



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Comune di Pula
Santa Margherita

FORTE VILLAGE RESORT - OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA



RELAZIONE INTEGRATIVA

Settembre 2024

Proponente:

“Progetto Esmeralda S.r.l.”

PROGETTISTI E CONSULENTI:

Dott.Ing. Franco Vigna

(coordinatore e responsabile delle progettazioni)

Dott.Ing. Andrea Ritossa

DHI s.r.l. Ing. Andrea Crosta – Ing. Andrea Pedroncini

Dott.Geol.Giovanni Tilocca

ALLEGATI:

01 INTEGRAZIONI GEOMORFOLOGIA

02 INTEGRAZIONI MODELLAZIONE NUMERICA

03 INTEGRAZIONI PIANO DI MONITORAGGIO

OPERE DI PROTEZIONE DELLA SPIAGGIA ANTISTANTE IL “FORTE VILLAGE RESORT”

Premessa

La società Progetto Esmeralda S.r.l. ha presentato (dicembre 2022) il PROGETTO DELLE OPERE DI PROTEZIONE DELLA SPIAGGIA ANTISTANTE IL “FORTE VILLAGE RESORT” per il rilascio del P.A.U.R.¹

L’istruttoria, condotta dal Servizio Valutazione Impatti e Incidenze Ambientali dell’ Ass. Regionale Difesa Ambiente è in fase di ultimazione ed è in corso la Conferenza di Servizi Decisoria che si concluderà in seguito all’esame della documentazione integrativa, la cui consegna è prevista per il 01 Ottobre 2024.

*

L’intervento in progetto riguarda il tratto di spiaggia antistante il Forte Village Resort, nel quale la dinamica erosiva del litorale ha determinato uno stato di dissesto idrogeologico del territorio con un forte impatto negativo su questo bene pubblico demaniale che costituisce una importante risorsa territoriale per il suo grande pregio paesaggistico e l’alta valenza turistica.

Il progetto non ha nessun altro scopo che quello di salvaguardare e conservare la spiaggia e la normativa di VIA inquadra² il progetto tra le opere di difesa della costa dall’erosione.

Si tratta di un progetto di risanamento e mitigazione del dissesto idrogeologico erosivo di un bene pubblico (*la spiaggia*) la cui attuazione viene proposta da un soggetto privato (*il concessionario pro tempore del bene demaniale*) con risorse economico-finanziarie totalmente a suo carico.

Il privato proponente ha interesse a difendere il bene pubblico in quanto la contiguità con le strutture ricettive assegna alla spiaggia una forte valenza di immagine identitaria e di “*brand awareness*” del Resort.

**

In fase istruttoria è stato verbalizzato “che si ritengono difficilmente superabili alcune delle criticità emerse” tali criticità si riferiscono soprattutto agli scenari evolutivi “post operam” e a ipotetici effetti negativi sulla spiaggia adiacente a Sud Ovest che sono ritenuti potenziali rischi non accettabili.

È stato concesso alla proponente di sviluppare i chiarimenti e “cercare soluzioni che possano mitigare gli impatti ritenuti rilevanti e probabilmente non accettabili, considerando il necessario bilanciamento di tutti gli interessi coinvolti”, è stato però anche sottolineato che: “evidentemente il fatto che non si tratti di un impatto conseguente alla realizzazione delle opere non è stato così compreso dagli Enti intervenuti nel procedimento”³ e si rendono necessari tutti gli opportuni chiarimenti e approfondimenti.

E’ probabile che le modalità di presentazione del progetto, concentrate principalmente sulla descrizione dell’intervento, abbiano indotto gli analisti degli impatti a dare maggior valenza negativa alle ipotetiche conseguenze

¹ Il P.A.U.R. include la V.I.A., l’Autorizzazione paesaggistica e l’Autorizzazione all’immersione in mare di cui all’articolo 109 D.Lgs.152/06.

² Categoria progettuale di cui al punto 7, lettera m “opere costiere destinate a combattere l’erosione e (...) altri lavori di difesa dal mare” (Allegato B1 alla D.G.R. 11/75 del 2021).

³ Verbale prima riunione Cds del 21.02.2024

dovute alla realizzazione delle opere, rispetto a quelle certe in atto dello stato di degrado erosivo, ben noto e ai danni⁴ già causati e in divenire.

La “filosofia” del progetto di un dissesto erosivo è volta mitigarne le conseguenze, determinando condizioni di equilibrio e resilienza geomorfologica complessivamente migliorative rispetto a quelle in atto.

Gli ipotetici effetti negativi sulle spiagge al contorno, doverosamente indagati (*worst-case*) in progetto, sono di gran lunga più accettabili rispetto ai danni certi del degrado in atto e in divenire in quanto non determinano in nessun caso situazioni critiche paragonabili a quelle in atto.

È stato evidenziato che i ratei massimi di arretramento (*worst-case*) restano all’interno della “forbice” di naturale variabilità della spiaggia a Sud Ovest e che le caratteristiche dimensionali e di resilienza di questa spiaggia, che ricade in una diversa sub-unità gestionale, sono tali da non far insorgere alcuna criticità.

L’impostazione progettuale delle barriere/isle sia alla scala delle modellazione numerica del trasporto litoraneo (*distanze differenziate, ampiezza dei varchi, orientamento, etc.*) che di “*design engineering*” di dettaglio (*pendenze delle scogliere, forme etc.*) è stata orientata proprio a minimizzare gli effetti erosivi al contorno e si ritiene che costituisca uno dei principali punti di “forza” del progetto.

Il progetto inoltre è costituito da due componenti: le opere di protezione (*barriere/isle*) e le opere di ri-configurazione della spiaggia alle condizioni di equilibrio previste “post operam” (*reconfiguration dredging*), combinate in sinergia proprio per prevenire il rischio che la formazione dei salienti indotti dalle barriere di protezione avvenga a “spese” dei sedimenti delle spiagge adiacenti, minimizzando ulteriormente i possibili effetti erosivi al contorno.

Un altro punto fondamentale di “forza” del progetto risiede nelle caratteristiche di flessibilità e reversibilità delle opere⁵, e nella grande facilità di implementazione di eventuali interventi correttivi e migliorativi “post operam”⁶.

Gli approfondimenti si sono pertanto principalmente focalizzati sugli aspetti geomorfologici evolutivi, oltre che a fornire le altre informazioni utili ai chiarimenti e alle integrazioni emersi in istruttoria.

Con l’intento di migliorare la esposizione del progetto, le informazioni, approfondimenti e chiarimenti sono stati integrati nella presente relazione, strutturata quale sinossi del progetto, (*studi effettuati, dati acquisiti e utilizzati, etc.*), in modo da presentare una visione riepilogativa complessiva della proposta progettuale presentata.

⁴ Il dissesto erosivo della spiaggia è ben noto e conclamato. Per far fronte al dissesto, da oltre quindici anni sono state realizzate diverse opere di ripristino e mitigazione (*eseguite dal concessionario a propria cura e spesa*).

I danni si sostanziano nella scomparsa di un tratto di spiaggia che negli ultimi 7 anni è stato artificialmente ripristinato; nel danno dell’aumento dell’impatto delle mareggiate sul piede della scarpata di retrospiaggia, sulle strutture murarie e sulla vegetazione; il danno al patrimonio demaniale (riduzione delle aree in concessione); i danni al paesaggio degradato; i danni alla fruizione turistico-balneare e ai danni di immagine del Resort.

⁵ E’ previsto l’impiego di due soli materiali naturali, totalmente riciclabili e riutilizzabili (sabbia e scogli) e con esigue volumetrie.

⁶ I lavori correttivi consistono esclusivamente in opere di dragaggio o di spostamento/rimozione dei massi con modalità a basso impatto analoghe a quelle descritte per la realizzazione delle opere.

SOMMARIO**1 – INTRODUZIONE E LOCALIZZAZIONE**

Fig.1a - Localizzazione del paraggio, Unità fisiografica e aree di pertinenza del Forte Village Resort (vista da NE)

Fig.1b - Localizzazione del paraggio, (vista da S)

2 - DINAMICA GEOMORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA DI SANTA MARGHERITA DI PULA

Fig.2 -Evoluzione erosiva della spiaggia antistante il Forte Village resort- ISPRA

*Fig.3 - Evoluzione della linea di riva 1943 ÷ 2018; in **rosso** il tratto di spiaggia antistante il ForteVillage.*

Fig.4 – Suddivisione dell’unità fisiografica in 4 parti in relazione ai differenti aspetti geomorfologici.

2.1 - Tratti di costa A e B

Fig.5 – Tipico profilo trasversale della spiaggia di Santa Margherita, invernale ed estivo.

Fig.6 – Variazioni della spiaggia nella estremità Sud Est dell’unità fisiografica (tratto A).

Fig.7a (2013); 7b (2015) – Due immagini delle variazioni della spiaggia nella parte centrale dell’unità fisiogr (B).

2.2 - Tratto di costa C antistante il Forte Village

Fig.8 –Due immagini della parte critica dell’unità fisiografica (tratto C)

Fig.9 – Parte critica dell’unità fisiografica (tratto C) con evidenziata la diversa conformazione dei fondali antistanti

2.3 - Tratto di litorale D

Fig.10 – Tratto di litorale D con l’evidente accrescimento dell’arenile dopo la costruzione del porticciolo di Cala Verde

Fig.11 – Lo scoglio della foto precedente durante una fase di minima estensione dell’arenile (tratto D)

2.4 – Tendenze evolutive dell’intera unità fisiografica

Fig.12a – Tendenze evolutive del litorale

Fig.12b – Tendenza evolutiva del litorale

Fig.13 – Spiagge dell’unità fisiografica del litorale di Santa Margherita

Tabella riepilogativa delle caratteristiche delle spiagge

2.5 – Tendenza evolutiva del tratto critico C e delle spiagge al contorno.

Fig.14 – Scenario evolutivo della zona di intervento e delle spiagge al contorno. (base 2023)

Fig.15 – Scenario evolutivo del tratto critico del Forte Village. (base 2023)

2.6 – Stato di criticità del tratto C (tratto di spiaggia antistante il Forte Village resort)

Fig.16a – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C, 2021)

Fig.16b – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C)

Fig.16c – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C)

Fig.16d – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C, 2019)

3 - INTERVENTI DI RIPRISTINO E MITIGAZIONE EFFETTUATI NEGLI ULTIMI 20 ANNI**3.1 – Sintesi degli interventi effettuati****3.2 – Considerazioni e osservazioni sugli interventi effettuati e sui monitoraggi.**

3.2.1 – Lavori di ricarica dell’arenile

Fig.17 – Lavori di ricarica e riprofilatura della spiaggia del Forte Village (lavori 2018/19/20/21/22/23/24)

3.2.2- Effetti e durabilità degli interventi di ricarica dell’arenile

3.2.3 – Barriere soffolte in geotubi

3.2.4 – Monitoraggi (posidonia, parametri fito-bentonici, chimico-fisici e torbidità)

4 - IL PROGETTO DI PROTEZIONE DEL TRATTO CRITICO DEL LITORALE**4.1 – Obiettivi del progetto****4.2 – Approccio progettuale**

4.2.1 – Acquisizione dei dati disponibili

4.2.2 – Studio idraulico marittimo e modelli numerici utilizzati

4.3 – Fondamenti e aspetti funzionali del progetto

Fig.18 – Layout di progetto ottimizzato georeferenziato

Fig.19 – Schema planimetrico dimensionale delle opere in progetto

4.4 – Caratteristiche delle opere in progetto

4.4.1 – Caratteristiche dimensionali

4.4.2 – Caratteristiche tecniche, costruttive e di “design”

Fig.20 – Schema planimetrico delle opere in progetto

5 - EVOLUZIONE DEL LITORALE “POST OPERAM”

Fig.21a – Tendenza evolutiva naturale del litorale La freccia evidenzia il tratto di litorale aggettante del Forte Village

Fig.21b – Tendenza evolutiva del litorale attesa “POST OPERAM”

5.1 – Risultati della modellazione numerica

Fig.22 – Es. Output modellazione - Vento e onde da SW - Altezze d’onda e intensità

5.2 – Analisi delle criticità e dei rischi di impatti negativi**5.2.1 – Criteri di valutazione degli impatti delle opere***Fig.23 – Criticità in atto***5.2.2 – Possibili effetti erosivi indotti sulle spiagge adiacenti***Fig.24 – Esempi di modellazione della linea di riva con trasporto verso NE e verso SO (1 anno)**Fig.25 – Variazioni della linea di riva nella spiaggia a SW della zona di intervento**Fig.26 – Variazioni della linea di riva nella spiaggia a SW della zona di intervento (ISPRA)***5.2.3 – Possibili effetti negativi dovuti alla formazione di tomboli***Fig.27 – Criticità dovuta alla formazione di tomboli***6 - MONITORAGGIO “POST OPERAM”, INTERVENTI MANUTENTIVI E CORRETTIVI****6.1 – Monitoraggio generale****6.2 – Caratteristiche delle spiagge adiacenti e definizione delle soglie di criticità****6.2.1 - Caratteristiche delle spiagge adiacenti***Fig.28 – Transesti di controllo del tratto di spiaggia interessato dal progetto*

Tabella delle misure dei transesti di controllo

6.2.2 – Definizione delle soglie di criticità per effetti erosivi indotti sulle spiagge adiacenti (Par. 5.2.2)**6.2.3 – Definizione delle soglie di criticità per effetti negativi di formazione di tomboli (Par.5.2.3)****7- ALTRE INTEGRAZIONI E CONSIDERAZIONI IN MERITO AD ARGOMENTI TRATTATI IN FASE ISTRUTTORIA****7.1 – Alternative progettuali e Opzione Zero****7.1.1 - Accettazione dello stato di degrado.****7.1.2 - Gestione del dissesto idrogeologico erosivo con interventi cogenti emergenziali “ex post”.****7.2 – Considerazioni sugli aspetti economici e all’Analisi Costi Benefici****7.3 – Conoscenza dei luoghi, acquisizione dei dati, monitoraggi pregressi****7.3.1 – Base conoscitiva delle caratteristiche sito-specifiche del litorale****7.3.2 – Studi meteomarinari e analisi del trasporto dei sedimenti****7.4 – Aspetti del progetto e discussione su aspetti motivazionali di dettaglio****7.5 – Aspetti paesaggistici****7.5.1 – Aspetto attuale della spiaggia***Fig.29 – Aspetto critico attuale della spiaggia del Forte Village e aspetto paesaggistico “storico” precedente***7.5.2 – Simulazioni paesaggistiche e visibilità dall’esterno***Fig.30 – Simulazione fotografica delle isole/barriere**Fig.31 – Simulazione fotografica delle isole/barriere**Fig.32 – Visibilità delle barriere nel contesto**Fig.33 – In alto simulazione dell’aspetto previsto delle isole/nbarriere Scenario naturale attuale e precedente**Fig.34 – Schema dei volumi con gradini di livello ogni 50 cm***7.6 – Considerazioni sulle interazioni con l’area ZSC “Tra Forte Village e Perla Marina”***Fig.35 – Area e posizione del SIC (cod. ITB042231)**Fig.36 – Stato attuale della zona SIC-ZPS (interno proprietà privata)**Fig.37 – Stato attuale della zona SIC-ZPS (spiaggia parzialmente ricompresa nella zona SIC-ZPS)**Fig.38 – Posizione del SIC-ZPS nella Sub unità gestionale B***ALLEGATI****1 – Integrazioni relaz.geomorfologica (Geol Giovanni Tilocca)****2 – Integrazioni esplicative Modellazione numerica (DHI)****3 – Integrazioni Piano di monitoraggio (Ing. Andrea Ritossa)**



