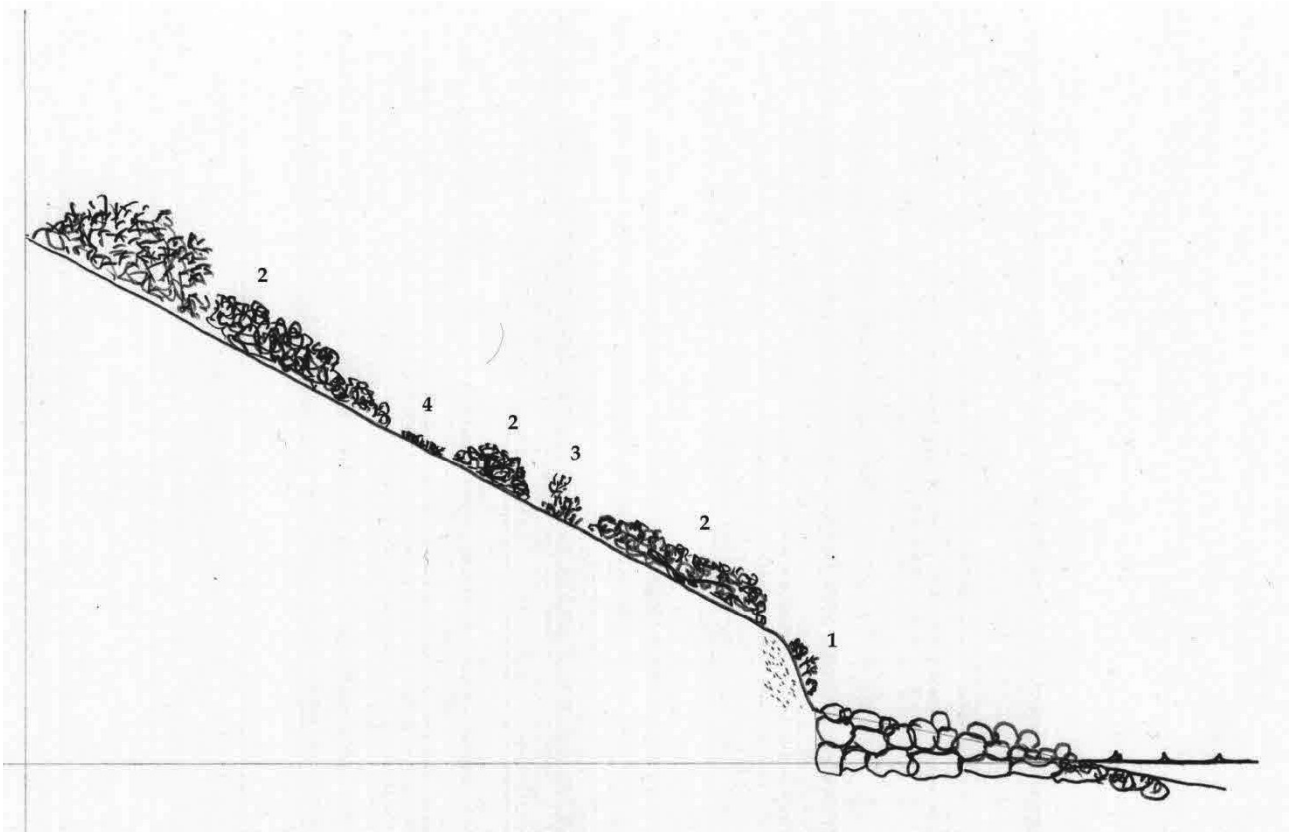
Pistacio-Juniperetum macrocarpae Caneva, De Marco, Mossa 1981

7.8 Elenco degli habitat

- 1240 Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con *Limonium* spp. endemici 2110 dune mobili embrionali
- 2210* Dune fisse del litorale del Crucianellion maritimae 2250* Dune costiere con *Juniperus* spp.
- 5320 Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere
- 6220* Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*

7.9 Rappresentazione dei Transetti e delle Aree omogenee

TRANSETTO 1



1 **-** *Euphorbio pithyusae-Helichrysetum microphylli* (5320 Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere); **2 -** *Pistacio-Juniperetum macrocarpae* (2250* dune costiere con *Juniperus* spp.); **3 -** formazioni prative o di gariga miste; **4 -** *Thero-Brachypodion ramosi* (6220* Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*) o vegetazione camefitica aeroialina della *Crithmo-Staticetalia.*