ELENCO DEGLI ELABORATI TRASMESSI

Dic.2022 - Elaborati progettuali

A - RELAZIONE TECNICA.cmp
B – RELAZIONE GEOLOGICA.cmp
C – RELAZIONE METEOMARINA.cmp
D - RELAZIONE PAESAGGISTICA.cmp
APP_RELAZ_TECNICA.cmp
01 - COROGRAFIA
02 – PLAN-GEN-STATO ATTUALE
03 – PLAN-GEN PROGETTO
04 – PLAN-PROGETTO ortofoto.cmp
05 – PLAN-PROG-TRACCIAMENTO GEOREF
06 – PLAN-PROG-TRACC bionomica
07 – SEZIONI
– STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE-SIA.cmp
– SIA SINTESI NON TECNICA.cmp
– FILE GEOREFERNZIATI-SHAPE
- Valore opere
- Scheda riepilogativa delle informazioni

Apr.2023 Integrazioni

- Analisi Costi-Benefici
- Piano di monitoraggio ambientale (P.M.A.
Linee Guida I.S.P.R.A.;
- Studio previsionale di Impatto acustico
- Aggiornamento analisi e indagini di
caratterizzazione dei materiali
Verbale di sopralluogo e prelievi ARPAS del
16/03/2023

Dic.2023 Integrazioni

- Relazione integrativa
- Raffronto rilievi batimetrici RILIEVI E
INDAGINI AREE DI PRELIEVO
- Analisi modellistiche integrative studio
meteomarino - DHI
- Int. relazione paesaggistica
- Int. analisi costi benefici
- Rev. piano di monitoraggio
- Int. Piano di caratterizzazione sedimenti
- Esiti della caratterizzazione Marzo 2023

D

OPERE DI PROTEZIONE DELLA SPIAGGIA ANTISTANTE IL “FORTE VILLAGE RESORT”

1 – INTRODUZIONE E LOCALIZZAZIONE

Il Forte Village Resort è la più importante struttura turistico-ricettiva del sud Sardegna. Molto noto nel contesto internazionale per la peculiarità dell'offerta, genera ricadute di alta valenza economica e occupazionale sul territorio e promuove a livello internazionale¹ la bellezza del litorale di Santa Margherita di Pula e delle spiagge del sud Sardegna. La spiaggia è un elemento iconico e di “*rêverie*”² fondamentale e centrale dell'immagine del “beach resort”.

Nella spiaggia di Santa Margherita di Pula è in atto un fenomeno erosivo.

La posizione ridossata dai venti occidentali prevalenti determina in quest'area un particolare microclima con connotazioni quasi sub-tropicali.

La spiaggia affacciata a Sud Est, è costituita da un giacimento sedimentario sabbioso che orla la scarpata a mare del pianoro costiero debolmente digradante verso mare, situato al piede della orografia collinare che la ridossa dai venti occidentali.

Dagli anni Cinquanta e Sessanta del secolo scorso, con lo sviluppo della “villeggiatura balneare” questo tratto di costa è stato interessato dall'insediamento diffuso di strutture turistico ricettive e residenziali.



Fig.1a - Localizzazione del paraggio, Unità fisiografica e aree di pertinenza del Forte Village Resort (vista da NE)

La spiaggia antistante il Forte Village fa parte di un unità fisiografica³ ben definita, costituita dalla lunga spiaggia⁴

¹ Forte Village è stato premiato per 22 volte come miglior resort di lusso al mondo.

² La spiaggia è icona di libertà, di vacanza, di relax, di “leisure”, la fidelizzazione della clientela dovuta alla spiaggia è un “brand equity” fondamentale per il Forte Village.

³ Unità geografica costiera circoscritta nella quale le dinamiche idrografiche, meteomarine e geomorfologiche sono sostanzialmente indipendenti rispetto alle aree limitrofe.

⁴ La spiaggia dal punto di vista geografico e geomorfologico è il margine costiero inclinato verso il mare, compreso tra il limite inferiore e il limite superiore di azione delle onde. Una generica spiaggia, costituita come quella in oggetto da un deposito di sedimenti mobili, comprende: la spiaggia

sabbiosa che caratterizza il litorale di Santa Margherita di Pula.

L'unità fisiografica si estende da Sud Ovest a Nord Est, dalle scogliere di Cala Bernardini (*Pinus Village*) fino ai moli aggettanti del porticciolo di Cala Verde (circa 2900 metri).

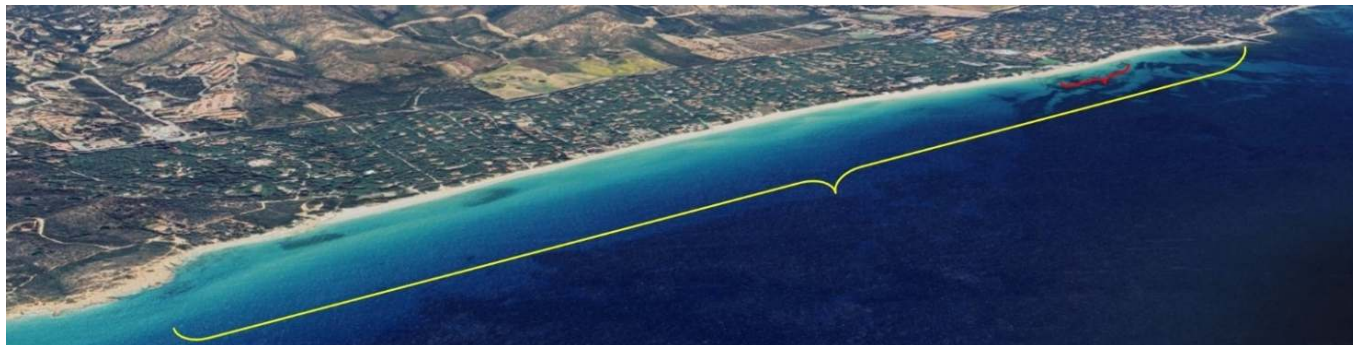


Fig.1b - Localizzazione del paraggio, (vista da S)

Nel corso del tempo si è registrato un complessivo arretramento della linea di riva e una generale diminuzione del volume dei sedimenti sabbiosi. In particolare il tratto di spiaggia situato di fronte al Forte Village ha subito riduzioni significative della superficie dell'arenile determinando notevoli disagi nella fruizione turistico balneare della spiaggia e un impatto negativo sul pregio paesaggistico e ambientale della spiaggia e sull'immagine del resort.

La principale criticità è dovuta alla scarsa resilienza di questo tratto di spiaggia che anche con mareggiate di modesta entità subisce variazioni significative della superficie dell'arenile.

Con frequenza crescente si è osservata la riduzione dell'estensione superficiale dell'arenile e il un diffuso affioramento del substrato roccioso e ciottoloso che permane anche durante il periodo estivo.

Per mitigare tale criticità negli ultimi sedici anni la società proponente, che ha la concessione demaniale della spiaggia ha eseguito diversi interventi per la messa in sicurezza e il ripristino dell'arenile.

2 - DINAMICA GEOMORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA DI SANTA MARGHERITA DI PULA

La dinamica sedimentaria di questa spiaggia è caratterizzata da una notevole mobilità longitudinale e trasversale dei sedimenti, che avviene tuttavia senza scambi con i tratti di litorale adiacenti.

Si osservano quindi, da un anno all'altro e stagionalmente, importanti variazioni locali della larghezza della spiaggia che fanno assumere configurazioni molto variabili della linea di riva.

L'analisi dei dati raccolti direttamente negli ultimi vent'anni, il confronto delle linee di riva precedenti disponibili e i rilevamenti più recenti hanno sempre confermato e evidenziato la notevole mobilità della spiaggia, soprattutto longitudinale, con alternanza di fenomeni di accrescimento e arretramento della linea di riva lungo tutto lo sviluppo dell'unità fisiografica (*dell'ordine di alcune decine di metri*).

Nel lungo periodo si è palesato un evidente fenomeno erosivo costiero⁵ che ha determinato un significativo arretramento della linea di riva dovuto alla riduzione del volume del deposito sedimentario complessivo della spiaggia.

emersa (o arenile), che si estende dalla battigia di bassa marea fino al limite cui giungono le onde di tempesta; la spiaggia sommersa, che si estende dalla battigia fino alla "profondità di chiusura", ovvero la profondità dei fondali antistanti alla quale l'azione del moto ondoso di tempesta non determina più significative mobilità dei sedimenti.

⁵ Il fenomeno erosivo ha cause complesse dovute principalmente alle modificazioni antropiche della piana costiera e alle fluttuazioni climatiche; l'analisi della evoluzione della linea di riva è stata effettuata sulla base dei dati reperibili nel lungo periodo (80 anni) dei rilievi diretti effettuati nel medio periodo (20 anni).

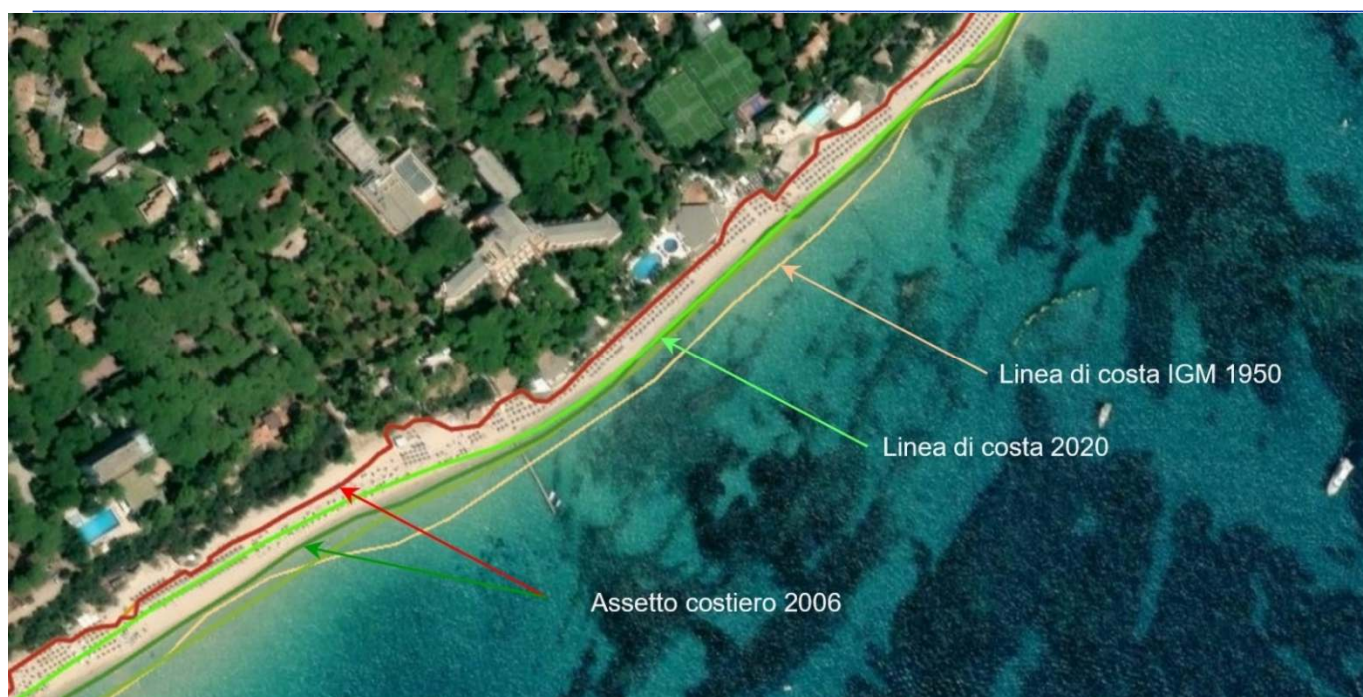


Fig.2 –Evoluzione erosiva della spiaggia antistante il Forte Village resort - Web GIS del Portale delle Coste ISPRA
(<https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/sites/#/coste>)

La variabilità della linea di battigia di questa spiaggia è dell'ordine di decine di metri e si sono registrati, anche in una sola mareggiata, spostamenti volumetrici longitudinali e trasversali dell'ordine di diverse decine di migliaia di metri cubi di sabbia.

L'evoluzione della linea di riva nel corso del tempo (lungo periodo) sull'intera unità fisiografica è schematizzata nella figura seguente⁶.

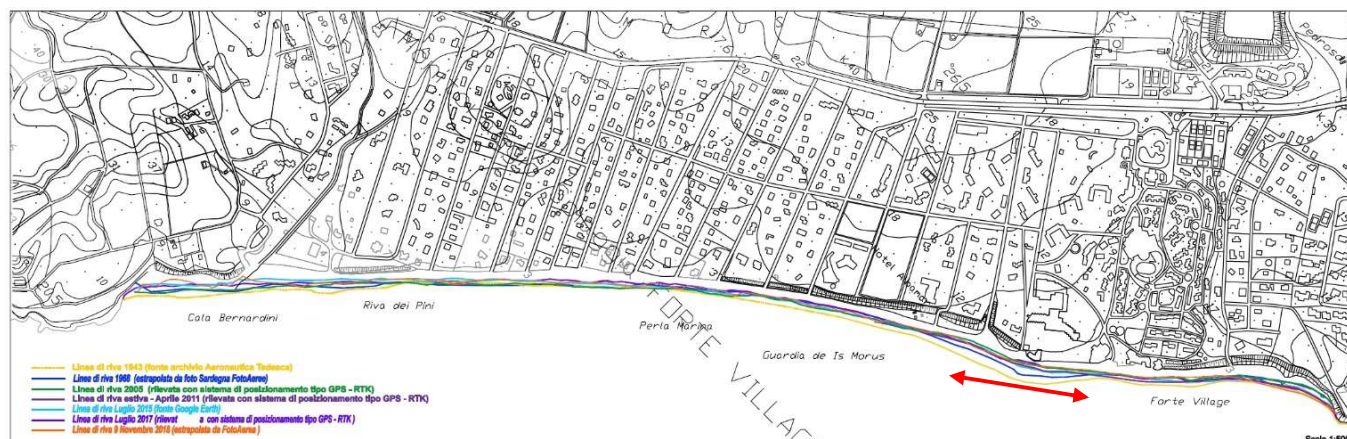


Fig.3 - Evoluzione della linea di riva 1943 ÷ 2018; in rosso il tratto di spiaggia antistante il ForteVillage.

⁶ Estratta dal progetto di ricarica della spiaggia che ha ottenuto il parere positivo di VIA nel 2019.

La riduzione della superficie della spiaggia emersa (*arenile*)⁷ nel corso del tempo (in un arco di circa sessant'anni) è stimata dell'ordine di grandezza del 20% circa, ancora maggiore se si confronta con immagini fotografiche più remote (1943).

Negli ultimi vent'anni la riduzione dimensionale complessiva dell'*arenile* ha determinato situazioni di criticità principalmente nel tratto C che si è rivelato il tratto di spiaggia di maggior vulnerabilità e minor resilienza.

Con riferimento alla suddivisione dell'unità fisiografica nei quattro tratti A, B, C, D schematizzati nella figura seguente la dinamica evolutiva generale del litorale



Fig.4 – Suddivisione dell'unità fisiografica in 4 parti in relazione ai differenti aspetti geomorfologici.