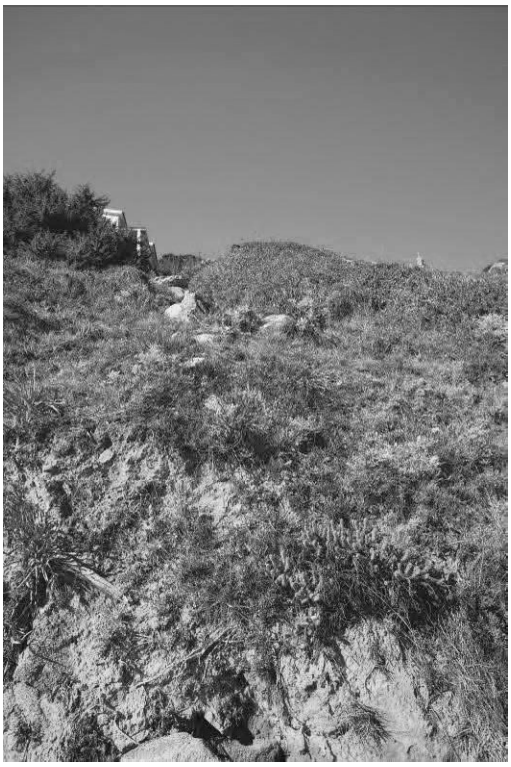


Fig.11 - Area del transetto

Fig.12 - Formazioni di gariga e prati xerofili tra cespugli di Pistacia

Fig.13 - Formazione di macchia a Pistacia lentiscus e Juniperus macrocarpa

TRANSETTO 2

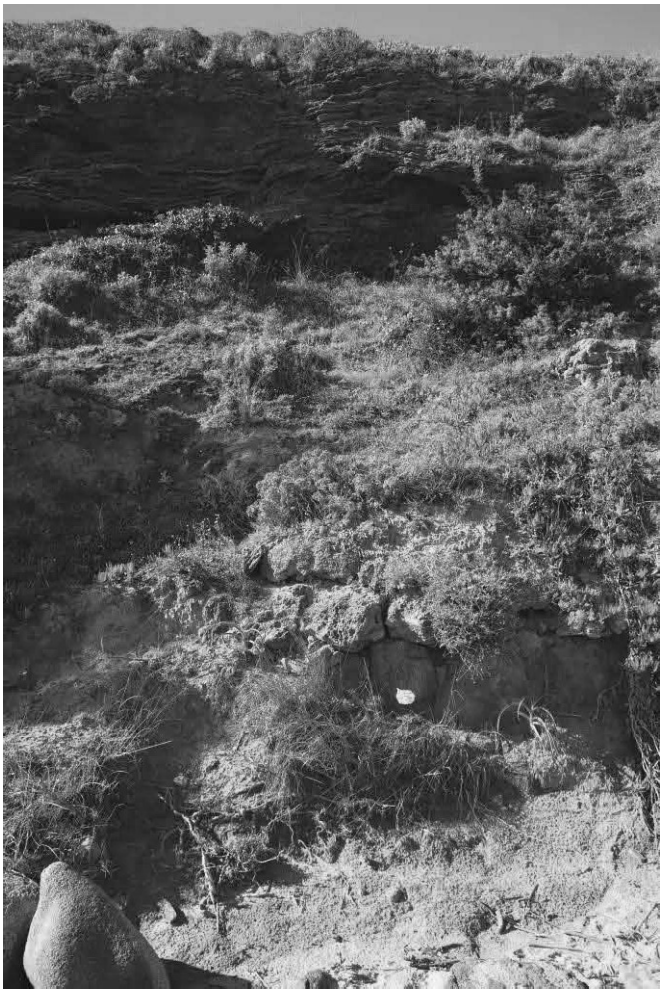


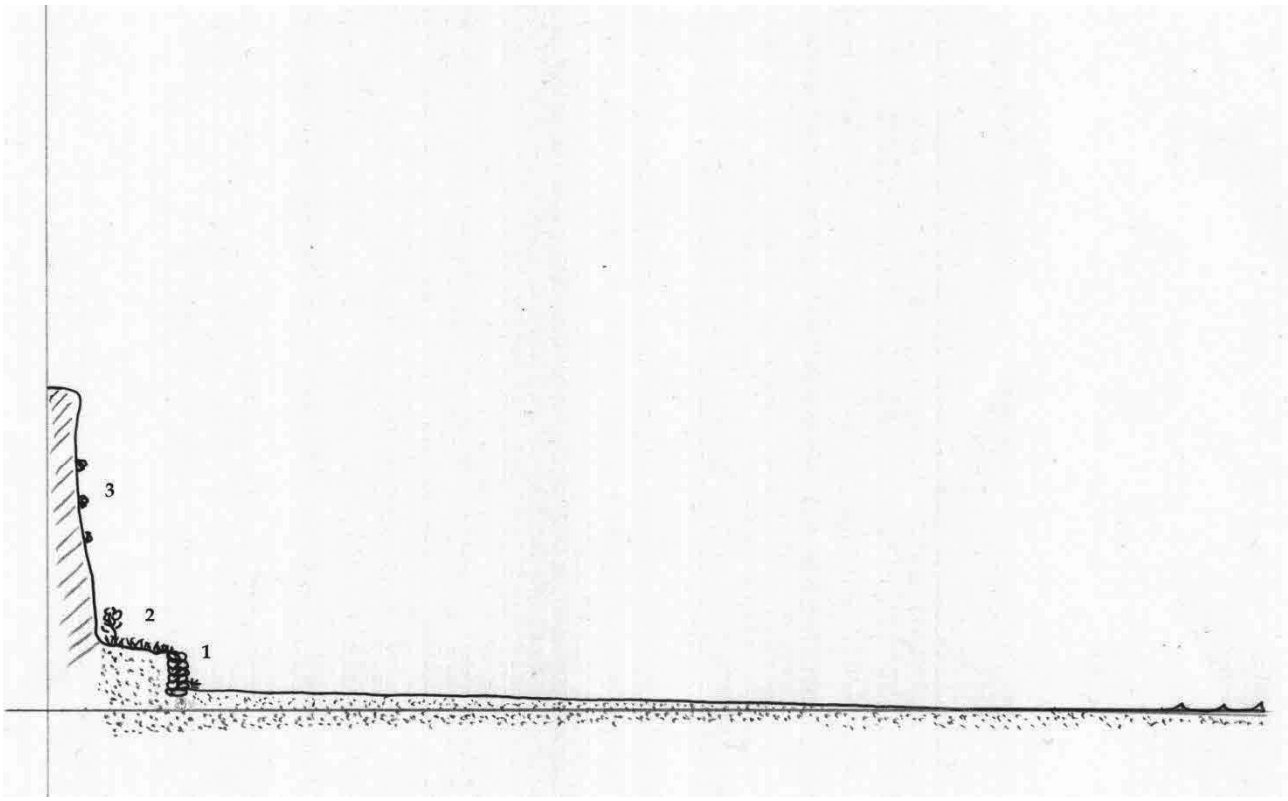
Fig.14 - Area del transetto

Fig.15 - Porzione sabbiosa e rocciosa della falesia

TRANSETTO 3

Fig.16 - Area del transetto, con area di crollo coperta dalla macchia e falesia rocciosa afitoica.

TRANSETTO 4



1 **-** residui di vegetazione psammofila; **2 -** *Thero-Brachypodion ramosi* o *Reichardio maritimae-Dactylion hispanicae* (6220* Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*); **3 -** piante rade di *Plantago commutata, Erodium corsicum* e *Crithmum maritimum*.

Fig.17 - Area del transetto in vista frontale

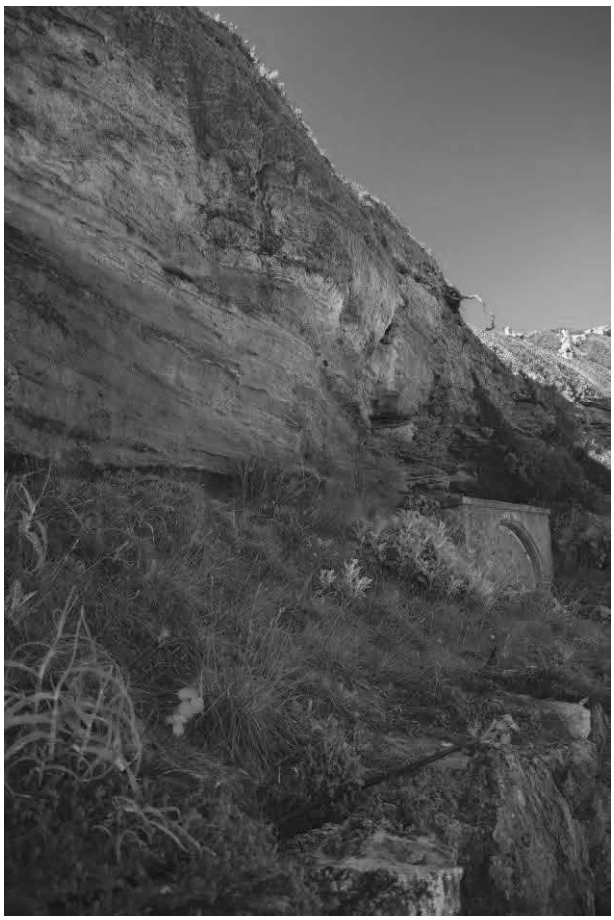


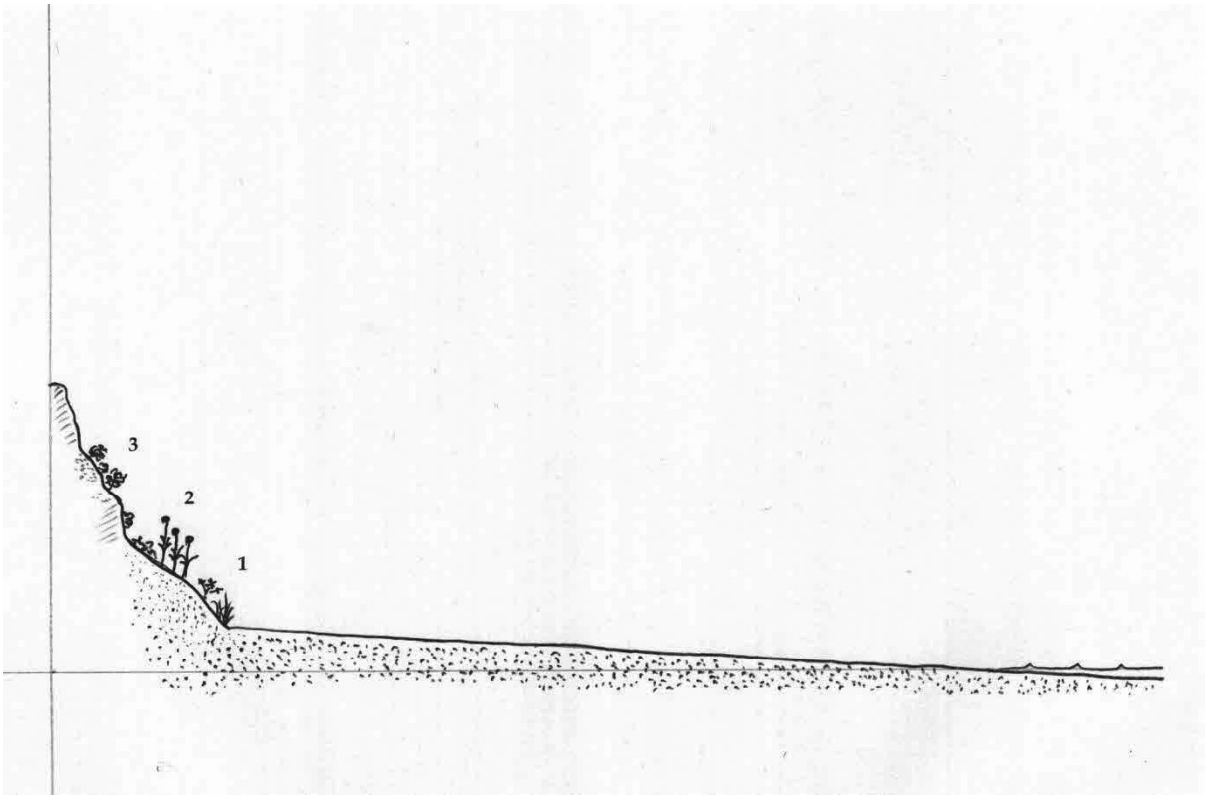
Fig.18 - Area del transetto in vista laterale

Fig.19 - Area prativa tra il muro di sostegno e la falesia con la dominanza di Dactylis

TRANSETTO 5

Fig.20 - Area del transetto con la grotta e la falesia su cui pende un Carpobrotus.

TRANSETTO 6



1 **-** Residui di vegetazione psammofila; **2 -** *Allio commutati-Lavateretum arborae allietosum commutati*; **3 -** *Crithmo-Limonietum contortiramei* (habitat "1240 Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con *Limonium* spp. endemici")

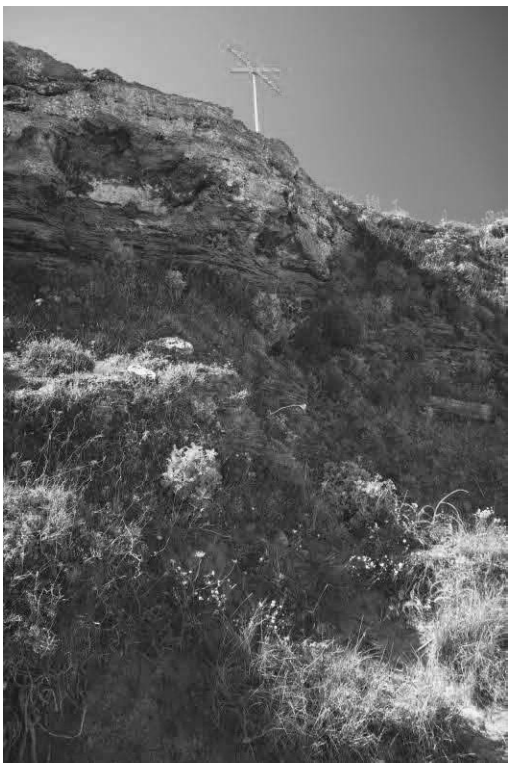


Fig.21 - Area del transetto.

Fig.22 - Parte del transetto ricoperta dalla Crithmo-Staticetalia.

Fig.23 - Comunità vegetale con Limonium contortirameum.

TRANSETTO 7

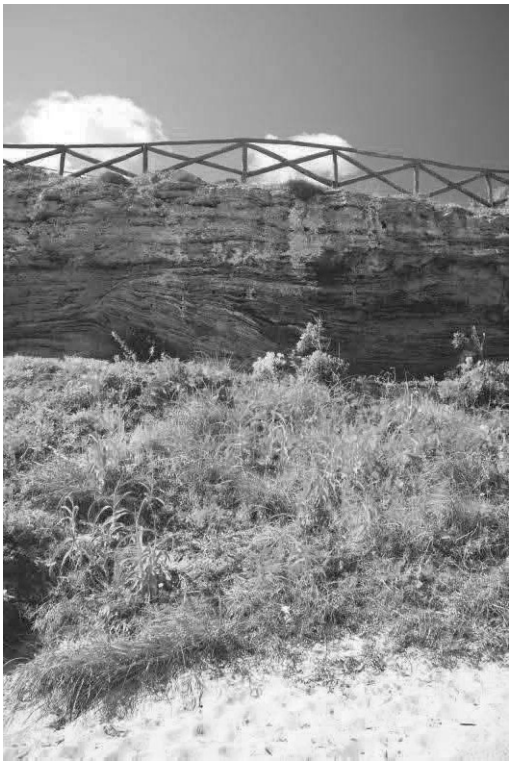


Fig.24 - Area del transetto in vista frontale. Fig.25 - Area del transetto in vista laterale.

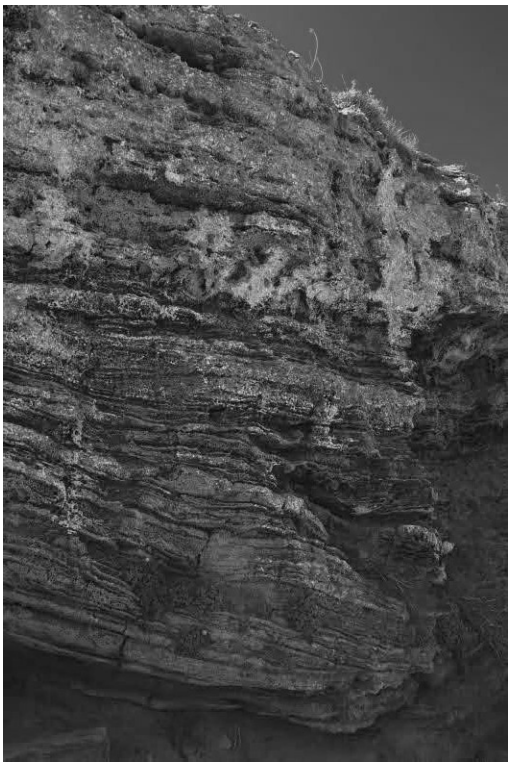


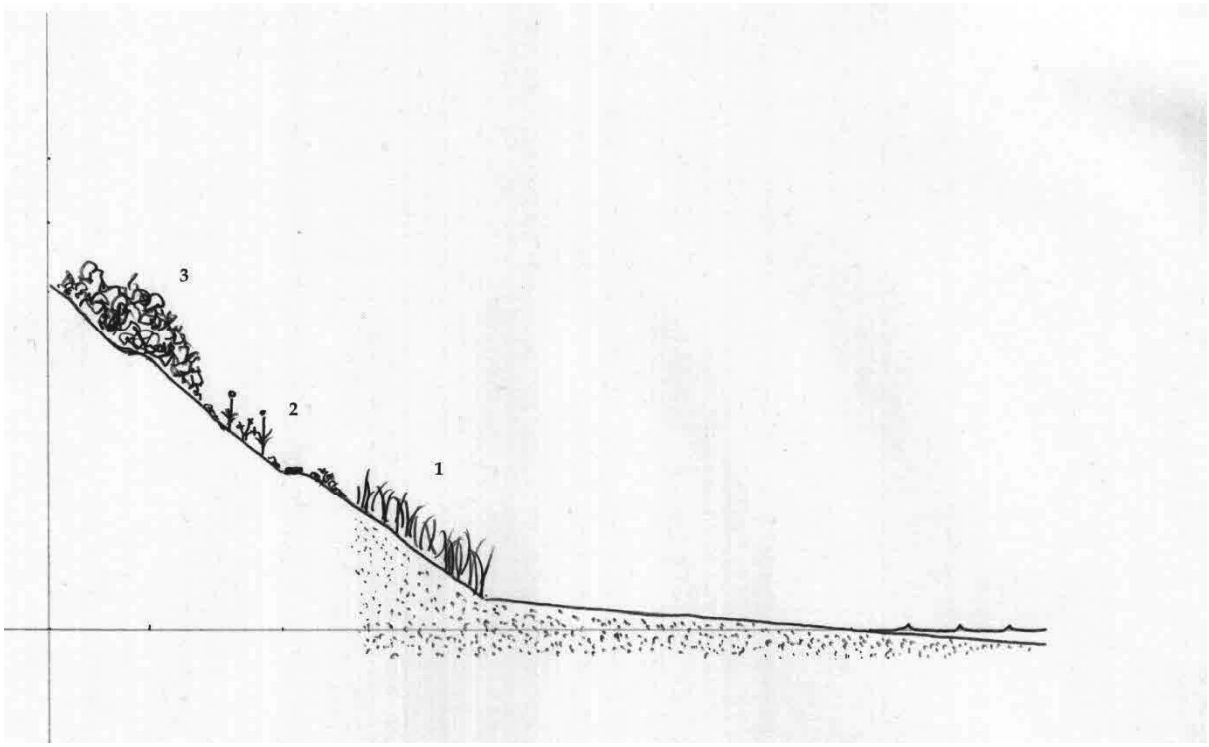
Fig.26 - Piattaforma sabbiosa a ridosso della falesia. *Fig.27 - Falesia in arenaria*

TRANSETTO 8

Fig.41 - Area del transetto.

Fig.42 - Parte bassa del transetto, con Carpobrotus, Anthemis, Jacobaea.

TRANSETTO 9



1 - *Junco maritimi-Spartinetum junceae*; **2 -** mosaico vegetazionale di transizione; **3 -** *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*

Fig.43 - Area del transetto.

Fig.44 - Vista laterale della parte orientale della spiaggia con alcune linee di transetto e aree descritte.

TRANSETTO 10

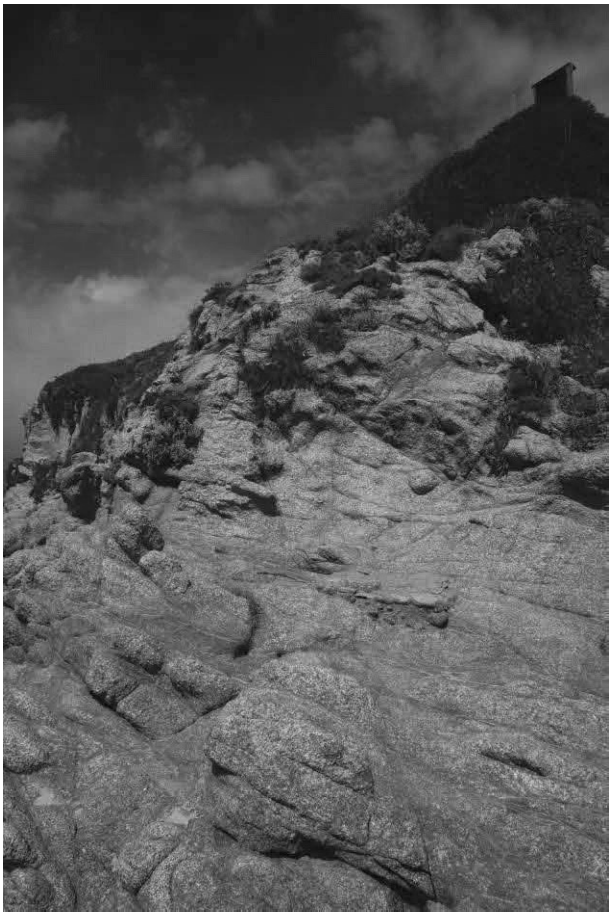


Fig.45 - Area del transetto

Fig.46 - Particolare della vegetazione rupicola

AREA A1

Fig.28 - Macchia a Pistacia lentiscus attraversata da prato a entità sinantropiche.

AREA B

Fig.29 - Prato a entità sinantropiche.

AREA C

Fig.30 - Pratello xerofilo a Graminaceae e camefite suffruticose.

AREA D

Fig.31 - Residuo dunale poggiante sulla falesia in arenaria.

Fig.32 - Residuo dunale su falesia in arenaria imbrigliato da muro di sostegno.

Fig.33 - Juniperus macrocarpa su residuo di falesia e duna.

Fig.34 - Prato ruderale in zona di contatto con la strada.

AREA E

Fig.35 - Residuo della parte più bassa della falesia, coperto da Carpobrotus e Crithmum maritimum e circondato da resti di vegetazione psammofila.