2.1 - Tratti di costa A e B

La spiaggia di queste parti del litorale ha una conformazione trasversale tipica delle grandi spiagge ad arco (esemplificata nella figura seguente) ed è caratterizzate da una alternanza stagionale tra il profilo invernale, erosivo, (concavo) con accumulo dei sedimenti nella barra litoranea sommersa e il profilo estivo con rideposizione e accumulo dei sedimenti sull'*arenile* (convesso).

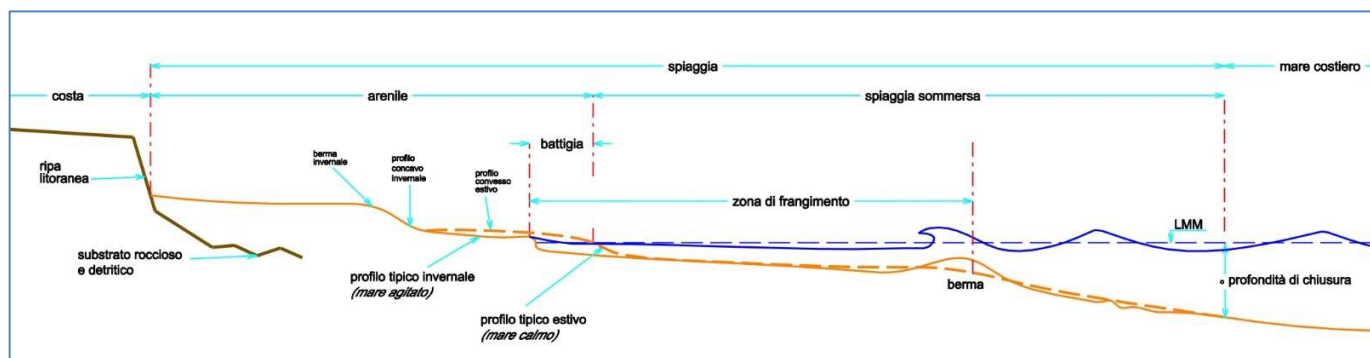


Fig.5 – Tipico profilo trasversale della spiaggia di Santa Margherita, invernale ed estivo.

⁷ La parte di spiaggia che si estende dalla battigia al livello di bassa marea fino al limite superiore a cui giungono le onde di tempesta.

In questi tratti di spiaggia si registra stagionalmente una alternanza di tratti di spiaggia con linea di riva in avanzamento e tratti con linea di riva in arretramento con un sostanziale equilibrio complessivo nel breve periodo e una prevalente tendenza erosiva nel lungo periodo (arretramento della linea di riva).

Tale comportamento è evidente nel tratto A in cui la spiaggia di “Cala bernardini” o “Riva dei Pini” e la contigua spiaggia di “Su Pilastru” che in passato risultavano unite, recentemente stanno assumendo sempre più frequentemente la configurazione di due spiagge separate dal modesto aggetto roccioso costituito dagli scogli Barbagianni. Analogamente verso Sud Ovest anche la spiaggia di Pinus Village è soggetta a importanti variazioni della profondità dell’arenile.

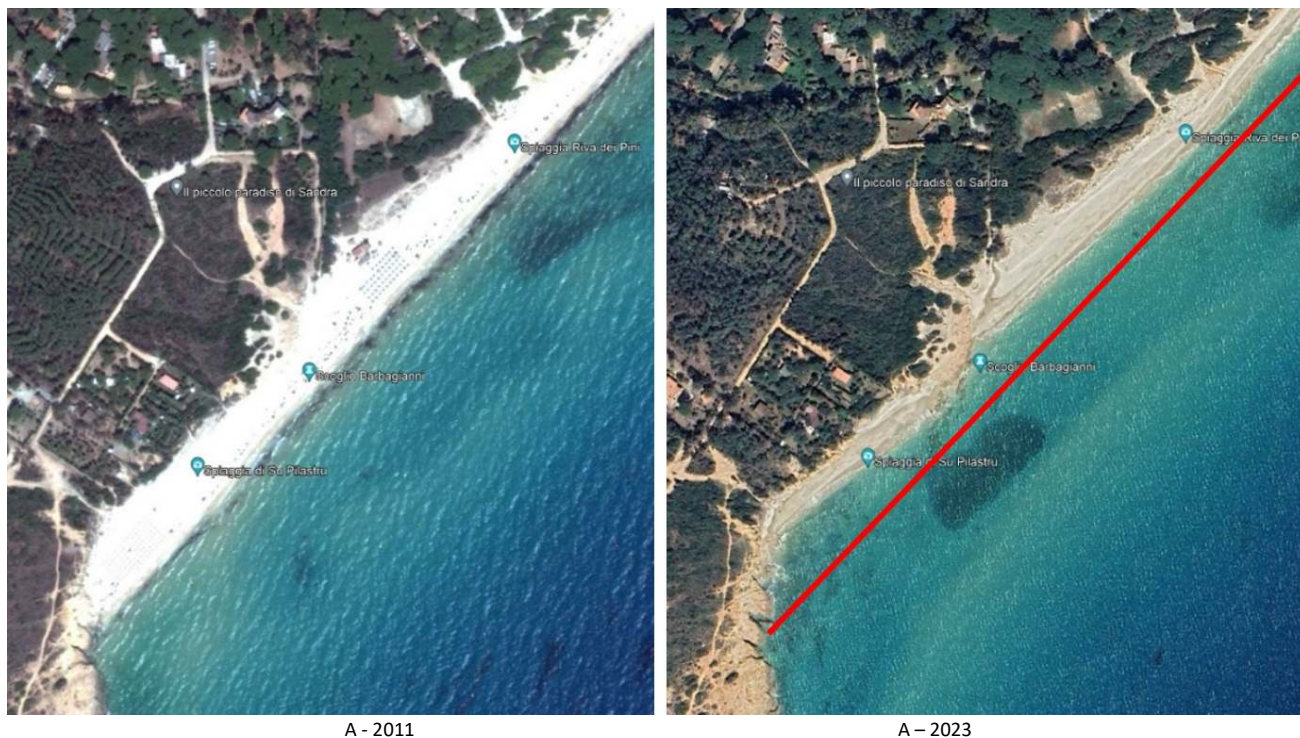


Fig.6 – Variazioni della spiaggia nella estremità Sud Est dell’unità fisiografica (tratto A).

Le variazioni della profondità dell’arenile registrate in questo tratto A della spiaggia di Santa Margherita sono valutate dell’ordine di diverse decine di metri da valori minimi di circa 15÷20 metri fino a valori massimi di circa 40÷50 metri e oltre (in passato anche superiori a 60 metri).

In linea generale tale variabilità non produce situazioni di particolare criticità nella fruizione estiva; infatti anche con gli arretramenti più estremi della linea di riva, la superficie dell’arenile resta abbastanza ampia e sufficiente a soddisfare l’afflusso turistico balneare di questo specifico tratto.

Nel tratto di spiaggia B l’arenile ha il comportamento tipico caratterizzato da una alternanza stagionale tra il profilo invernale, erosivo con accumulo dei sedimenti nella barra litoranea sommersa e il profilo estivo con rideposizione e accumulo dei sedimenti sull’arenile.

L’alternanza di tratti di spiaggia con linea di riva in avanzamento e tratti con linea di riva in arretramento determina la formazione invernale di una linea di riva sinuosa con alternanza di salienti e minime che nel periodo estivo tendono ad attenuarsi ripristinando un andamento più lineare della linea di riva.

Le variazioni della profondità dell’arenile in questo tratto B della spiaggia di Santa Margherita, valutate stagionalmente sono dell’ordine di un paio di decine di metri da valori minimi di circa 18÷20 metri fino a valori massimi di circa 35÷40 metri e oltre (in passato anche di circa 50 metri).

L'alternanza di tratti di spiaggia con linea di riva in avanzamento e tratti con linea di riva in arretramento evidenziano un sostanziale equilibrio complessivo nel breve periodo e una prevalente tendenza erosiva nel lungo periodo.

Tuttavia tale variabilità non ha mai prodotto situazioni di particolare criticità nella fruizione estiva in quanto la superficie dell'arenile conserva una ampiezza largamente sufficiente a contenere l'afflusso turistico balneare.



Fig.7a (2013); 7b (2015) – Due immagini delle variazioni della spiaggia nella parte centrale dell'unità fisiografica (tratto B).

2.2 - Tratto di costa C antistante il Forte Village

Questo tratto di litorale, in gran parte situato di fronte al Forte Village Resort, è maggiormente aggettante verso mare rispetto alla linea di riva al contorno.

La profondità dell'arenile in questo tratto C della spiaggia è molto minore di quella delle spiagge limitrofe e varia da valori minimi di circa 5÷10 metri fino a valori massimi di poco superiori a circa 25 metri.

Inoltre questo tratto C si differenzia dai precedenti (A e B) per la diversa conformazione dei fondali antistanti, caratterizzati da l'affioramento del substrato roccioso in prossimità della riva.

I bassifondi rocciosi determinano delle diffuse irregolarità della zona di frangimento delle onde, non si ha formazione della barra litoranea sommersa con una accentuata mobilità dei sedimenti sotto costa; in questo contesto i fenomeni di variabilità stagionale e accrescimento estivo risultano estremamente aleatori.

La ridotta larghezza dell'arenile, il minor volume di sedimenti nella spiaggia sommersa e la dinamica trasversale fortemente influenzata dai bassifondi rocciosi, la conformazione aggettante della scarpata litoranea, rendono questo

tratto di spiaggia particolarmente vulnerabile al fenomeno erosivo e anche modeste variazioni invernali della profondità e del volume dell'arenile, possono determinare il permanere di uno stato di criticità nella stagione estiva.



Fig.8 –Due immagini della parte critica dell'unità fisiografica (tratto C)

Sono evidenziati gli affioramenti rocciosi e la conformazione ripida e aggettante del litorale.

Nella figura che segue si nota l'aggetto del litorale caratterizzato da una ripa costiera detritica ad elevata ripidità con opere di contenimento del piede della scarpata e spiaggia in arretramento, (tratto C in corrispondenza del Forte Village) e sono evidenziati i fondali con gli affioramenti rocciosi che si estendono verso il largo; si osserva l'assenza della "barra litoranea sommersa"⁸; gli effetti erosivi invernali determinano l'accumulo irregolare dei sedimenti negli spazi alternati agli affioramenti rocciosi in cui i sedimenti vengono "intrappolati".

La spiaggia emersa nel tratto C presenta maggiori difficoltà a riformarsi e riprendere l'assetto estivo, sia per i minori volumi di sabbia disponibili ma anche per le difficoltà di rimobilitazione della sabbia sottratta d'inverno e "intrappolata" nelle anse del fondale roccioso.

Il minor spessore dell'arenile, durante le mareggiate, fa assumere al tratto di litorale caratteristiche di maggior "rigidità"

⁸ La "potenza" del giacimento sedimentario sommerso è notevolmente inferiore rispetto a quello dei tratti A e B dell'unità fisiografica.

con un aumento della tendenza dissipativa dei sedimenti.



Fig.9 – Parte critica dell'unità fisiografica (tratto C) con evidenziata la diversa conformazione dei fondali antistanti

La spiaggia emersa nel tratto C presenta maggiori difficoltà a riformarsi e riprendere l'assetto estivo, sia per i minori volumi di sabbia disponibili ma anche per le difficoltà di rimobilitazione della sabbia sottratta d'inverno e "intrappolata" nelle anse del fondale roccioso.

Il minor spessore dell'arenile, durante le mareggiate, fa assumere al tratto di litorale caratteristiche di maggior "rigidità" con un aumento della tendenza dissipativa dei sedimenti.

2.3 - Tratto di litorale D

Questo tratto di litorale è caratterizzato da una rientranza in corrispondenza della Comunione Stella Marina e di una parte aggettante in corrispondenza di Cala Verde.

Storicamente l'arenile era presente nell'ansa del litorale mentre era pressoché assente nella parte aggettante, caratterizzata da una falesia in erosione con riva ciottolosa, solcata dallo sbocco a mare del Rio Pedrosu (in corrispondenza del porticciolo di Calaverde) e da un tratto di fondale antistante costituito da bassifondi rocciosi.

Dopo la realizzazione del porticciolo di Calaverde, i due pennelli perpendicolari alla linea di costa aggettanti circa 70 metri verso mare (fino alla profondità di circa 2,50 metri) hanno determinato l'accumulo dei sedimenti a ridosso del molo verso Sud Ovest con formazione di un tratto di arenile di modesta larghezza (2÷7 metri) al piede della falesia, e una generale tendenza di avanzamento della linea di riva nell'ansa litoranea che la precede verso Sud Ovest.

Lo scoglio evidenziato nella figura seguente, che in passato era stabilmente situato in mare, attualmente nella configurazione estiva della spiaggia risulta per lo più inglobato nell'arenile.



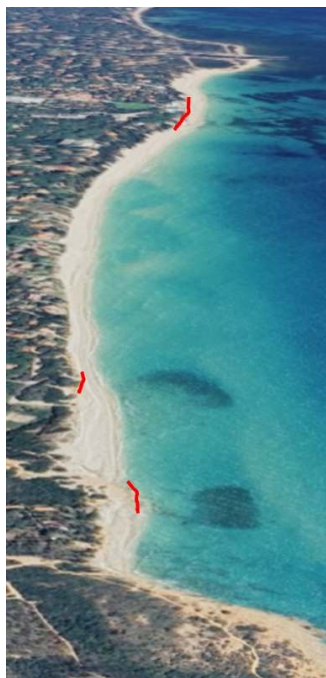
Fig.10 – Tratto di litorale D con l'evidente accrescimento dell'arenile dopo la costruzione del porticciolo di Cala Verde



Fig.11 – Lo scoglio della foto precedente durante una fase di minima estensione dell'arenile (tratto D)
Si evidenzia come anche questa configurazione minima dell'arenile non ne riduce in modo critico la fruibilità balneare

L'accrescimento della spiaggia in questo tratto D è stato valutato complessivamente in circa 10÷15 metri; la profondità media di questo tratto di arenile si è modificata dai valori medi "storici" di circa 25÷30 metri ai valori attuali di circa 35÷40 metri e oltre. Tale accrescimento è avvenuto evidentemente a spese dell'intera spiaggia e in particolare del tratto adiacente a Sud Ovest (tratto C).

2.4 – Tendenze evolutive dell'intera unità fisiografica



L'analisi delle dinamiche geomorfologiche e sedimentarie della spiaggia nell'intera unità fisiografica hanno evidenti caratteristiche di estrema variabilità stagionale e pluriennale.

Le maggiori criticità sono state rilevate nel tratto C antistante al Forte Village (*vedi par. 1.1.6*) nel quale le variazioni della superficie dell'arenile sono dello stesso ordine di grandezza delle caratteristiche dimensionali e determinano con frequenza crescente la totale scomparsa della spiaggia emersa e la necessità di interventi puntuali di ricarica (*vedi*

Nelle altre parti dell'unità fisiografica anche con importanti arretramenti della linea di riva (decine di metri) non si determinano sostanziali criticità in quanto resta comunque disponibile un'ampia superficie di arenile.

La tendenza erosiva di lungo periodo fa prevedere una riduzione generale della superficie dell'arenile di Santa Margherita con la separazione della lunga spiaggia in corrispondenza dei promontori aggettanti.