AREA F

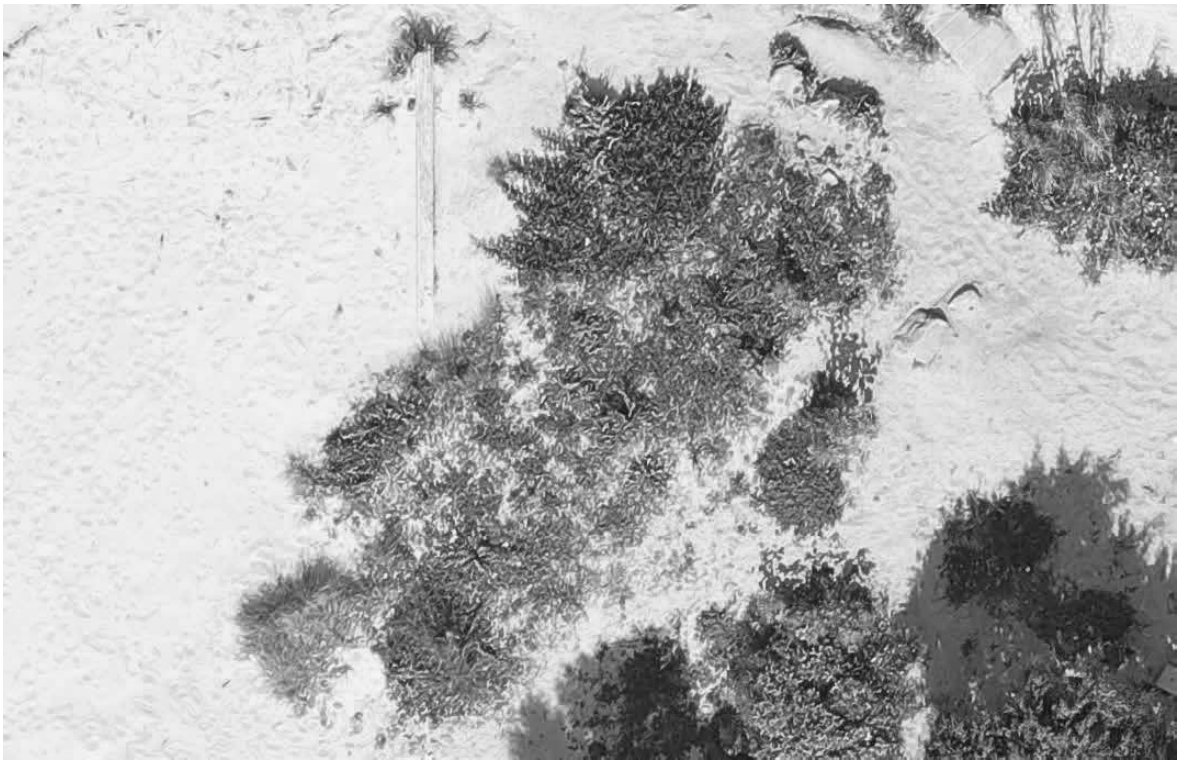


Fig.36 - Residuo di vegetazione psammofila.

AREA G

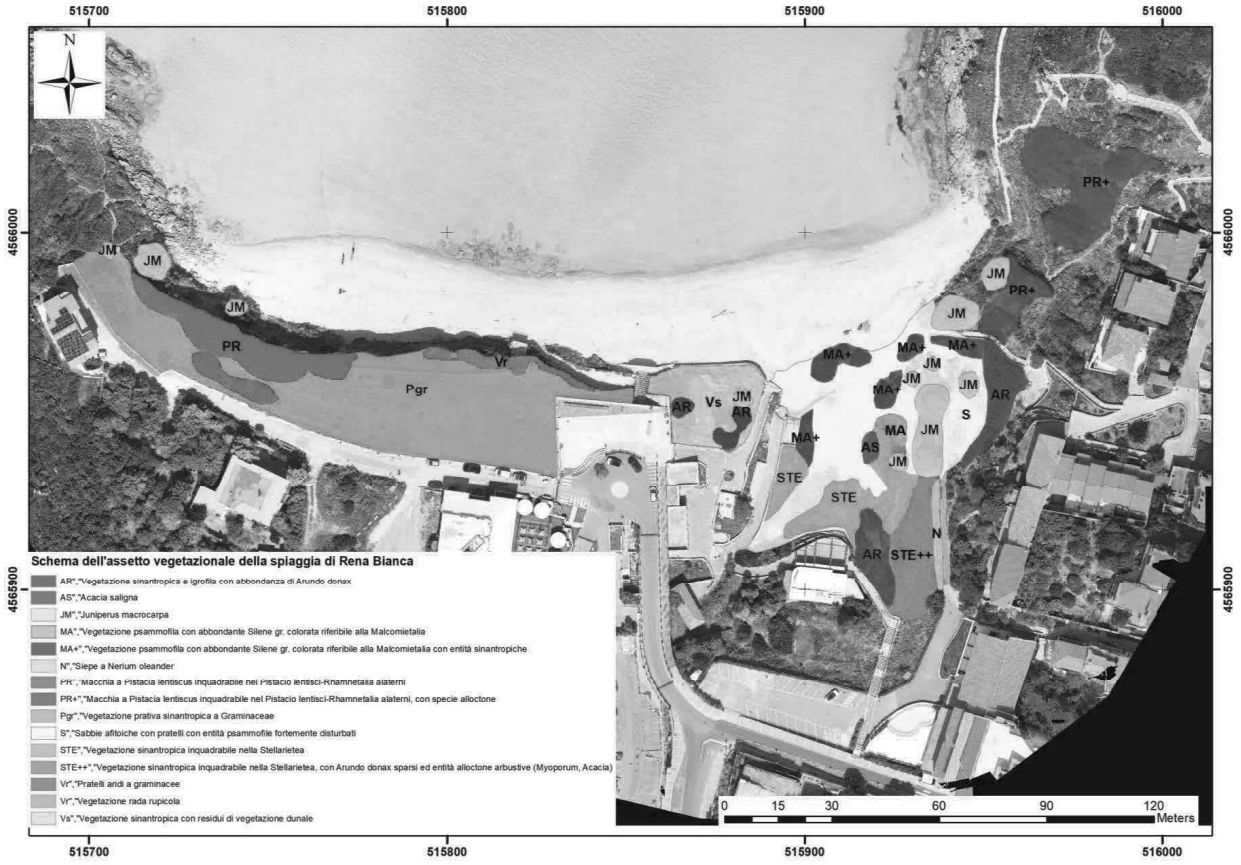
Fig.37 - Vista d'insieme della parte antistante la spiaggia, con terreno sabbioso per buona parte afitoico e scarpata sabbiosa, rimaneggiata di recente, con alberature residue di Juniperus macrocarpa. Tutta la zona sabbiosa è probabilmente ciò che rimane di una piccola duna che si protendeva verso l'interno e poggiava sulla scarpata circostante.

Fig.38 - Vista d'insieme: in mezzo la pista di accesso dei trattori, di fronte zona sabbiosa afitoica bordata da vegetazione psammofila residuale, sulla destra strutture murarie, camminamenti e servizi igienici, in fondo bar e vegetazione sinantropica.

Fig.39 - Vista d'insieme: parte interna della scarpata sottoposta a lavori con vegetazione sinantropica e polloni di specie arbustive prevalentemente alloctone.

Fig.40 - Parte antistante il bar, con vegetazione sinantropica caratterizzata da abbondante presenza di Arundo donax.

7.10 Carta della Vegetazione



8. Riferimenti bibliografici

APG IV, 2016: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. – Bot. J. Linn. Soc. 181: 1-20.

Arrigoni P.V., 2006-2015. Flora dell'Isola di Sardegna. 1-6. *Carlo Delfino Editore*.

Arrigoni P.V., Diana S., 1993 - Contribution à la connaisance du genre *Limonium* en Corse. *Candollea*, 48(2): 631-677.

Bagella S., Filigheddu R., Peruzzi L., Bedini G. (eds), 2019 - Wikiplantbase #Sardegna v3.0 http:// bot.biologia.unipi.it/wpb/sardegna/index.html

Barbey, W. 1884: Florae Sardoae Compendium. Catalogue raisonné des végétaux observés dans l'Ile de Sardaigne. – Lausanne.

Bartolucci, F., Peruzzi, L., Galasso, G., Albano, A., Alessandrini, A., Ardenghi, N. M. G., Astuti, G., Bacchetta, G., Ballelli, S., Banfi, E., Barberis, G., Bernardo, L., Bouvet, D., Bovio, M., Cecchi, L., Di Pietro, R., Domina, G., Fascetti, S., Fenu, G., Festi, F., Foggi, B., Gallo, L., Gottschlich, G., Gubellini, L., Iamonico, D., Iberite, M., Jiménez-Mejías, P., Lattanzi, E., Marchetti, D., Martinetto, E., Masin, R. R., Medagli, P., Passalacqua, N. G., Peccenini, S., Pennesi, R., Pierini, B., Poldini, L., Prosser, F., Raimondo, F. M., Roma-Marzio, F., Rosati, L., Santangelo, A., Scoppola, A., Scortegagna, S., Selvaggi, A., Selvi, F., Soldano, A., Stinca, A., Wagensommer, R. P., Wilhalm, T. & Conti, F. 2018: An updated checklist of the vascular flora native to Italy. -Pl. Biosyst. Vol. 152(2).

Blasi C., Marignani M., Copiz R., Fipaldini M., Del Vico E. (eds.), 2010 - Le Aree Importanti per le Piante nelle Regioni d'Italia: il presente e il futuro della conservazione del nostro patrimonio botanico. Progetto Artiser.

Bolòs, O. & Vigo, J. 1984-2001: Flora dels Països Catalans, 1-4. – Barcelona.

Canu S., Rosati L., Fiori M., Motroni A., Filigheddu R., Farris E., 2015 - Bioclimate map of Sardinia (Italy). J. Maps, 11(5): 711-718.

Castroviejo, S. (ed.) 1986-2015: Flora iberica, 1-8, 10-15, 16 (partim.) 17-18, 20, 21. – Madrid.

Delforge P., 2005: Guide des orchidées d'Europe, d'Afrique du Nord et du Proche-orient. Delachaux et Niestlé, Paris.

Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche

Domina, G., 2011: Plumbaginaceae. – In: Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity.

Farjon, A. 2017: A handbook of the world's conifers, 2° ed. – Leiden-Boston.

Farris E., Pisanu S., Secchi Z., Bagella S., Urbani M., Filigheddu R., 2007: Gli habitat terrestri costieri e litorali della Sardegna settentrionale: verifica della loro attribuzione sintassonomica ai sensi della Direttiva 43/92/CEE "Habitat". Fitosociologia vol. 44 (1): 165-180.

Fois M., Farris E., Calvia G., Campus G., Fenu G., Porceddu M., Bacchetta G., 2022: The Endemic Vascular Flora of Sardinia: A Dynamic Checklist with an Overview of Biogeography and Conservation Status. Plants, 11, 601.

Galasso, G., Conti, F., Peruzzi, L., Ardenghi, N. M. G., Banfi, E., Celesti-Grapow, L., Albano, A., Alessandrini, A., Bacchetta, G., Ballelli, S., Bandini Mazzanti, M., Barberis, G., Bernardo, L., Blasi, C., Bouvet, D., Bovio, M., Cecchi, L., Del Guacchio, E., Domina, G., Fascetti, S., Gallo, L., Gubellini, L.,

Guiggi, A., Iamonico, D., Iberite, M., Jiménez-Mejías, P., Lattanzi, E., Marchetti, D., Martinetto, E., Masin,

R. R., Medagli, P., Passalacqua, N. G., Peccenini, S., Pennesi, R., Pierini, B., Podda, L., Poldini, L., Prosser, F., Raimondo, F. M., Roma-Marzio, F., Rosati, L., Santangelo, A., Scoppola, A., Scortegagna, S., Selvaggi, A., Selvi, F., Soldano, A., Stinca, A., Wagensommer, R. P., Wilhalm, T. & Bartolucci, F. 2018: An updated checklist of the vascular flora alien to Italy. - Plant Biosyst.

Greuter, W. (2006): Compositae (pro parte majore). – In: Greuter, W. & Raab-Straube, E. von (ed.): Compositae. Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity.

Herrando-Moraira S., Blanco-Moreno J. M., Sáez L., Galbany-Casals M., 2016 - Re-evaluation of the *Helichrysum italicum* complex (Compositae: Gnaphalieae): A new species from Majorca (Balearic Islands). *Collect. Bot.,* 35, e009.

Jeanmonod, D. & Gamisans, J. , 2013: Flora Corsica. 2e édition. – Bull. Société Bot- Centre Ouest, numéro spécial 39: 1-1072.

Moris, J. J. 1837-59: Flora sardoa, 1-3. – Torino.

Peruzzi, L. 2010: Checklist dei generi e delle famiglie della flora vascolare italiana. – Inform. Bot. Ital. 42(1): 151-170.

Peruzzi L., Conti F., Bartolucci F., 2014 - An inventory of vascular plants endemic to Italy. *Phytotaxa*, 168(1): 1-75.

Pignatti, S. 2017-2019: Flora d'Italia, 2° ed., 1-4. – Milano.

PPG I 2016: A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. – J. Syst. Evol. 54: 563- 603.

Raunkiaer, C. 1934: The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. – Oxford.

Rossi G., Orsenigo S., Gargano D., Montagnani C., Peruzzi L., Fenu G., Abeli T., Alessandrini A., Astuti G., Bacchetta G., Bartolucci F., Bernardo L., Bovio M., Brullo S., Carta A., Castello M., Cogoni D., Conti F., Domina G., Foggi B., Gennai M., Gigante D., Iberite M., Lasen C., Magrini S., Nicolella G., Pinna M.S., Poggio L., Prosser F., Santangelo A., Selvaggi A., Stinca A., Tartaglini N., Troia A., Villani M.C., Wagensommer R.P., Wilhalm T., Blasi C., 2020: Lista Rossa della Flora Italiana. 2 Endemiti e altre specie minacciate. *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*.

Ruggero, A. 2022: La flora endemica delle coste occidentali della Gallura (Sardegna settentrionale, Italia) - Ann. Mus. Civ. Rovereto, 38: 93-121.

Tison, J.-M. & de Foucault, B. (eds) 2014: Flora Gallica. Flore de France. – Mèze.

Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Valentine, D. H., Walters, S.M. & Webb, D. A. (eds.) 1964- 80: Flora Europaea, 1-5. – Cambridge.

Tutin, T. G., Burges, N. A., Edmondson, J. R., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters,

S. M. & Webb, D. A. (eds.) 1993: Flora Europaea, 2° ed, 1. – Cambridge.

Valsecchi F., 1977a - Le piante endemiche della Sardegna: *Erodium corsicum* Léman. *Boll. Soc. Sarda Sci. Nat.*,17: 313-317.

Zangheri, P. 1976: Flora italica. – UTET.

9. Criticità e tendenze evolutive del sistema di spiaggia di Rena Bianca

L'analisi geomorfologica e vegetazionale del territorio costiero ha evidenziato alcune criticità e processi evolutivi in atto che possono rappresentare elementi di indirizzo per azioni di mitigazione e miglioramento degli equilibri naturali.. Tali criticità possono essere di seguito schematizzate:

1. Processi di instabilità geomorfologica dei tratti di costa alta che delimitano la spiaggia nella sua porzione centrale e occidentale;
2. Fenomeni di arretramento della linea di riva della spiaggia;
3. Fenomeni di degrado ed erosione dei sistemi dunari.

Processi di instabilità geomorfologica dei tratti di costa alta rocciosa

I Processi di instabilità geomorfologica nella scarpata che delimita la spiaggia internamente, costituisce l'esito dei naturali fenomeni evolutivi di arretramento della costa legato all'azione del moto ondoso alla base della scarpata e, in minor misura, dai fenomeni di alterazione della roccia in relazione alla presenza di acque di ruscellamento e quelle di falda. Benché definiscano condizioni di pericolosità geomorfologica, sono processi che in assenza di situazioni di rischio, hanno una grande rilevanza in relazione ai processi di produzione di materiale sedimentario utile per il ripascimento della spiaggia di Rena Bianca. Non definiscono pertanto situazioni di criticità ambientale in senso stretto, ma evidenziano limitate condizioni di sicurezza per la fruizione turistico-balneare.

L'altezza della scarpata rispetto al piede sabbioso sottostante, varia da circa 4-5 m nel settore orientale, ai circa 7 m del settore occidentale. L'orlo della scarpata ha invece uno sviluppo di circa 150 m. Da un punto di vista geolitologico la scarpata è costituita da una sequenza detritica sabbioso-limosa da cementata a mediamente cementata, di origine eolica ma riferibile a depositi dunari pleistocenici.

La particolare composizione della scarpata che delimita la spiaggia, costituita da materiali facilmente erodibili con gradi di cementazione differente, determina l'attivazione di intensi processi di degradazione meteorica con conseguente attivazione d fenomeni di crollo di masse rocciose anche di rilevanti dimensioni (>1m^3) che si adagiano al piede della scarpata. Qui si ritrova un deposito di crollo che ricopre il piede della falesia e si adagia sui depositi di spiaggia, in gran parte ricoperto da vegetazione spontanea. Questi sedimenti franati costituiscono la fonte principale di ripascimento della spiaggia. Non è da escludere che l'avanzamento della linea di riva riscontrato nel 2008, possa essere legato a processi di prelievo ad opera del moto ondoso del materiale franato dalla falesia.

Fenomeni di arretramento della linea di riva delle spiagge

Per una migliore e corretta interpretazione delle dinamiche di spiaggia e delle cause che hanno determinato i fenomeni di erosione in atto, si è operato attraverso un'analisi geomorfologica multi temporale del settore di spiaggia di Rena Bianca. Tale analisi è stata attuata attraverso il confronto delle ortofoto dell'area in esame, a partire dal 1954. In particolare le ortofoto analizzate sono: EIRA – 1954; EIRA – 1968; EIRA – 1977; AIMA -1997; CGR – 2008; AIMA 2016; AIMA 2019.

Benché la definizione della linea di riva attraverso l'interpretazione di una foto aerea sia solo indicativa, in quanto riferita ad un determinato istante temporale, tuttavia è possibile definire un trend evolutivo supportato da considerazioni di carattere geomorfologico e sedimentario attualmente osservabili.

Nel complesso secondo quanto emerge dalle ortofoto analizzate, è possibile stimare in circa 5 metri l'arretramento della linea di riva in generale in tutto il litorale, considerando la fase di accrescimento del 2008 un momento particolarmente favorevole ai fenomeni deposizionali che non trova comunque riscontri negli anni precedenti.