Nelle figure sono stati evidenziati in rosso gli aggetti in cui il progredire dell'erosione tende a determinare la interruzione della continuità della spiaggia.

Fig.12a – Tendenze evolutive del litorale



Fig.12b – Tendenza evolutiva del litorale

Sono evidenziate in **giallo** le spiagge e in **rosso** i promontori rocciosi aggettanti che tendono a interrompere la continuità della spiaggia.



Fig.13 – Spiagge dell'unità fisiografica del litorale di Santa Margherita
È evidenziata la posizione dell'area SIC (Z.S.C. ITB042231) "Tra Forte Village e Perla Marina"

Con riferimento alla numerazione della figura, nella **Tabella⁹** seguente sono sintetizzate le caratteristiche dimensionali delle spiagge del litorale di Santa Margherita di Pula che ricadono nell'unità fisiografica e le loro tendenze evolutive.

Tabella riepilogativa delle caratteristiche delle sopiagge

Tratti di litorale			Larghezza minima invernale	Larghezza estiva		Larghezza estiva (media ponderale)	Indice di consistenza volumetrica arenile		criticità erosiva (*)	criticità Larghezza (**)	NOTE
				Min	Max		media estiva	media invernale			
A	1	Pinus Village	15	18	35	22	16,5	11,3	32%	3	Limite SW dell'unità fisiografica Spiaggia separata da scogliera aggettante Variabilità stagionale tipica molto marcata
	2	Cala Bernardini (Su Pilastru)	15	25	55	23	17,3	11,3	35%	4	Variabilità stagionale tipica molto marcata Elevati accrescimenti estivi periodici
	3	Aggetto scogli Barbagianni	0	5	12	5	3,8	0,3	92%	-14	Tendenza alla interruzione della continuità dell'arenile sugli scogli aggettanti
	4	Riva dei Pini	12	18	50	23	17,3	10,5	39%	4	Variabilità stagionale tipica alta Periodici elevati accrescimenti estivi Dimensioni estive aleatorie ma sempre sufficienti
B	5	Sirene-Naiadi	15	20	35	25	18,8	11,3	40%	6	Variabilità stagionale tipica (media) Dimensioni estive generalmente buone
	6	Perla Marina	18	20	40	26	19,5	13,5	31%	7	Variabilità stagionale tipica Dimensioni estive stabilmente buone
	7	Barca a vela-Abamar- SIC	18	20	35	25	18,8	13,5	28%	6	Variabilità stagionale tipica dimensioni estive stabilmente buone
C	8	Forte-village Castello	0	2	8	5	3,8	0,1	98%	-14	Variabilità stagionale atipica molto elevata Interruzione di continuità della spiaggia frequente
	9	Forte-village Dune	8	10	22	15	11,3	5,5	51%	-4	Variabilità stagionale atipica e aleatoria Insufficienti dimensioni estive frequenti
D	10	Stella Marina	20	28	35	30	22,5	15,0	33%	11	Variabilità stagionale atipica Tendenza pluriennale di accrescimento Dimensioni estive generalmente buone
	11	Calaverde beach	18	20	35	25	18,8	13,5	28%	6	Variabilità stagionale atipica elevata Tendenza pluriennale di accrescimento
	12	Calaverde promontorio	2	4	10	5	3,8	2,0	47%	-14	Variabilità stagionale atipica molto elevata con aleatorietà stagionale marcata Tendenza pluriennale di accrescimento Limite NE dell'unità fisiografica
Valori medi			12	16	31	19	media generale				

(*) Incidenza percentuale variabilità volumetrica dell'arenile - (**) Δ tra Larghezza estiva e larghezza media generale

⁹ La tabella è basata sulle osservazioni e misurazioni, storiche e recenti e in occasione di mareggiate significative. La messe di dati (non omogenei) è stata vagliata e confrontata con i monitoraggi (7 anni) e organizzata per fornire indicazioni utili a descrivere il comportamento complessivo delle diverse spiagge ai fini di valutarne le criticità fruibili e evolutive lungo l'intera unità fisiografica.

2.5 – Tendenza evolutiva del tratto critico C e delle spiagge al contorno.

Nella figura seguente è rappresentato lo scenario evolutivo a medio termine del tratto di litorale critico C in assenza di qualunque intervento.

In linea generale si conferma la tendenza degli ultimi 20 anni, con estrema riduzione della spiaggia nel tratto di litorale aggettante di fronte al Forte Village e tendenza all'accrescimento della spiaggia nell'ansa a NE e a ridosso del molo del porticciolo di Calaverde.

Nel tratto di fronte al Forte Village si verifica con frequenza crescente che la fase erosiva invernale¹⁰ determini la totale asportazione della berma sabbiosa e la messa a nudo del substrato roccioso della ripa litoranea al piede dei muri di sottoscarpa, rendendo questo tratto di riva "rigido" e "riflettente"

Questa modifica "modale" della berma, che non si presenta più come un piano sabbioso a debole pendenza¹¹ ostacola la fase deposizionale stagionale rendendo aleatoria la ricostituzione della spiaggia "estiva".

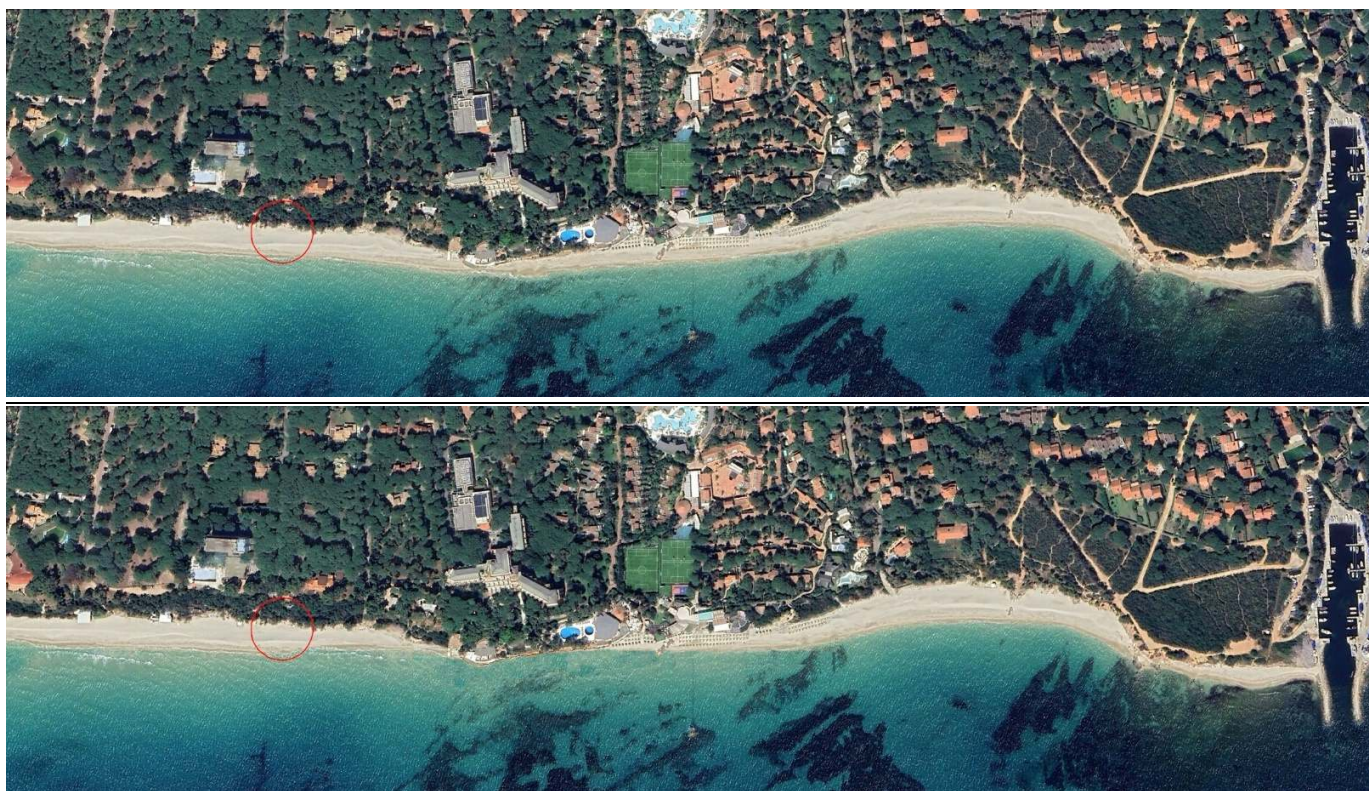


Fig.14 – Scenario evolutivo della zona di intervento e delle spiagge al contorno. (base 2023)
Erosione dell' aggetto litoraneo del Forte Village e accumulo nell'ansa a Nord Est e a ridosso del molo di Calaverde.

¹⁰ Le trasformazioni della spiaggia, secondo il normale ritmo delle stagioni un alternanza dei profili bidimensionali della spiaggia secondo una sequenza erosiva (CUT) invernale ed una deposizionale (FILL) estiva.

¹¹ I cicli evolutivi del profilo sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche intrinseche della spiaggia (pendenza/granulometria) e del moto ondoso che ne determinano la tipologia "dissipativa", "riflettente"(onde alte di corto periodo) o "deposizionale" (onde basse e di lungo periodo).



Fig.15 – Scenario evolutivo del tratto critico del Forte Village. (base 2023)
Tratto critico con interruzione della continuità della spiaggia.

2.6 – Stato di criticità del tratto C (tratto di spiaggia antistante il Forte Village resort)

Nelle figure seguenti è evidenziato lo stato di criticità che si determina periodicamente, con frequenza crescente, nella spiaggia antistante il Forte Village.

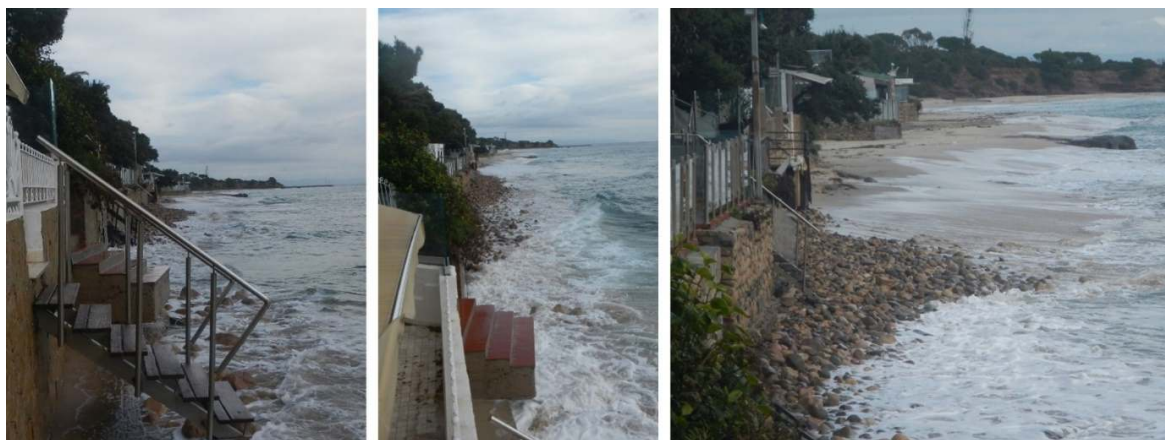


Fig.16a – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C, 2021)



Fig.16b – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C)

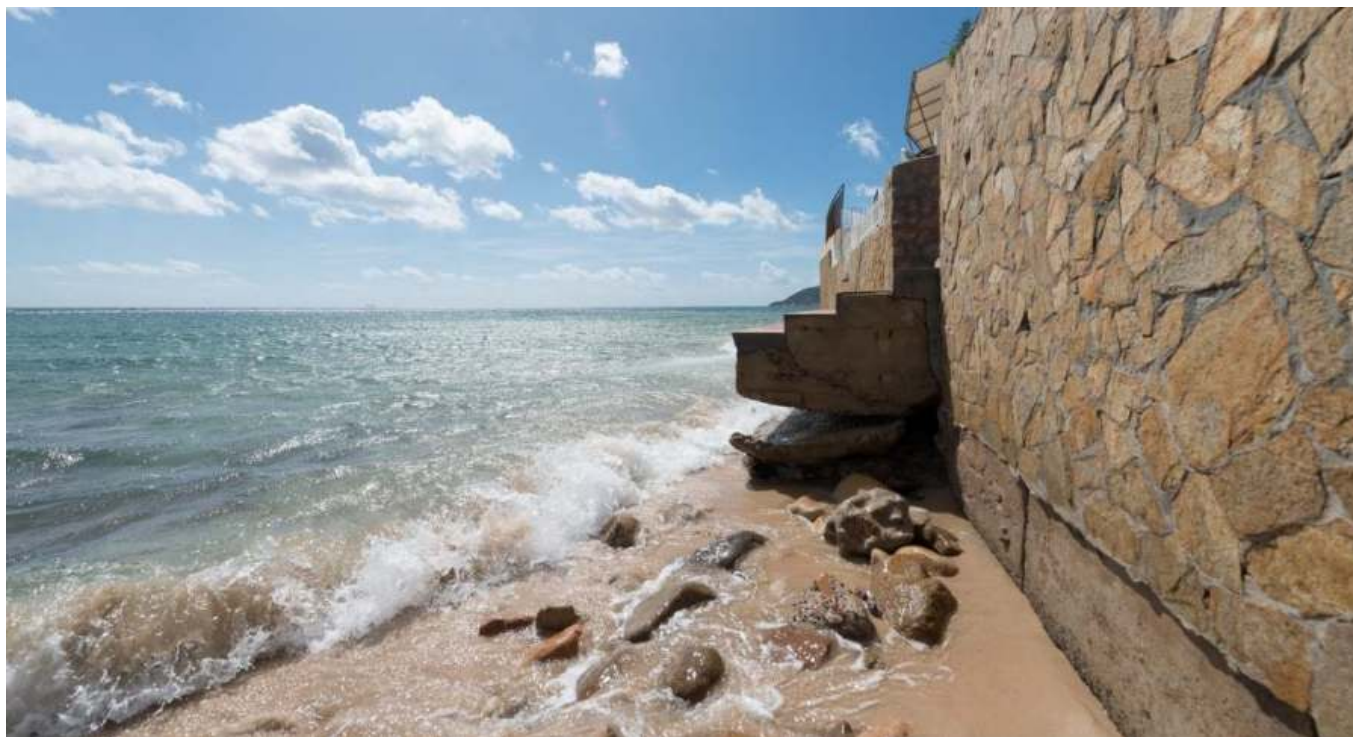


Fig.16c – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C)



Fig.16d – Stato di criticità della spiaggia antistante il Forte Village (tratto C, 2019)

3 - INTERVENTI DI RIPRISTINO E MITIGAZIONE EFFETTUATI NEGLI ULTIMI 20 ANNI

Per quanto precedentemente illustrato, le caratteristiche di questo tratto di spiaggia lo rendono fragile e poco resiliente e anche condizioni meteomarine di media entità determinano spesso riduzioni significative della superficie della spiaggia e significativi arretramenti della linea di battigia.

Per mitigare le criticità dovute alla esigua superficie dell'arenile in prossimità del periodo estivo e per proteggere il piede delle fondazioni dei muri di contenimento della ripa litoranea, nel corso degli ultimi venti anni sono stati eseguiti diversi interventi di ripristino dei muri e delle fondazioni e interventi di protezione, di ripascimento, di riprofilatura e di ricarica della spiaggia emersa.