Fenomeni di degrado ed erosione dei sistemi dunari dei retrospiaggia

Contemporaneamente ai fenomeni di arretramento della linea di riva, si è assistito nel corso degli anni, a un progressivo arretramento del limite spiaggia-duna. Già a partire dagli anni 70, il margine del piede appariva frastagliato, fino ad assumere l'attuale configurazione lineare distante circa 25 metri dalla linea di riva. Rispetto alla posizione della duna riferita al 1954, il piede della duna è arretrato di circa 18 metri. L'arretramento del piede della duna è una conseguenza diretta dell'arretramento della linea di riva, anche se la perdita di 3-5 metri può essere attribuita alla frequentazione estiva dell'ambito dunare. Valutando in circa 5 metri l'arretramento della linea di riva a partire dagli anni 50, è possibile ipotizzare che l'attuale posizionamento del piede della duna costituisca il limite naturale d'equilibrio verso mare delle dune.

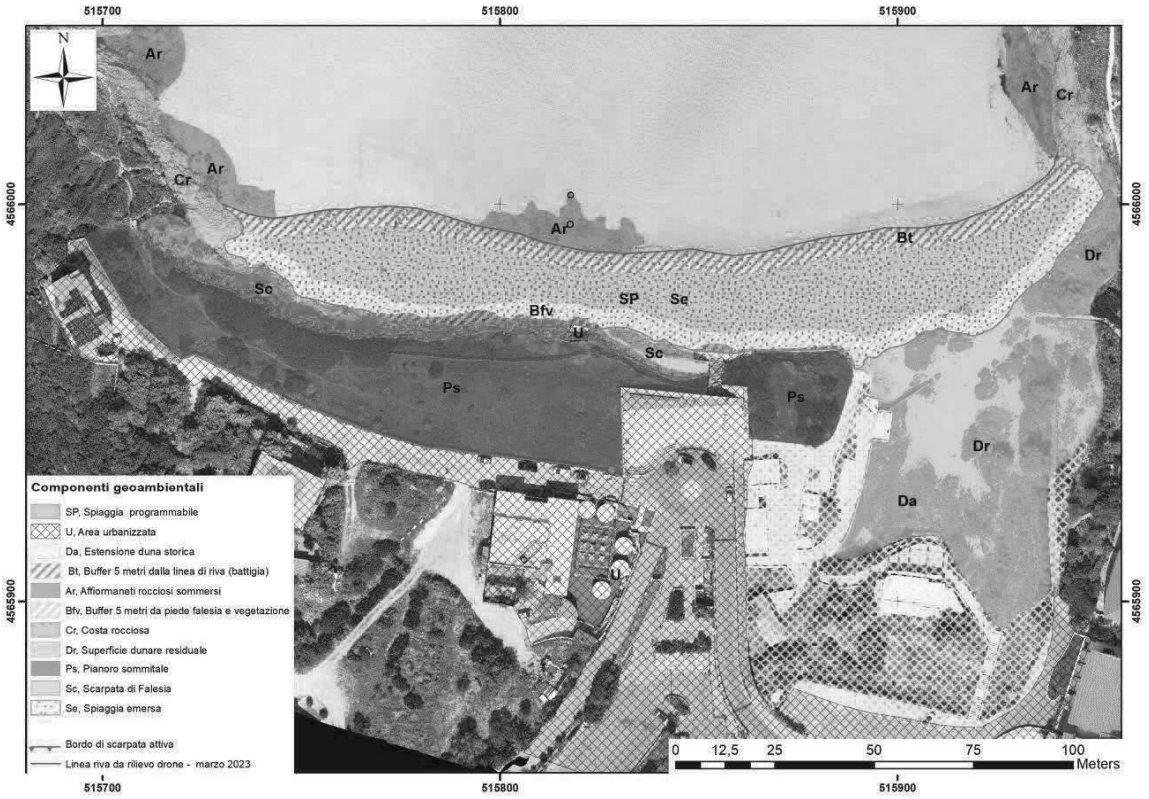
I diffusi processi di degrado, erosione e smantellamento delle formazioni dunali sono imputabili sia a cause/processi naturali che antropici. In particolari condizioni morfoclimatiche come quelle attualmente riconoscibili, dovute ad un regime trasgressivo ed una generale riduzione degli apporti detritici dal settore continentale ad opera dei corsi d'acqua, il sollevamento del livello medio del mare implica un arretramento della linea di riva e quindi una migrazione verso l'interno delle componenti costitutive la spiaggia. Ne consegue che i corpi dunali, attualmente, nella gran parte dei casi, appaiono in disequilibrio rispetto alle nuove condizioni di livello di base e si assiste ad un generale processo di rimobilitazione sedimentaria, specie degli ambiti di avanduna, che contribuisce al naturale ripascimento della spiaggia ostacolando il progressivo assottigliamento della spiaggia emersa. L'assenza di formazioni dunali nel retrospiaggia da cui poter attingere materiale detritico, implicherebbe l'erosione e l'assottigliamento dell'avanspiaggia, in virtù del fatto che gli apporti non compensano le perdite sedimentarie conseguenti il nuovo assetto morfologico. In sintesi le dune manifestano la loro importanza negli equilibri sedimentari della spiaggia proprio quando c'è maggior bisogno, cioè nel momento in cui in relazione ad un forte disequilibrio sedimentario nell'unità di spiaggia, anche legato a cause naturali, la spiaggia può autosostenersi attingendo dal suo naturale serbatoio di materiale sedimentario.

Per quanto riguarda l'azione antropica agendo su un sistema già naturalmente vulnerabile, indebolisce e aumenta i livelli di criticità presenti. In particolar modo, la fruizione diffusa e incontrollata dell'ambito dunale e le attività di accesso pedonale concentrate in alcuni settori, aumentano lo squilibrio sedimentario del sistema spiaggia. Infatti, il ripetuto passaggio ed il calpestio contribuisce ad incrementare l'effetto delle fenomenologie eoliche erosive in atto, con le seguenti conseguenze riconoscibili nei diversi settori:

- frammentazione del fronte dunale primario derivante principalmente dal degrado della vegetazione naturale e dalla rimobilitazione delle coperture sabbiose. Ciò induce da un lato l'asportazione di materiale sabbioso dalle stesse dune, dall'altro, la mancata captazione da parte della vegetazione del materiale proveniente dalla spiaggia emersa;

- frammentazione del sistema dunale secondario e apertura di canali e ampi campi di deflazione in progressiva fase di ampliamento. Ciò induce un diffuso processo erosivo dei corpi dunali stabilizzati e semistabilizzati primari e secondari con asportazione di materiale sabbioso dalle stesse dune e conseguente regressione progressiva delle boscaglie a ginepro e macchia. Il conseguente degrado quali-quantitativo della copertura vegetale determina inoltre la fuga del materiale detritico verso i settori più interni.

10. Carta delle Componenti geoambientali della spiaggia di Rena Bianca.



11. Definizione di azioni per il mantenimento degli equilibri geoambientali del sistema di spiaggia

In questo paragrafo vengono proposte alcune azioni materiali ed immateriali finalizzate alla gestione della spiaggia, sia in termini di modalità di fruizione della stessa, sia in relazione ad azioni materiali connesse con interventi di ingegneria naturalistica finalizzati al recupero e mitigazione delle criticità rilevate sopra esposte

11.1 Capacità di Accoglienza e alternativi scenari di fruizione della spiaggia

Una delle azioni più significative finalizzate al controllo degli equilibri geoambientali è sicuramente quello relativo alla definizione del numero massimo di fruitori che la spiaggia, con determinate modalità di accesso e distribuzione, può sostenere senza che vengano compromessi gli equilibri del sistema sabbioso e sia in relazione alla qualità della fruizione balneare del litorale.

In tal senso appare prioritario definire le componenti di spiaggia che possono essere oggetto di fruizione e di calpestio e di posizionamento di ombrelloni e manufatti a sostegno della fruizione balneare.

Facendo riferimento allo schema geomorfologico della spiaggia, si riportano di seguito le principali definizione delle componenti individuate che orientano la fruizione della spiaggia ed il dimensionamento delle concessioni balneari secondo le direttive PUL regionali della Delib.G.R. n. 35/12 del 9.7.2020 recante le "*Direttive in materia di gestione del demanio marittimo avente finalità turistico ricreative e per la redazione dei piani comunali di utilizzazione dei litorali*".

Definizioni:

Spiaggia emersa (Se): ambito di spiaggia compreso tra la linea di riva e il piede della duna all'interno del quale si esplicano le dinamiche geomorfologiche che attengono al funzionamento del sistema sabbioso.

Superficie programmabile (SP): Area della spiaggia emersa destinata alla localizzazione e al dimensionamento delle concessioni demaniali turistico - ricreative, individuata all'interno della Spiaggia emersa con esclusione della fascia di 5 m della battigia e della fascia di 5 metri dal piede della duna o della scarpata.

Spiaggia fruibile (SP + Bt): Area della spiaggia emersa sabbiosa o ciottolosa, comprendente la componente di avanspiaggia e parte del retrospiaggia, compresa la battigia (**Bt**) fino a 5 m dal piede dunare o dalle coperture vegetazionali quando presenti, oppure fino alle componenti ambientali di retrospiaggia e retrolitorali. È intesa come superficie della spiaggia nella quale è possibile esercitare la fruizione balneare e all'interno della quale può essere presente la spiaggia programmabile per finalità turistico-ricreativa.

Superficie assentibile a concessione demaniale: massima superficie complessivamente occupabile da concessioni demaniali in funzione delle caratteristiche geomorfologiche ed insediative, calcolata a partire dalla Superficie programmabile (**SP**).

Parametri dimensionali della Spiaggia di Rena Bianca				
Lunghezza fronte mare marzo 2023 (m)	**Sup. Spiaggia emersa (m^2)**	**Profondità media**	**Sup. spiaggia fruibile (m^2)**	**Superficie programmabile (m^2)**
220	***5.267***	***23***	***3.994***	***2895***

Secondo l'articolo 23 della Delib.G.R. n. 35/12 del 9.7.2020 , nelle spiagge di lunghezza superiore ai 150 metri e inferiore ai 500 metri è consentito il rilascio di sole concessioni demaniali semplici, **sino ad un massimo di superficie complessivamente occupabile con concessioni pari al 30% della superficie totale programmabile** di cui all'art. 21 e della stessa percentuale della sua lunghezza sul fronte del mare.

Nei litorali in cui si affacciano strutture ricettive o sanitarie, che generano una maggiore domanda di servizi turistico ricreativi legati alla balneazione, la percentuale di superficie assentibile è elevata al 35%.

Ai fini del dimensionamento del numero di utenti teorici che la spiaggia di ospitare, definendo una superficie minima per singolo utente che la spiaggia può sostenere senza che vengano compromesse le caratteristiche ambientali e paesaggistiche e garantendo, nel contempo, un buon livello di soddisfacimento dei fruitori della spiaggia, sono stati individuati strumenti e parametri che insieme permettono di definire la capacità di carico della spiaggia di Rena Bianca. Nello specifico la definizione della capacità di carico avviene attraverso due passaggi:

1. Il primo, strettamente di natura tecnica, è finalizzato a individuare il dispositivo spaziale (**spiaggia fruibile**) che rappresenta la porzione del sistema di spiaggia emersa meno vulnerabile dal punto di vista ambientale e quindi il settore in cui l'esercizio della libera fruizione determina impatti contenuti. L'individuazione di della spiaggia fruibile permette di tener conto degli elementi di sensibilità e qualità ambientale. Questo primo passaggio si completa attraverso l'individuazione di altri elementi spaziali, quali le aree sosta e i tratti di accessibilità al litorale, e il fabbisogno infrastrutturale minimo (quali le passerelle) che possono favorire la tutela e la conservazione delle risorse litoranee.
2. Il secondo, più legato alla tipologia dell'offerta turistica che si vuole proporre per ambiti di spiaggia specifici, è da mettere in relazione al potenziale soddisfacimento delle aspettative esperienziali dei turisti che frequentano l'ambito in esame. Per la spiaggia è stato definito un parametro di superficie minima per singolo utente (all'interno della spiaggia fruibile), espressa in mq/bagnante, i cui valori sono riportati nella tabella seguente, costituendo di fatto il parametro di riferimento per il dimensionamento delle aree sosta e del numero ottimale di utenti per ciascuna spiaggia.

Di seguito si riportano alcuni scenari di carico per la spiaggia di Rena Bianca. Nel primo scenario si ipotizza una fruizione totalmente libera della spiaggia, in cui si prospettano due coefficienti di carico pari a 4 e 6 m^2/bagnante, considerate superfici minime accettabili per una spiaggia ubicata in un ambito urbano.

Il secondo scenario tiene conto della presenza di Concessioni demaniali calcolate applicando le direttive regionali del PUL, mentre il terzo scenario valuta il numero di fruitori in relazione alle concessioni attualmente in essere. Come è possibile osserva si va da un minimo di 665 fruitori, ad un massimo di 1015, a seconda delle ipotesi di fruizione analizzate.

Va da se che la condizione minima di fruitori garantisce una qualità della fruizione maggiore rispetto alle altre, anche se la sostenibilità ambientale più che dal numero di fruitori è legata alle modalità con cui la fruizione avviene, con specifico riferimento alle zone di accesso, di calpestio e di stanziamento.

Scenario 1: libera fruizione dell'intera spiaggia		
Sup. spiaggia fruibile (m^2)	**Coeff. Carico (m^2/bagnante)**	**Capacità di Accoglienza (numero bagnanti)**
3.994	***4***	***998***
	6	***665***

	Scenario 2: libera fruizione + concessioni demaniali					
Sup. spiaggia fruibile (m^2)	**Superficie programmabile (m^2)**	**Superficie assentibile a concessione (35% della Sup programmabile) (m^2)**	**Superfice residuale per la fruizione libera**	**Coeff. Carico (m^2/bagnante)**	**Numero bagnanti per libera fruizione**	**Numero bagnanti interni alle concessioni**
3.994	***2895***	***1013***	***2981***	***4***	***745***	**-**
				6	***496***	**-**
				3,75[1]	**-**	***270***
Totale bagnanti (capacità di accoglienza): 766 (1015)						

	Scenario 3: libera fruizione + concessioni demaniali in essere					
Sup. spiaggia fruibile (m^2)	**Superficie programmabile (m^2)**	**Superficie attualmente in concessione (m^2)**	**Superfice residuale per la fruizione libera**	**Coeff. Carico (m^2/bagnante)**	**Numero bagnanti per libera fruizione**	**Numero bagnanti interni alle concessioni**
3.994	***2895***	***570+310 (totale 880)***	***3114***	***4***	***778***	**-**
				6	***519***	**-**
				3,75	**-**	***234***
Totale bagnanti (capacità di accoglienza): 753 (1012)						

[1] Superficie calcolata a partire dalla superfice media occupata da un ombrellone (7,5 m^2) considerando 2 persone per ombrellone (3.75 m^2 a persona)

11.1 Ipotesi di interventi finalizzati al mantenimento ed recupero degli equilibri del sistema sabbioso

Alla luce delle considerazioni morfoevolutive e delle criticità evidenziate del sistema sabbioso, si propongono alcune azioni materiali ed immateriali finalizzate sia al recupero degli equilibri geomorfologici e degli habitat, sia in relazione alle modalità di fruizione del litorale sabbioso

In particolare le criticità che si intende affrontare riguardano prevalentemente il recupero del sistema dunare residuale, in particolare:

- Dune mobili embrionali e semistabilizzate (habitat 2110, 2120, 2210), risentono in maniera diffusa della pressione antropica che innesca fenomeni di frammentazione e decremento della connettività ecologica generando un grado di conservazione generale medio-basso.

- Dune costiere con *Juniperus spp.* (habitat 2250*), costituiscono l'espressione residuale di coperture ben più estese, in cui sono evidenti i fenomeni di riesumazione degli apparati radicali e di deflazione eolica e ruscellamento.

L'obiettivo specifico dell'intervento è la rinaturalizzazione e la riduzione della deframmentazione degli habitat dunali sensibili e degradati, al fine di ripristinare la seriazione morfo-vegetazionale dell'apparato dunare e riequilibrare le relazioni funzionali tra spiaggia e le dune.

I principali risultati attesi, riguardano il ripristino delle condizioni ecologiche degli habitat dunari, la rigenerazione dei corpi dunali affetti da dilavamento ed erosione, infittimento delle specie vegetali proprie degli habitat con il miglioramento della connessione ecologica e morfo-evolutiva tra spiaggia e duna.

La tipologia degli interventi proposti è già stata ampiamente sperimentata in diversi litorali della Sardegna, evidenziando netti miglioramenti ecologici e morfodinamici dei sistemi dunali.

Le azioni prevedono la realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica riconducibili a:

1. sistemi di intrappolamento della sabbia (nuclei di innesco in canne) che favoriscono la formazione delle dune embrionali;
2. sistemi antierosione delle dune a ginepro, mediante posa di biostuoie in fibra vegetale di cocco e stuoie in canne adagiate al suolo che favoriscono il miglioramento delle condizioni edafiche delle superfici di impianto vegetale e lo sviluppo della fitocenosi;
3. protezione del piede della duna con rulli in fibra vegetale da posizionarsi ai piedi delle ripe di erosione che si sono create a seguito delle mareggiate. Le opere sono finalizzate a contenere l'effetto di scalzamento delle mareggiate alla base del corpo dunare);
4. semina e/o impianti di specie psammofile per il ripristino dell'equilibrio geomorfologico-vegetazionale all'interno dei nuclei di innesco.
5. dissuasori e cartellonistica monitoria per impedire la frequentazione indiscriminata degli ambiti dunali, attraverso la delimitazione leggera delle aree dunari;
6. dissuasori e cartellonistica monitoria per impedire la frequentazione del piede della scarpata che delimita la spiaggia, anche per questioni di sicurezza legate alle dinamiche gravitative di versante.