Questo approccio, a carattere eminentemente manutentivo, ha evidenziato la durata piuttosto effimera degli interventi la cui efficacia si è sempre limitata alla sola stagione di esecuzione.

3.1 – Sintesi degli interventi effettuati

Di seguito si riporta una sintesi descrittiva degli interventi effettuati, tutti finalizzati a ripristinare nella stagione estiva l'aspetto e le dimensioni funzionali della spiaggia e a risarcire stagionalmente agli effetti dell'erosione.

2003÷2006 - E' stato predisposto un ripascimento della spiaggia antistante il Forte Village che prevedeva l'apporto di circa 15.000m³ di sabbia proveniente da cave terrestri.

Nel 2006 fu predisposto un progetto di "messa in sicurezza del litorale antistante i Forte Village" basato su rilievi meteomarini puntuali¹², che prevedeva la installazione di una barriera soffolta costituita da "geotubi" realizzati con geotessuto, riempiti idraulicamente con sabbia di cava. *(Per vari motivi il progetto è stato avviato solo nel 2009).*

2009 - E' stato realizzato un primo ripascimento della spiaggia di fronte al Forte Village *(parziale attuazione del progetto*

¹² Il progetto 2006 è stato preceduto dalla registrazione locale durata circa 7 mesi (01/12/2005 – 13/06/2006) del moto ondoso e delle correnti.

2003); nel mese di aprile furono sversati circa 1.500m³ di sabbia proveniente da cave a terra (*proveniente dalle cave di Badesi SS*).

L'intervento ha comportato il versamento sull'arenile a ricoprimento delle fondazioni delle opere di delimitazione della struttura alberghiera che risultavano totalmente scoperte.

Nello stesso anno fu realizzata la barriera soffolta (progetto 2006) con la posa in opera di 7 geotubi riempiti con sabbia proveniente dalle stesse cave (*Badesi SS*) e avviato un apposito piano di monitoraggio.¹³

2015÷2017 - in seguito a una importante mareggiata (2013) che aveva irrimediabilmente compromesso le barriere queste furono rimosse riversando sulla spiaggia emersa i circa 1.400m³ di sabbia di riempimento dei geotubi (800m³ nel 2015 e 600m³ nel 2017).

Nel mese di Ottobre 2017 è stato presentato un "Progetto di manutenzione periodica del litorale antistante il Forte Village Resort"; la Giunta Regionale ha deliberato di assoggettare tale progetto a procedura di VIA.

2018 - Nel Dicembre 2018 è stato riproposto con modifiche, integrazioni e ampliamenti il progetto presentato a Ottobre 2017 col nuovo titolo di "Progetto di ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village". Il progetto prevedeva un intervento di "ricarica" della spiaggia mediante movimentazione di circa 26.000m³ di sabbia prelevata nello stesso ambito e alcune opere complementari e ha iniziato il lungo iter autorizzativo con relativa procedura di VIA, concluso con l'approvazione nel dicembre 2019.

Nelle more di approvazione del progetto è stato proposto un intervento urgente di ripristino dell'arenile per sopperire allo stato di criticità attuato poi e nei mesi di giugno e luglio mediante "ricarica" della spiaggia con movimentazione di circa 1.000m³ di sedimenti sabbiosi prelevati nello stesso ambito (spiaggia sommersa), depositati sull'arenile mediante pompe draganti.

2019 - nel mese di giugno si è riproposto l'intervento dell'anno precedente, con modalità e quantità analoghe. Tuttavia le misurazioni effettuate a maggio hanno evidenziato un maggior deficit sedimentario dovuto alla formazione di solchi di erosione pluviale sulla spiaggia (*stagione particolarmente piovosa*) nonché da una eccezionale violenta mareggiata di scirocco a fine aprile 2019. Complessivamente sono stati pertanto movimentati circa 5.000m³.

Nel dicembre 2019 si è conclusa la procedura di VIA e l'iter autorizzativo del progetto 2018.

2020 - nei mesi di luglio/agosto sono stati avviati i lavori di "Ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village" secondo il progetto approvato nel dicembre 2019.

In corso d'opera è stata disposta una variante per la realizzazione di una barriera provvisoria di geotubi, finalizzata a limitare la dispersione verso il largo dei sedimenti durante le operazioni di ricarica della spiaggia.

È stata installata la barriera provvisoria (19 geotubi di lunghezza 20m riempiti ciascuno con circa 60m³ di sabbia). I ritardi dovuti alla pandemia hanno limitato l'intervento di ricarica della spiaggia e sono stati movimentati circa 6.000m³ di sabbia sufficienti a un modesto ripristino delle parti più critiche dell'arenile, i lavori sono stati sospesi il 12 agosto.

2021 - Nel mese di marzo sono stati effettuati i lavori di costruzione di una barriera radente in massi, prevista nel progetto autorizzato (VIA del 12/2019), a protezione delle fondazioni dell'edificio denominato "Beachcomber".

Le forti mareggiate di febbraio hanno svuotato gran parte dei geotubi che costituivano la barriera soffolta provvisoria posta in opera nel mese di agosto 2020.

Nei mesi di luglio/agosto la spiaggia si trovava in uno stato di particolare criticità, sono stati ripresi i lavori con la movimentazione di circa 13.000m³ di cui una gran parte è andata a ricostituire la spiaggia sommersa adiacente

¹³ Il monitoraggio morfologico e ambientale (approvato prot.23117 del 16/09/2008) ha riguardato lo stato e l'evoluzione di diversi parametri riguardanti: a) la prateria di Posidonia; b) la registrazione dei dati ondametrici e correntometrici (marzo2009/aprile2012); c) il rilievo geomorfologico della linea di riva e delle batimetrie; d) la qualità delle acque marine.

alla riva. I lavori sono stati sospesi il 20 agosto.

2022 - Nei mesi di giugno/luglio/agosto i lavori sono stati ripresi; sono stati movimentati circa 5.000m³ in parte a ricostituire la riva e in parte a ridare volume all'arenile. I lavori sono stati sospesi il 10 agosto.

Nel mese di ottobre sono stati rimossi i geotubi che costituivano la barriera soffolta provvisoria posta in opera nel 2020 con il versamento sul posto dei volumi di sabbia residui.

2023 - sulla base dei rilievi effettuati in primavera è stata ritenuta necessaria una ricarica stimata in circa 5.000m³ è stata presentata una variante non sostanziale al progetto di "Ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village" autorizzato nel dicembre 2019.

I lavori hanno comportato la movimentazione di circa 3.000m³ e si sono svolti dal 11 luglio al 9 Agosto.

2024 - i rilievi effettuati in primavera hanno motivato un ulteriore intervento di circa 3.000m³ (con presentazione di una ulteriore Variante non sostanziale del progetto 2019).

I lavori hanno comportato la movimentazione e ricarica dell'arenile di circa 2.000m³, sono iniziati il 15 Luglio sono stati sospesi il giorno 8 Agosto.

3.2 – Considerazioni e osservazioni sugli interventi effettuati e sui monitoraggi.

3.2.1 – Lavori di ricarica dell'arenile

I lavori eseguiti (2018/19/20/21/22/23/24) hanno comportato annualmente la movimentazione di quantitativi di sedimenti paragonabili a quelle movimentate dall'azione naturale del mare con mareggiate di media intensità.

L'effetto dei lavori eseguiti può essere definito sostanzialmente positivo nel breve termine, con durata limitata alla buona stagione, confermando tuttavia con piena evidenza che le operazioni di manutenzione e ricarica della spiaggia con spostamento nello stesso ambito non costituiscono interventi di tipo strutturale ma un approccio manutentivo¹⁴ eminentemente emergenziale.

Il monitoraggio degli interventi effettuati, in particolare per quanto riguarda la durabilità stagionale dei lavori di ricarica della spiaggia, hanno confermato gli studi e le analisi preliminari eseguite sul litorale.

Il monitoraggio batimetrico delle aree di prelievo ha evidenziato la tendenza del fondale sabbioso a livellarsi piuttosto rapidamente con i fondali mobili al contorno.

La totale assenza di turbative nelle matte isolate di posidonia nei fondali prospicienti la riva oltre la isobata -5,00 e nel posidonieto situato più a largo, fanno ritenere che la dinamica di dispersione dei sedimenti "cross-shore" verso il largo si esaurisca all'interno della profondità di chiusura della spiaggia che ricade nei fondali caratterizzati dalla alternanza di scogli e sacche sedimentarie.

Le stime effettuate annualmente sul potenziale complessivo di sedimenti disponibili nelle aree di prelievo hanno dato risultati di ordini di grandezza molto simili, facendo ritenere che le sacche di "intrappolamento" dei sedimenti tendano a ricostituirsi nella stagione invernale a spese degli stessi sedimenti movimentati durante i lavori estivi di ricarica della spiaggia emersa.

Tuttavia soprattutto negli ultimi due anni alcune misurazioni puntuali effettuate, hanno fatto ipotizzare una possibile tendenza alla diminuzione degli spessori di sedimenti e alla loro dispersione invernale su un'area più vasta. Non si può escludere infatti che una quota parte dei sedimenti movimentati annualmente siano andati ad alimentare l'accrescimento della spiaggia verso Nord Est, sottoflutto ai moli aggettanti di Calaverde.

A causa della estrema variabilità dei fondali, le misurazioni puntuali che hanno fatto ipotizzare la possibilità di un rateo di dispersione longitudinale, sono insufficienti a una chiara evidenza di depauperamento complessivo dei sedimenti

¹⁴ Questo aspetto è ampiamente evidenziato nel progetto 2019 e negli studi geologici e meteomarinari che si sono susseguiti nel tempo.

nelle aree di prelievo utilizzate. Tuttavia tali rilievi hanno segnalato quantomeno la possibile indisponibilità parziale di sedimenti nel lungo termine che può mettere in discussione la possibilità di ripetere indefinitamente le ricariche manutentive come eseguite negli ultimi sette anni.

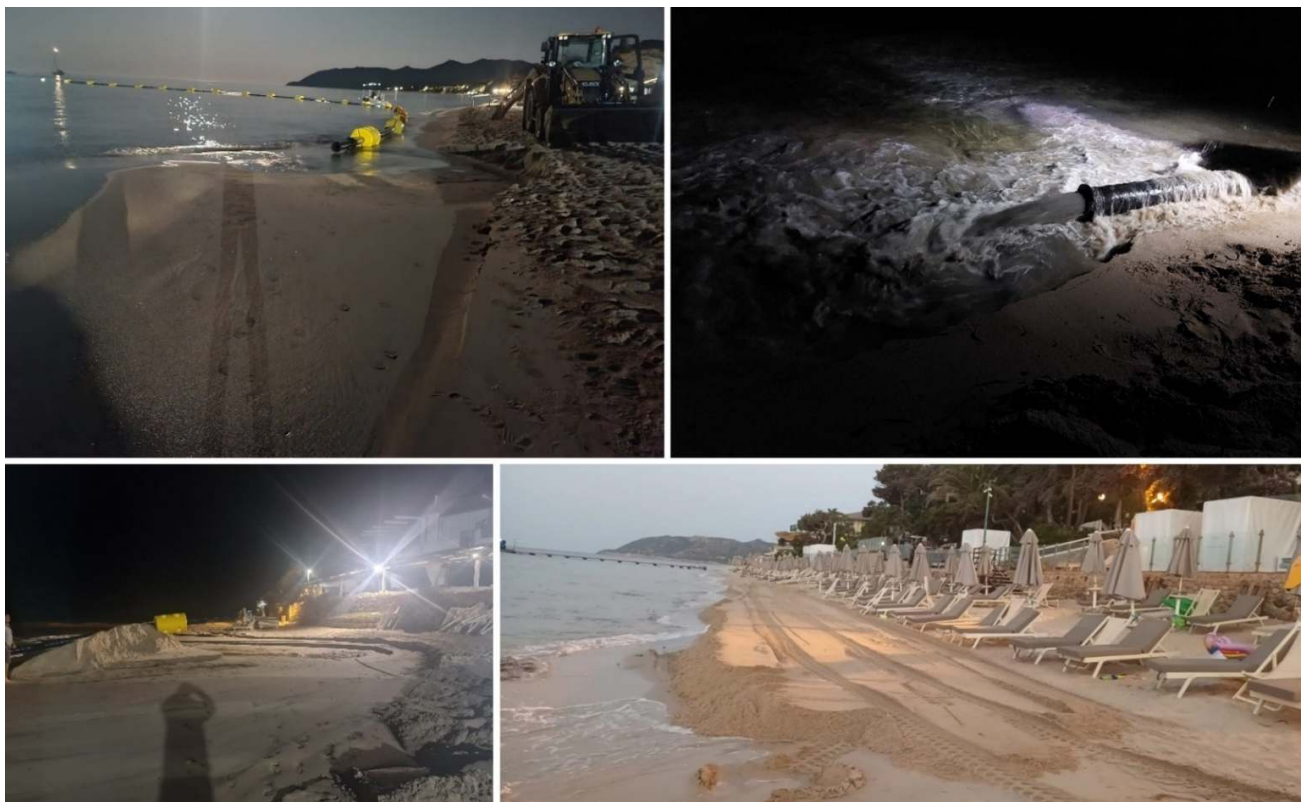


Fig.17 – Lavori di ricarica e riprofilatura della spiaggia del Forte Village (lavori 2018/19/20/21/22/23/24)

3.2.2- Effetti e durabilità degli interventi di ricarica dell'arenile

L'apporto di sabbie da cave terrestri (2009) è risultato di difficile attuazione ed è stato sospeso in corso d'opera a causa delle notevoli criticità dovute alla movimentazione via terra dei volumi stimati necessari. I lavori sono stati limitati al risarcimento degli sgrottamenti al piede dei muri di sottoscarpa esistenti, peraltro inficiati dalle mareggiate nel corso della successiva stagione invernale.

I lavori eseguiti negli ultimi sette anni hanno consentito di far fronte alle situazioni di criticità erosive che si sono presentate con puntuale ricorrenza in tutti questi anni.

Gli interventi annuali di ricarica dell'arenile sono stati finalizzati a conferire alla spiaggia del Forte Village caratteristiche di continuità, percezione visiva e volume, sufficienti a far fronte alla fruizione balneare nel periodo estivo di maggior affluenza.

La durata degli interventi di ricarica, come peraltro ampiamente previsto, pur con la valenza positiva di costituire un rimedio poco invasivo per far fronte alla stagione balneare, si è sempre rivelata di durata effimera e nei mesi invernali il deficit sedimentario si è puntualmente ripresentato.

3.2.3 – Barriere soffolte in geotubi

Le barriere in geotubi (prima installazione 2009 con rimozione 2015; seconda installazione 2020 con rimozione 2022) in entrambi i casi hanno avuto un effetto positivo nei periodi di minor intensità energetica (fase di rideposizione) dovuto

soprattutto alla formazione di un gradino sommerso di contenimento della sabbia nella parte più prossima alla riva; tuttavia l'effetto protettivo durante le mareggiate di maggiore intensità è risultato nullo e non è stato rilevato alcun effetto benefico sulla mobilità dei sedimenti; inoltre a causa dell'esposizione del paraggio al mare aperto il frangimento delle onde nelle mareggiate invernali ne ha ridotto in modo significativo l'altezza limitando il periodo di monitoraggio e rendendo poco significative le osservazioni.

3.2.4 – Monitoraggi (posidonia, parametri fito-bentonici, chimico-fisici e torbidità)¹⁵

Tutti i monitoraggi sui parametri chimico-fisici delle acque e sulla prateria di posidonia hanno dimostrato la totale assenza di alterazioni o di impatti dovuti agli interventi effettuati¹ e in particolare:

- assenza di alterazioni chimico-fisiche delle acque marine nello specchio acqueo interessato dai lavori;
- assenza di variazioni e di significative variazioni sulla distribuzione dei popolamenti fito-zoo-bentonici;
- sostanziale stabilità delle matte isolate di Posidonia e della posizione del Posidonieto nei fondali antistanti e oltre la profondità di chiusura della spiaggia.

Per quanto riguarda il monitoraggio morfologico (topografico-batimetrico e evoluzione della linea di battigia) è stato correlato con i dati meteomarinari e ondometrici sono state meglio messe a fuoco le caratteristiche specifiche, le modalità evolutive e la variabilità dell'assetto del deposito sedimentario litoraneo nell'unità fisiografica in generale e nel tratto di spiaggia in oggetto.

La stima della variazione del volume della spiaggia nel tratto in progetto di effettuate puntualmente in corrispondenza delle mareggiate invernali hanno evidenziato che anche nel corso di una sola mareggiata di media intensità, si possono mobilitare volumi di sedimenti importanti¹⁶.

Le esperienze e la valutazione degli effetti degli interventi effettuati nel corso di oltre vent'anni sul tratto di spiaggia in oggetto e sul paraggio, hanno costituito la base degli orientamenti progettuali delle opere di protezione.

4 - IL PROGETTO DI PROTEZIONE DEL TRATTO CRITICO DEL LITORALE

Il ripetitivo presentarsi del dissesto idrogeologico erosivo e dello stato di criticità stagionale di questo tratto di litorale, con il frequente determinarsi di una spiaggia di superficie molto ridotta rispetto alle concessioni demaniali in atto, e del tutto insufficiente alla fruizione balneare estiva, ha fatto maturare l'esigenza di una soluzione idonea a rendere più stabile e resiliente questo tratto di litorale.

L'effimera durata delle opere di ricarica annuali con le menzionate difficoltà logistico-operative; l'incertezza di poter protrarre indefinitamente questa tipologia di manutenzione e la conoscenza approfondita del paraggio, hanno orientato verso la progettazione di un efficace intervento di Difesa Costiera.

Sulla base della prolungata osservazione di questo tratto di litorale, della messa di dati raccolti direttamente durante gli interventi eseguiti, nonché studi di approfondimento e nuove analisi modellistiche, è stato redatto il **"Progetto delle opere di protezione e stabilizzazione morfologica della spiaggia antistante il Forte Village"** presentato a dicembre 2022 attualmente in fase di V.I.A.

4.1 – Obiettivi del progetto

¹⁵ Tutti gli interventi effettuati sono stati oggetto di monitoraggio secondo "Piani di monitoraggio" approvati e puntualmente eseguiti.

Per un esame dettagliato dei dati raccolti si rimanda agli elaborati inviati periodicamente ai seguenti Enti: Arpas; Ass.Reg. Difesa Ambiente, Servizio Sostenibilità Ambientale e Servizio Tutela delle Acque; Ass.Reg. Lavori Pubblici; Provincia di Cagliari (Città Metropolitana); Corpo Forestale.

¹⁶ Nel solo tratto di spiaggia oggetto del progetto di protezione, la mareggiata di scirocco del 29 Aprile 2019 ha fatto stimare la movimentazione di un volume di sabbia dell'ordine di grandezza di circa 25.000m³.

Gli obiettivi generali del progetto di difesa della costa sono orientati alla salvaguardia del litorale dalle conseguenze negative dell'erosione in atto e alla conservazione delle caratteristiche tipiche di questo tratto di spiaggia.

Obiettivo specifico del progetto è quello di dare maggior stabilità a questo tratto critico, mediante opere di protezione del litorale e di stabilizzazione della spiaggia (emersa e sommersa).

Il progetto consiste nella realizzazione di barriere di protezione dal moto ondoso e nella configurazione del giacimento sedimentario allo stato di equilibrio "post operam".

Le opere da realizzare consistono nella costruzione di "barriere frangiflutto" e dello spostamento dei sedimenti nello stesso ambito (*reconfiguration dredging*) mediante pompe draganti.

La combinazione di opere "rigide" (*barriere*) e "morbide" (*dragaggi*) ha lo scopo di determinare una configurazione di equilibrio di maggior stabilità rispetto alla ciclicità delle dinamiche naturali e conservativa delle caratteristiche modali e tipologiche della spiaggia, riducendo al minimo la necessità di interventi emergenziali.

Il progetto è finalizzato a mitigare nel medio-lungo periodo gli effetti negativi della instabilità della spiaggia che determinano conseguenze negative sulla valenza generale del litorale e segnatamente sugli aspetti paesaggistici e fruitivi (*interruzione della spiaggia*) e sulle attività ricettive turistico-balneari che soprattutto in questo tratto caratterizzato dalla presenza del Resort¹⁷ generano importanti ricadute socio-economiche sulla collettività.

Difesa del suolo, Salvaguardare, proteggere, conservare, mitigare, prevenire, sono in estrema sintesi gli obiettivi del progetto.

4.2 – Approccio progettuale

La progettazione di un intervento di difesa costiera rappresenta un tema complesso per i numerosi parametri che governano questi fenomeni e per la aleatorietà intrinseca di alcune variabili legate alle condizioni meteomarine, alle evoluzioni climatiche di medio periodo e alle mutazioni degli equilibri dinamici della fascia costiera antropizzata.

4.2.1 – Acquisizione dei dati disponibili

Il progetto è stato sviluppato valutando attentamente le criticità specifiche di questo litorale e analizzando tutte le possibili metodologie idonee a incidere sull'assetto idraulico-marittimo e sedimentario della spiaggia.

Attingendo all'ampia casistica delle esperienze di numerosi interventi di difesa costiera realizzati in ambito nazionale e internazionale, le metodologie di adattamento e mitigazione degli effetti dell'erosione costiera, sono state valutate criticamente e confrontate con gli studi di ricerca in ambito accademico.

Sono state prese in considerazione diverse tipologie di intervento quali: "realizzazione di barriere distaccate¹⁸ dalla riva" di tipo emerso o sommerso (*barriere soffolte*); "pennelli trasversali alla riva"; "interventi di riconfigurazione dei fondali" (*reconfiguration dredging*); "interventi di correzione granulometrica della sabbia"; "implementazione di sistemi attivi di gestione della spiaggia (*Beach Management System*)"; "interventi di riallineamento/riconfigurazione del litorale retrospiaggia"

Sono stati inoltre riesaminati tutti gli studi, i progetti, i rilievi e gli esiti degli interventi pregressi e in particolare:

I progetti e gli studi propedeutici alla progettazione degli interventi effettuati, comprendenti l'analisi meteomarina

¹⁷ Il Forte Village Resort è costituito da un complesso di 8 Hotel e 13 Ville per un totale di circa 800 camere, comprende al suo interno numerosi altri servizi (Thalasso Spa, accademie sportive, area spettacoli Forte Arena, 22 ristoranti e altre strutture per attività ricreative e di intrattenimento). Le caratteristiche dimensionali utili alla fruizione balneare estiva del tratto di spiaggia critico di circa 450m richiedono una superficie minima di arenile di circa 10.000m² (larghezza media circa 22m) e una superficie ottimale di 13.000m² (larghezza media oltre 28m).

¹⁸ Una barriera frangiflutti distaccata è una struttura costruita ad una certa distanza dalla battigia per proteggere un'area costiera dall'azione diretta delle onde. Può servire come struttura di difesa di una spiaggia e come trappola per il trasporto litoraneo. Generalmente, tale struttura è realizzata in scogliera di pietrame.

effettuata con l'ausilio di modellistica numerica con il modello Delft3D (FLOW e WAVE)¹⁹, i rilievi, le osservazioni dirette e i monitoraggi²⁰ effettuati nell'ambito degli interventi realizzati che coprono un periodo di circa quindici anni.

I dati pregressi della caratterizzazione meteomarina del paraggio sono stati integrati facendo riferimento al database di vento ed onda ad elevata risoluzione disponibile sull'intero bacino del Mar Mediterraneo, [Mediterranean Wind Wave Model (MWM)]²¹.

4.2.2 – Studio idraulico marittimo e modelli numerici utilizzati

Lo studio idraulico marittimo e l'analisi del trasporto solido litoraneo sono stati totalmente rielaborati con l'ausilio di una diversa modellistica numerica, rispetto a quella utilizzata in precedenza, affidandone la rielaborazione direttamente alla società DHI che da oltre 50 anni sviluppa i codici numerici MIKE²².

In particolare, per la simulazione delle dinamiche costiere nel paraggio in esame sono stati utilizzati modelli di trasporto solido litoraneo (LITPACK); per la simulazione bidimensionale dei campi d'onda, dell'idrodinamica locale e della capacità di trasporto sedimentario i moduli MIKE 21.

Le diverse configurazioni di progetto esaminate affinate sui risultati della modellazione numerica sono pervenuti al "layout ottimizzato" che è stato poi sviluppato nel progetto.

4.3 – Fondamenti e aspetti funzionali del progetto

Piuttosto che la semplice proposizione di singole opere di difesa, in linea con le recenti tendenze, sono state sviluppate e testate alcune soluzioni combinate, studiate alla scala dell'unità fisiografica, maggiormente idonee a perseguire gli obiettivi di progetto e a minimizzare ogni possibile effetto negativo diretto e indiretto sul litorale.

In particolare lo sviluppo della progettazione ha orientato il gruppo di lavoro a studiare le possibili modifiche morfologiche del litorale idonee a "correggere" localmente gli effetti dinamici del moto ondoso.

Per minimizzare le singole azioni di modifica morfologica, sono state studiate alcune combinazioni di opere di difesa costiera "rigide", ossia strutture fisse capaci di interferire con il moto ondoso, con opere "morbide" di rimodellazione della spiaggia.

Il sistema di protezione che ne è scaturito prevede la realizzazione di barriere frangiflutto distaccate dalla riva utili a limitare il dissesto della spiaggia negli eventi di tempesta, proteggendo il deposito sedimentario a tergo delle strutture, (*zona d'ombra*) e la contestuale movimentazione nello stesso ambito dei sedimenti della spiaggia sommersa per la "modellazione morfologica della spiaggia" in modo da dare alla spiaggia l'assetto di "futuro equilibrio".

La configurazione individuata con i test di modellazione numerica (DHI) ha portato alla progettazione di un sistema di difesa basato sulla realizzazione di tre "barriere rigide, distaccate, parallele", ciascuna con pianta intermedia tra "barriera lineare" e "isolotto puntuale", e alla definizione delle caratteristiche fisiche (*dimensioni, distanza da riva*,

¹⁹ Il software Delft3D utilizzato nel Progetto 2019 assoggettato a VIA è un sistema integrato di modelli matematici per la modellazione idrodinamica, dei processi di trasporto, morfologici, biologici e di qualità delle acque costiere. [Software prodotto da Deltares (Netherlands)].

²⁰ I dati dei monitoraggi pregressi (topografico-batimetrico e evoluzione della linea di battigia) sono stati correlati con i dati meteomarini e ondametrici per meglio comprendere la dinamica evolutiva stagionale e di breve periodo del deposito sedimentario litoraneo nell'unità fisiografica in generale e nel tratto di spiaggia oggetto di intervento.

²¹ Database prodotto da DHI in collaborazione con HyMOLab (Hydrodynamics and Met-Ocean Laboratory), struttura del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Trieste.

²² I codici di calcolo MIKE sviluppati da DHI, rappresentano uno standard internazionale, riconosciuto universalmente e utilizzato in 130 paesi nel mondo [DHI group Agern Allé 5 DK-2970 Hørsholm Denmark - DHI Italia - www.dhigroup.com]

distanze reciproche, orientamento, tracimabilità) in combinazione con la movimentazione nello stesso ambito di un volume di sedimenti adeguato a dare alla spiaggia l'assetto di equilibrio "post operam" indicato dalla modellazione numerica (*intervento "morbido" di reconfiguration dredging*).