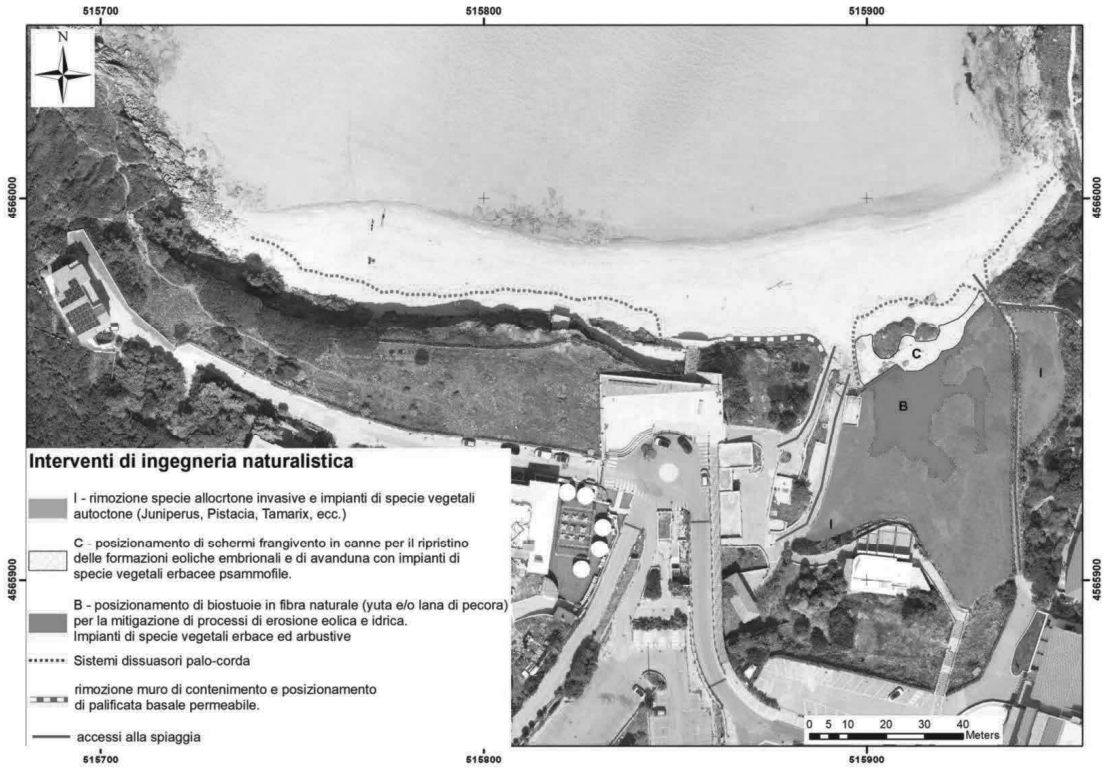


Figura 15: Ipotesi di intervento per la mitigazione delle criticità in atto

Figura 16: nuclei d'innesco

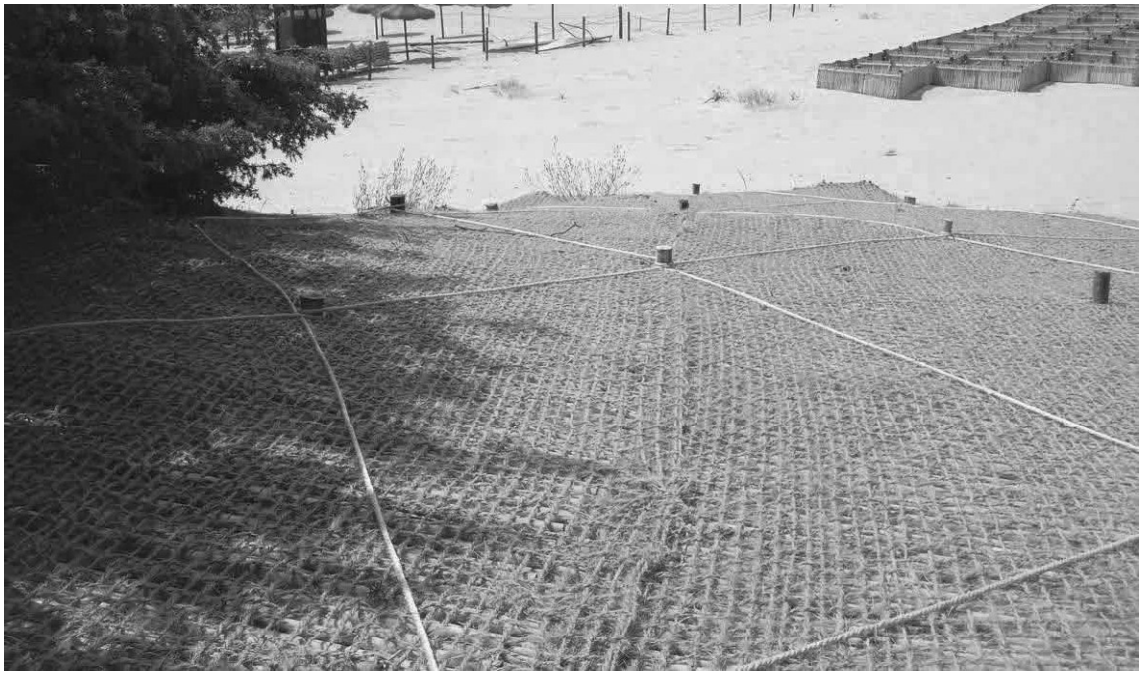


Figura 17: rivestimento delle superfici dunari con stuoie di canne e biostuoie in fibra ci cocco.

Figura 18: dissuasori palo-corda

12. Piano di Gestione della spiaggia e attività di Monitoraggio

12.1 Scopo e fasi dell'attività di monitoraggio

La gestione di un sistema di spiaggia, specie se questo ricade in un ambito urbanizzato e quindi soggetto ad una intensa fruizione turistico-balneare non solo estiva, impone un sistema di gestione e monitoraggio delle azioni poste in essere finalizzate al recupero delle situazioni di criticità nonché per valutare che le modalità di fruizione adottate non costituiscano fattore di impatto non sostenibili con la tutela degli equilibri del litorale..

1. Il monitoraggio dunque è lo strumento operativo di un Piano di Gestione della spiaggia con cui è possibile:
2. verificare in itinere il processo di pianificazione e di realizzazione dei singoli interventi;
3. individuare le eventuali criticità dell'attuazione degli interventi;
4. definire le azioni utili alla risoluzione delle criticità emerse, al fine di garantire il perseguimento degli obiettivi strategici di gestione della risorsa spiaggia.

Qualora, a seguito dell'attuazione del Piano di Gestione, il monitoraggio dovesse mettere in evidenza effetti negativi sull'ambiente, sarà quindi necessario operare un'adeguata rimodulazione delle azioni di Piano.

Il monitoraggio rappresenta, quindi, un aspetto sostanziale del carattere strategico della gestione sostenibile della spiaggia, trattandosi di una fase pro-attiva dalla quale trarre indicazioni per il progressivo riallineamento dei contenuti del Piano agli obiettivi di sostenibilità ambientale stabiliti, con specifiche azioni correttive.

Dal punto di vista operativo, il monitoraggio degli effetti ambientali significativi connessi all'attuazione del Piano necessita la messa in atto delle seguenti azioni specifiche:

- definire i ruoli e le responsabilità per la realizzazione del monitoraggio ambientale;
- individuare l'insieme degli indicatori di processo e di contesto, identificando le reti di monitoraggio e controllo, esistenti e utilizzabili;
- definire le modalità ed i tempi di rilevamento e aggiornamento delle informazioni ambientali pertinenti, anche in relazione ai tempi di realizzazione degli interventi previsti nel Piano;
- osservare l'evoluzione del contesto ambientale di riferimento del Piano;
- valutare gli effetti ambientali significativi connessi all'attuazione del Piano;
- verificare il grado di conseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale e di Piano individuati;
- individuare tempestivamente eventuali criticità ai fini di prevenire potenziali effetti negativi imprevisti;
- individuare e fornire le indicazioni necessarie per la definizione e l'adozione di eventuali misure correttive e/o per un'eventuale rimodulazione dei contenuti e delle azioni previste nel piano;
- garantire l'informazione delle Autorità con specifiche competenze ambientali e del Pubblico sui risultati periodici (annuali) del monitoraggio del programma attraverso l'attività di reporting (Rapporto di Monitoraggio Ambientale).

Il monitoraggio può essere suddiviso in tre fasi principali:

Analisi: processo di acquisizione dei dati e delle informazioni necessarie a quantificare e popolare gli indicatori. Attraverso gli indicatori si procede alla misurazione degli impatti più significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione del Piano e alla verifica del grado di raggiungimento degli obiettivi stabiliti, tramite il rilevamento degli scostamenti rispetto alla meta prefissata.

Diagnosi: processo di identificazione e descrizione delle cause degli eventuali scostamenti registrati, dovuti sia al cambiamento del contesto sia a problemi legati all'attuazione del Piano, quali:

- la perdita di validità delle previsioni dovuta ad un cambiamento nelle variabili che descrivono il contesto (modifiche del contesto influenzate dall'avvio di politiche e programmi specifici);
- comportamenti non previsti;
- modalità di gestione o di attuazione diverse da quelle stabilite;
- effetti imprevisti.

Per lo sviluppo di questa fase è necessario ricostruire il legame causa-effetto delle azioni del piano. Per questo si devono considerare le serie storiche dei dati, ma anche le dinamiche temporali, in modo da "documentare" l'indicatore e capire che tipo di fenomeno rappresenta realmente.

Terapia: processo di individuazione di azioni da intraprendere nel caso sia necessario un ri-orientamento del Piano per renderlo coerente con gli obiettivi di sostenibilità stabiliti. Si devono innanzitutto segnalare, secondo i risultati della diagnosi, gli aspetti sui quali sarebbe opportuno intervenire, ridefinendo le modalità attuative previste, e, se questo non fosse possibile, formulando alternative o dichiarando inattuabile l'azione in esame.