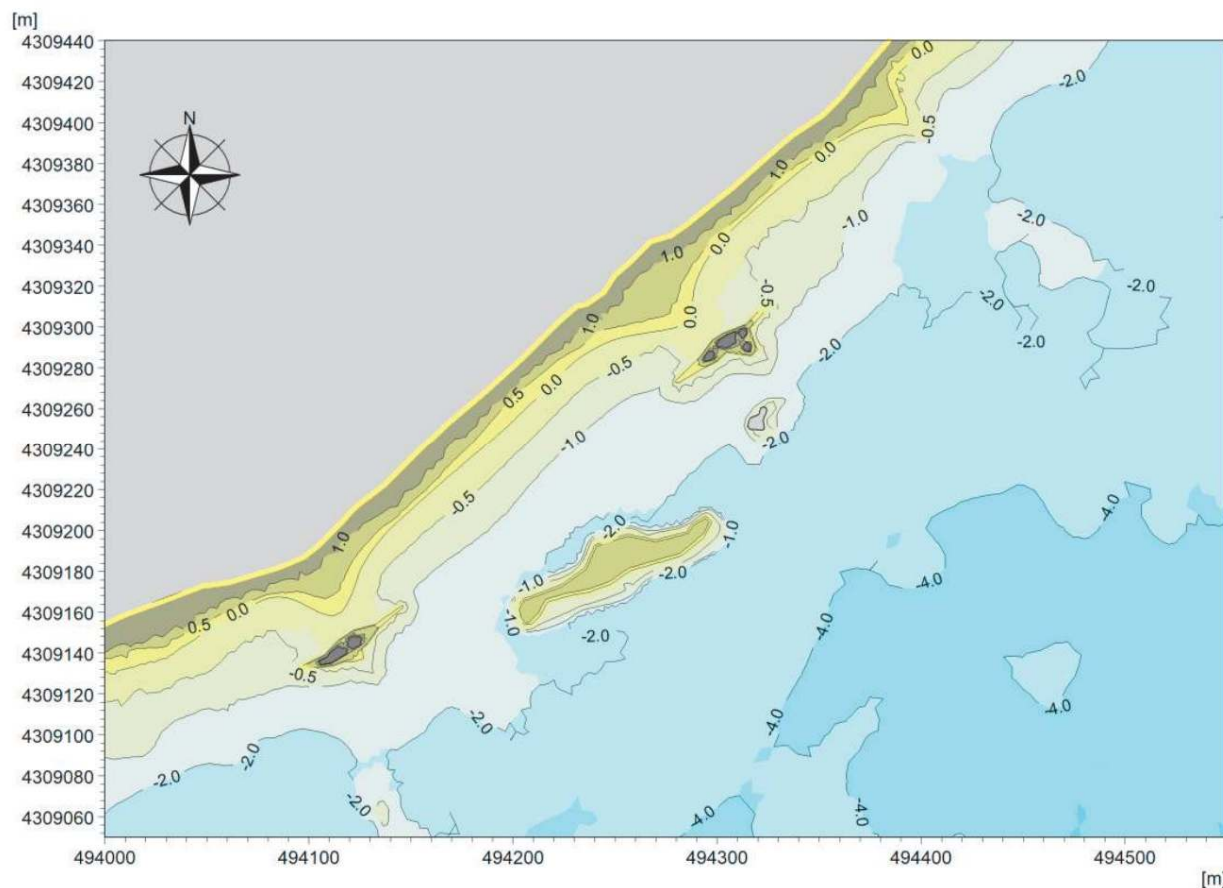


Fig.18 – Layout di progetto ottimizzato georeferenziato

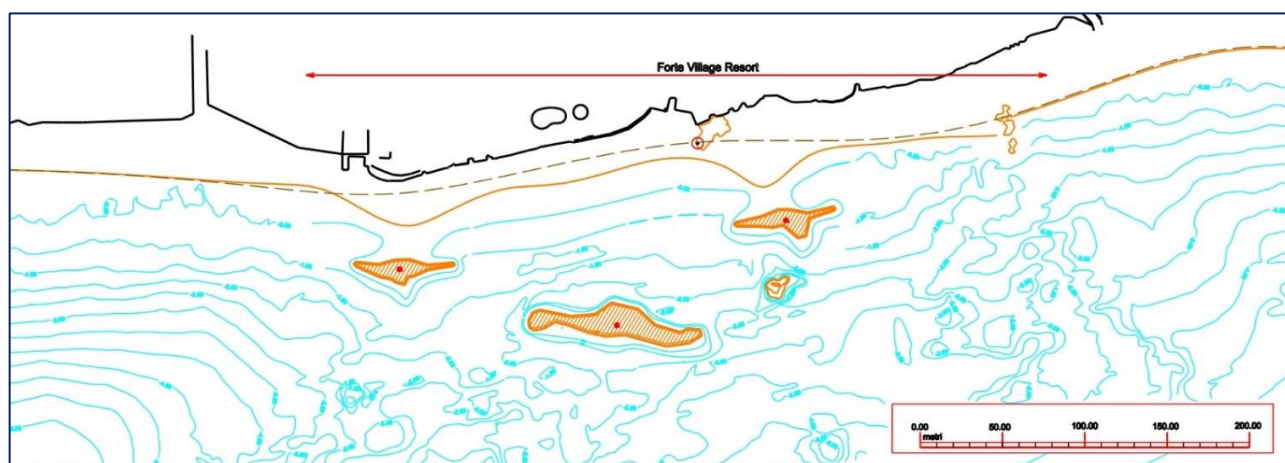


Fig.19 – Schema planimetrico dimensionale delle opere in progetto

In fase di progettazione si è tenuto conto degli aspetti costruttivi (*reperibilità dei materiali, tempi e metodi, modalità di manutenzione*), della durabilità delle opere, della modificabilità/reversibilità e sono stati studiati gli accorgimenti tecnici e di “*design*” di dettaglio, tendenti a migliorare la risposta locale al moto ondoso e l’inserimento delle opere nel paesaggio.

Nella definizione dell'ottimale giacitura delle opere, particolare attenzione è stata inoltre data alla minimizzazione delle correnti tra i varchi, potenzialmente responsabili di perdita di sedimento verso gli alti fondali.

Le ipotesi di ripascimento morbido non protetto con sabbie alloctone²³ e di protezione del litorale con barriere soffolte²⁴ sono state ragionatamente e definitivamente abbandonate.

4.4 – Caratteristiche delle opere in progetto

4.4.1 – Caratteristiche dimensionali

Il progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- N° 3 (tre) barriere/isole disposte parallelamente alla costa a una distanza dalla riva attuale rispettivamente di: 50m, 100m, 50m. *(da SO a NE)*

Le dimensioni della parte emersa delle tre barriere/isole sono le seguenti:

- * Lunghezza rispettivamente: 60m; 100m; 60m;
- * larghezza di ciascuna isola: minima 4m; massima 18m *(parte centrale)*;
- * altezza max s.l.m.m.: 1,5m;

I due varchi tra le isole hanno una larghezza rispettivamente di circa: 50m; 60m;

- la rimodellazione della spiaggia (emersa e sommersa) nell’area di installazione delle barriere mediante movimentazione di sedimenti nello stesso ambito *(reconfiguration dredging)*;

la superficie della spiaggia di progetto *(tratto antistante il Forte Village L=450m)* è stata definita con caratteristiche dimensionali medie utili pari a circa 12.500m² *(media tra 11÷13.000m²)*.

Il volume di sedimenti necessari alla riprofilatura della spiaggia per l’assetto di “futuro equilibrio” è di 19.000m³ *(worst case)*.

- il rifiorimento di una piccola scogliera esistente *(pennello di rifiorimento di secca esistente)*.

Il tratto di spiaggia protetto ha uno sviluppo longitudinale di circa 400m *(dall’estremità della barriera a SW fino al pennello semitrasparente)*

L’area dell’ intervento *(arenile + specchi acquei)* ha una superficie complessiva di circa 25.000m²

Le aree di prelievo dei sedimenti situate verso il largo dell’area protetta dalle barriere hanno una superficie complessiva di circa 60. 000m² *(con un potenziale stimato di circa 30.000m³ di sedimenti)*.

²³ Il ripascimento con sabbia alloctone terrestri è stato abbandonato per le notevoli criticità connesse (vedi progetto/lavori 2003/2006/2009); non sono stati attualmente individuati bacini sommersi di sabbia utili al ripascimento del litorale Santa Margherita di Pula.

²⁴ Le barriere soffolte in geotubi realizzate non hanno fatto rilevare alcun beneficio ai fini della protezione della spiaggia *(la scarsa durabilità delle opere nella loro forma iniziale non ha consentito tuttavia un monitoraggio significativo)*.

A pag. 53 dello studio Meteomarine DHI Novembre 2022: <<... in corrispondenza dei ristretti varchi tra le isole laterali e la scogliera soffolta centrale si osserva la presenza di forti correnti dirette verso il largo (rip currents)...(omissis) Complessivamente, l’analisi dei risultati ha evidenziato come la scogliera soffolta non sia in grado di garantire una protezione adeguata per il sito, in virtù della formazione di forti correnti di rip ... con possibile perdita di sedimento proprio nella porzione di spiaggia che si intende proteggere. >>

Infine le “inchieste” scientifiche sull’efficacia delle “Barriere soffolte” (Ranasinghe, R., Turner, I., 2006. *Shoreline response to submerged structures: a review. Coastal Engineering* 53, 65–79.), e numerose successive pubblicazioni hanno illustrato gli aspetti critici nella progettazione di questo tipo di protezione costiera che si è rivelato non efficace in oltre il 70% dei casi analizzati su opere effettivamente realizzate seguite dal monitoraggio dell’andamento della linea di riva per alcuni anni.

4.4.2 – Caratteristiche tecniche, costruttive e di “design”

Materiali d’opera:

per la costruzione delle barriere/isole è previsto con impiego di scogli naturali²⁵ provenienti dalle cave di granito individuate in comune di Donori²⁶.

Accorgimenti costruttivi e di “design”:

- * le isole/barriere dimensionate in base alla modellazione numerica, da realizzarsi con scogli naturali, sono state disegnate e conformate in modo irregolare in modo da farle assumere un aspetto più “naturale”;
- * le tre isole/barriere in progetto hanno comportamenti complementari diversi; l’isolotto centrale ha la funzione di attenuare l’energia delle onde, provocandone il frangimento frontale e la rifrazione laterale modificando l’incidenza sui varchi e sulle due isole più prossime alla riva che determinano ulteriori attenuazioni del moto ondoso per diffrazione (*varchi*) e frangimento/rifrazione (*isole*).
- * le due isole/barriere più vicine alla riva hanno maggior funzione “modellante” sulla spiaggia e ciascuna favorisce l’accrescimento e la formazione di salienti. La distanza tra queste due barriere è tale da renderle pressoché “indipendenti” a tal fine (*formazione attesa di due salienti*).
- * le caratteristiche di bassa permeabilità necessaria alla miglior funzionalità delle barriere è stata perseguita prevedendo la costruzione delle isole/barriere con un nucleo più denso (scogli di minori dimensioni) ricoperto da scogli di maggiori dimensioni per garantire la stabilità al moto ondoso;
- * dovendo contenere le altezze sul livello del mare, la limitazione della tracimabilità necessaria alla funzionalità delle barriere/isole è stata ottenuta aumentando la larghezza;
- * il paramento delle scogliere rivolte verso il mare aperto è stato disegnato con una pendenza di soli 14° circa (*rapporto di pendenza: $i \leq 1/4$*); la bassa pendenza verso mare è utile a massimizzare gli effetti dissipativi del frangimento e a minimizzare gli effetti negativi della “riflessione” delle onde al piede della scogliera; la bassa pendenza è prevista anche nelle testate laterali delle barriere; la riduzione della larghezza delle barriere verso le parti laterali e la bassa pendenza attenuano le correnti di moto ondoso nelle testate di estremità.



Fig.20 – Schema planimetrico delle opere in progetto

Configurazione di equilibrio della spiaggia prevista “POST OPERAM” (*) con zona SIC (Z.S.C. ITB042231)

(*) L’aumento della superficie dell’arenile in progetto (rappr. In figura) è di circa 5.000 m² (rif.rilievi del 9/2022)

²⁵ Il volume totale delle barriere è di circa 7.500m³ pari a circa 14.000t di scogli naturali

²⁶ Le indicazioni sulla cava e sui materiali sono riportate in C-INTEGRAZIONE REL.PAESAGGISTICA -DIC 2023.

Reversibilità e adattabilità:

La costruzione delle isole/barriere prevede la posa in opera di un quantitativo di circa 8.000 tonnellate di massi naturali di cava.

I massi saranno trasportati via mare e messi in opera mediante un Moto/pontone munito di gru di carico a grappo. Le operazioni di costruzione delle isole sono totalmente reversibili, infatti con lo stesso mezzo i massi possono essere salpati e trasportati altrove.

Tale caratteristica garantisce anche la massima flessibilità e adattabilità delle opere a eventuali successive modifiche che si dovessero rendere necessarie sia per interventi manutentivi che correttivi di riconfigurazione delle barriere a scogliera.

5 – EVOLUZIONE DEL LITORALE “POST OPERAM”

Le opere in progetto si inseriscono nello scenario evolutivo naturale del litorale.

In assenza di qualunque intervento, come descritto precedentemente (*Cap.2*) l’evoluzione naturale di questo litorale, ha la tendenza all’arretramento della linea di riva verso uno stato di equilibrio relativo con la probabile interruzione della continuità della spiaggia in corrispondenza dei tratti di costa più aggettanti.

In particolare negli ultimi anni questa tendenza si è manifestata con frequenza crescente nel tratto di spiaggia antistante il Forte Village Resort determinando uno stato di criticità insostenibile che ha richiesto gli interventi urgenti di ripristino e messa in sicurezza descritti precedentemente (*Cap.3*).

Le opere in progetto sono state concepite per dare un assetto geomorfologico di maggior resilienza a questo specifico tratto di litorale determinando uno stato di equilibrio di maggiore stabilità.

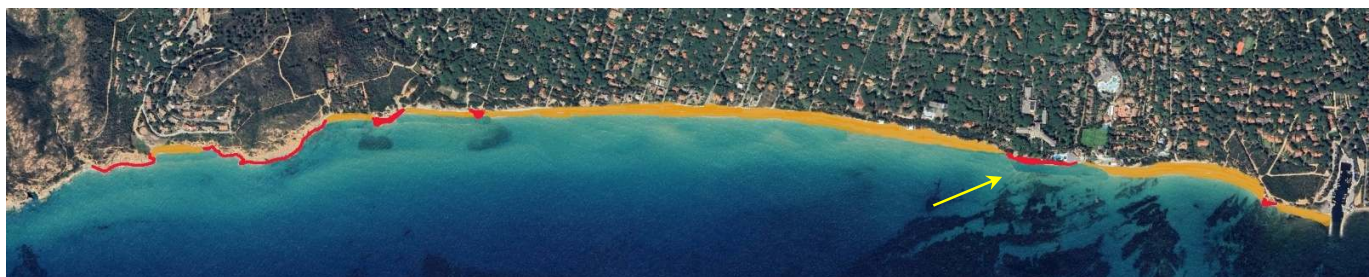


Fig.21a – Tendenza evolutiva naturale del litorale La freccia evidenzia il tratto di litorale aggettante del Forte Village

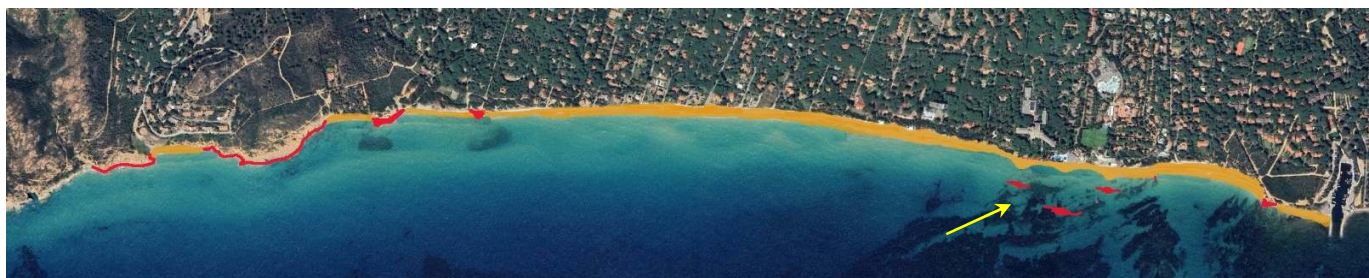


Fig.21b – Tendenza evolutiva del litorale attesa “POST OPERAM”

La freccia evidenzia le barriere in progetto e la conservazione della continuità della spiaggia
(Le barriere “spostano” la risposta “rigida” verso il largo determinando una zona d’ombra utile alla conservazione dell’arenile)

5.1 – Risultati della modellazione numerica

I risultati della modellazione numerica²⁷ hanno portato alla ottimizzazione del layout di progetto che rappresenta la miglior soluzione per la stabilizzazione del tratto di spiaggia senza indurre effetti negativi al contorno.

Le caratteristiche dimensionali e la disposizione delle strutture in progetto determineranno un certo grado di protezione diretta dal moto ondoso lungo l'arenile, che tenderà a ridurre e localmente "intrappolare" una parte del trasporto sedimentario senza bloccarlo, garantendo il by-pass di materiale nel corso degli eventi di mareggiata più significativi, come ha evidenziato in particolare la modellazione bidimensionale.

Per evitare che l'effetto della "trappola sedimentaria" delle isole, avvenga con sedimenti provenienti dalle spiagge adiacenti, lo schema di difesa prevede un importante ripascimento strutturale iniziale.

Il quantitativo di sedimento da utilizzarsi dovrà essere sufficiente²⁸ a garantire la formazione preventiva (anticipata) dei salienti in modo da ridurre drasticamente il rischio di accrescimento degli stessi a spese delle spiagge adiacenti.

La modellazione numerica effettuata, sulla configurazione di progetto ottimizzata, ha confermato un trasporto sedimentario molto limitato nelle zone schermate, soprattutto dalle due isole laterali più vicine alla linea di riva, che comporta la formazione di salienti in grado di limitare significativamente la perdita di sedimento dalla spiaggia favorendone la stabilizzazione²⁹.

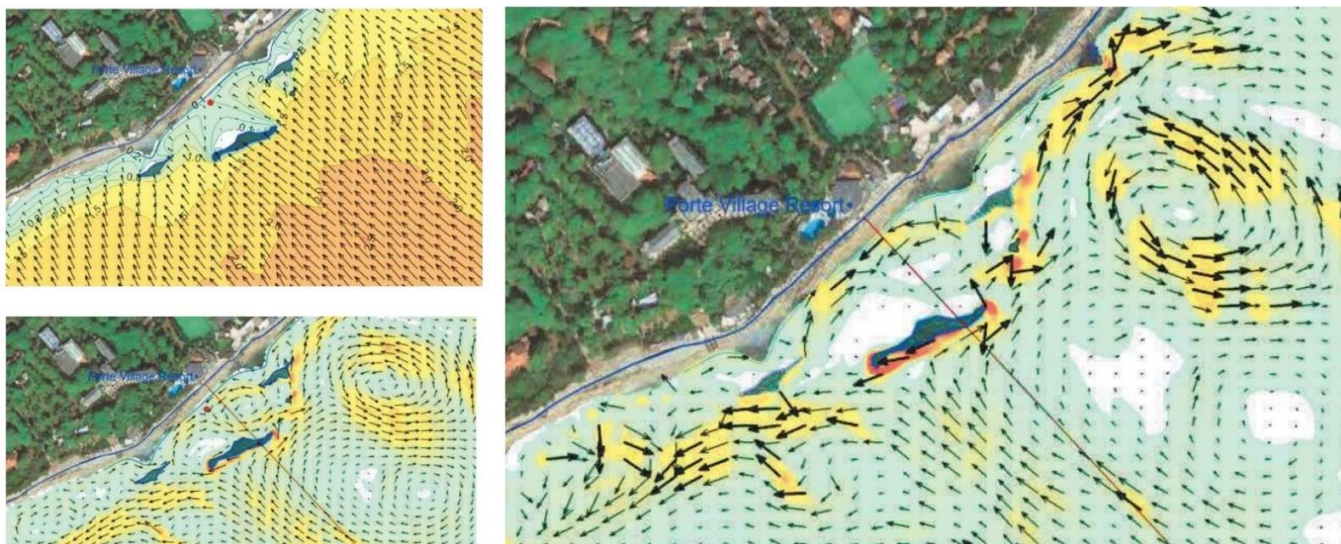


Fig.22 – Es. Output modellazione - Vento e onde da SW - Altezze d'onda e intensità

Complessivamente, il layout di progetto "ottimizzato" è risultato in grado di raggiungere il principale obiettivo di riduzione della perdita di sedimento e la conseguente necessità delle ricariche manutentive (oggi a frequenza annuale).

La modellazione di lungo periodo del trasporto litoraneo ha evidenziato la alta variabilità stagionale del moto ondoso e anche la direzione del trasporto sedimentario netto longitudinale tende a invertirsi sia annualmente che su scala periodica pluriennale.

²⁷ Per i dettagli della modellazione si rimanda allo studio Meteomarina DHI Novembre 2022 e successive integrazioni.

²⁸ Il quantitativo stimato preliminarmente e indicato prudenzialmente nel valore massimo di circa 19.000m³ è evidentemente puramente indicativo e sarà rideterminato in base ai rilievi batimetrici all'atto della esecuzione dei lavori.

²⁹ Attualmente, la spiaggia antistante il Forte Village Resort, leggermente aggettante e col substrato roccioso antistante, nel periodo invernale cede i sedimenti alle spiagge adiacenti, recuperandone poi una quota parte nel periodo estivo ad opera delle correnti longitudinali di trasporto rallentate dalla parte aggettante e dai bassifondi rocciosi antistanti andando per lo più a rigenerare le sacche sedimentarie nei fondali antistanti.

L'alta variabilità rilevata negli ultimi anni nelle spiagge alle due estremità dell'unità fisiografica conferma tale caratteristica.

Complessivamente, il modello prevede variazioni nell'andamento della linea di riva strettamente dipendenti dalle condizioni meteomarine prevalenti nella singola annualità.

In quasi tutti gli scenari il modello ha fornito indicazioni chiare in merito alla formazione e al mantenimento dei salienti a tergo delle isole, anche se alcune condizioni mostrano salienti di volume variabile e lievi migrazioni degli stessi lungo costa.

Il potenziale impatto dello schema di difesa in oggetto sul litorale adiacente è pertanto prevedibilmente coerente con la alta variabilità interannuale e pluriennale del moto ondoso.

L'inversione del trasporto sedimentario longitudinale è pertanto da considerarsi con analoga variabilità con prevedibili effetti compensativi.

Ulteriori considerazioni esplicative degli effetti benefici attesi in seguito alla realizzazione del progetto sono contenuti nell'**Allegato 2.**

5.2 – Analisi delle criticità e dei rischi di impatti negativi



Fig.23 – Criticità in atto

5.2.1 – Criteri di valutazione degli impatti delle opere

E' fondamentale premettere che la "pietra di paragone" delle valutazioni degli impatti delle opere sull'ambiente debba essere riferita all'**attuale stato di dissesto del territorio**, che è il motivo fondamentale e univoco del progetto.

Il progetto è unicamente finalizzato a mitigare la degradazione ambientale del dissesto idrogeologico erosivo costiero in atto e a prevenire le conseguenze della evoluzione negativa dell'erosione.

Le **opere di difesa della costa** proposte sono opere di salvaguardia e di conservazione della "naturalità" del paraggio atte a prevenire gli impatti negativi e il rischio della perdita della risorsa territoriale costituita da questo tratto di spiaggia.

E' necessario pertanto che la valutazione dei possibili impatti generati dalle opere proposte sia confrontata con gli impatti negativi già in atto e con quelli possibili in caso di inazione.

Lo stato attuale si sostanzia principalmente in una serie di impatti negativi determinati dal dissesto erosivo che ha determinato e determina concreti danneggiamenti che hanno già generato notevoli costi economici per gli interventi effettuati.

La accettazione dello "status quo" è suscettibile di determinare ulteriori impatti negativi e generare ulteriori danni e relativi costi ambientali e socio economici tra i quali si evidenziano i seguenti:

- interruzione della spiaggia con modifica sostanziale dell'aspetto "storico" del litorale di Santa Margherita (*danni ambientali e paesaggistici*);

- perdita di una risorsa patrimoniale, costituita da un tratto di spiaggia in corrispondenza della più importante struttura turistico ricettiva del Sud Sardegna, (*danno patrimoniale emergente*).
- riduzione drastica delle superfici di arenile in concessione e relativa riduzione dei canoni concessori (*lucro cessante*)
- instabilità di opere e manufatti afferenti, muri di contenimento del piede della scarpata e scale di accesso (*danni materiali alle strutture*);
- dissesto e degrado del territorio costiero (*danno di immagine*)

La “bilancia” di valutazione dovrà pertanto mettere su un “piatto” gli impatti negativi in essere e le conseguenze dell’inazione e dall’altra gli impatti positivi e negativi del progetto di difesa proposto.

5.2.2 – Possibili effetti erosivi indotti sulle spiagge adiacenti

È nota come regola generale che la realizzazione di opere idonee a stabilizzare un tratto di litorale è associata al rischio di produrre impatti sui tratti di costa adiacenti.

Il potenziale e l’intensità degli impatti sulle spiagge adiacenti dipende sia da elementi “sito-specifici”, quali le condizioni meteorologiche e le particolarità geomorfologiche locali, che dalle caratteristiche tipologiche, qualitative e dimensionali delle opere.

Nel nostro caso le principali condizioni “sito-specifiche” e meteorologiche sono particolarmente favorevoli a evitare l’insorgenza di possibili impatti sulle spiagge al contorno.

Tali elementi favorevoli risiedono nella disomogeneità del tratto oggetto di intervento rispetto alle spiagge al contorno: *la spiaggia critica è aggettante rispetto a quelle adiacenti;*

la presenza del substrato roccioso e l’assenza di formazione di barra litoranea invernale sono localizzate nel solo tratto critico;

la distanza dalla riva della profondità di chiusura della spiaggia è molto maggiore nel tratto di intervento rispetto alla spiaggia adiacente;

maggiore ampiezza e resilienza delle spiagge adiacenti;

variabilità meteorologica con inversione periodica delle correnti di trasporto longitudinale con compensazione degli effetti erosivi localizzati.

La minimizzazione dei possibili impatti sulle spiagge al contorno, è stata inoltre perseguita con lo studio della configurazione delle barriere/isole, effettuato con il supporto dei modelli numerici di simulazione:

distanze tra le barriere e dalla riva differenziate;

configurazione di futuro equilibrio indotta in fase di costruzione mediante dragaggio riconfigurativo;

caratteristiche dimensionali e orientamento delle barriere.

Sono infine stati previsti accorgimenti costruttivi di ottimizzazione della “risposta” delle barriere/isole all’azione localizzata del moto ondoso tutte tendenti a mitigare gli effetti erosivi al contorno:

forma a isola, orientamento; pendenze delle scogliere; larghezze; dimensionamento degli scogli; tracimabilità e permeabilità differenziate, etc. (Cap.4).

In particolare gli effetti erosivi determinati dalle correnti di trasporto longitudinale parallele al litorale si manifestano a valle delle opere di protezione.

Nel nostro caso il contesto di variabilità periodica e interannuale con l’inversione del trasporto sedimentario longitudinale in direzioni opposte fanno prevedere che nel medio periodo gli effetti tendano a essere attenuati da azioni alternative contrastanti col prevalere di effetti compensativi.

La spiaggia adiacente situata a NE delle opere come in precedenza già illustrato è caratterizzata da una marcata variabilità stagionale e presenta una tendenza pluriennale all’accrescimento.

Il piccolo pennello semitrasparente previsto al limite orientale della zona di intervento, quale estensione “conservativa” di un affioramento roccioso esistente, consente un certo rateo di passaggio al trasporto sedimentario.

Si prevede, pertanto, che abbia un effetto limitato come “trappola” di sedimenti, che non determini effetti a più grande scala ma che possa contribuire stabilizzare la linea di riva nel tratto adiacente alla zona protetta verso NE.

Alcuni esempi dei risultati della modellazione con trasporto prevalente verso NE e verso SO sono riportati di seguito:

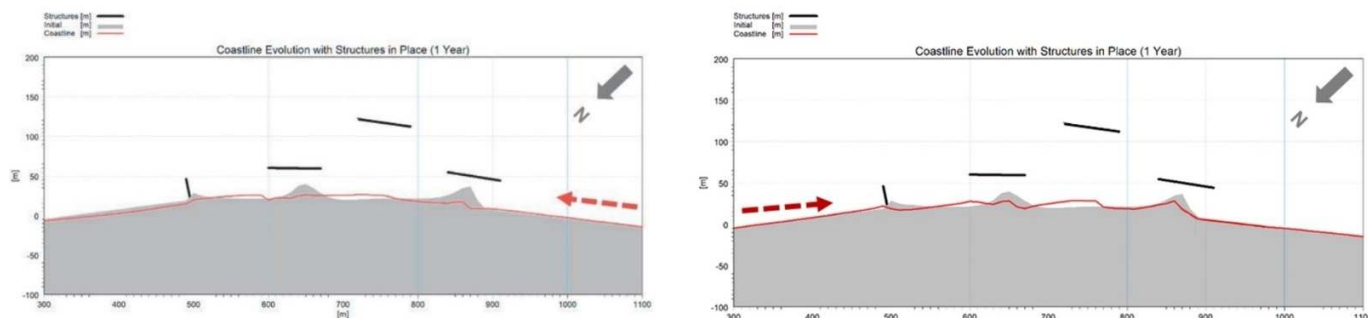
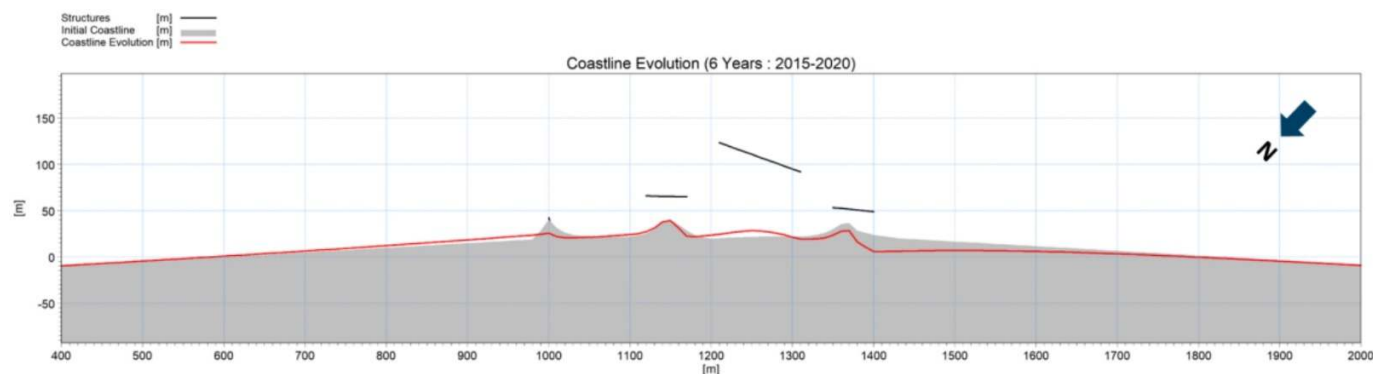


Fig.24 – Esempi di modellazione della linea di riva con trasporto verso NE e verso SO (1 anno)

La modellazione del trasporto litoraneo ha evidenziato che le situazioni erosive critiche sono quelle che si determinano con lunghi periodi di prevalente trasporto verso Sud-Ovest e il tratto di costa potenzialmente più impattato risulterebbe quello posto a breve distanza dal Forte Village immediatamente a ovest dell’isola di ponente.

Per valutare questo potenziale impatto negativo è stato ipotizzato uno scenario di forte criticità (*worst-case*) che prevede un periodo di 6 anni con trasporto netto prevalente diretto verso Sud-Ovest.

Su questo scenario è stata effettuata una specifica simulazione modellistica³⁰



**Fig.25 – Variazioni della linea di riva nella spiaggia a SW della zona di intervento
(Periodo di 6 anni con trasporto netto prevalente diretto verso Sud-Ovest).**

La simulazione numerica pluriennale di questo scenario ha evidenziato le seguenti tendenze evolutive della linea di riva:

- un locale accrescimento a monte del pennello permeabile a Nord-Est, per un tratto di circa 300 metri immediatamente a monte del pennello e decresce progressivamente allontanandosi dallo stesso verso Nord-Est;
- una sostanziale stabilità della linea di riva tra il pennello semitrasparente e la prima isola, ivi compreso il mantenimento pressoché inalterato del saliente previsto già durante il ripascimento iniziale;

³⁰ Vedi Integrazioni presentate 12/2023 (DHI - Analisi modellistiche integrative allo studio meteomarinario dicembre2023).

- la formazione di un terzo saliente, molto più smussato degli altri due, nel tratto di litorale a tergo dell'isola centrale, posta ad una distanza maggiore dalla riva rispetto alle isole laterali;
- un limitato arretramento in corrispondenza dell'isola posta più a Sud-Ovest,
- un arretramento più marcato immediatamente a Sud-Ovest della terza isola, decrescente progressivamente verso Sud-Ovest fino ad annullarsi completamente a circa 300m di distanza.

Tali tendenze evolutive verso una diversa configurazione di equilibrio della linea di riva tuttavia non determinano situazioni di criticità in questa spiaggia in ragione delle sue caratteristiche, infatti:

- le dimensioni di questo tratto di spiaggia³¹ sono molto maggiori del tratto oggetto di intervento (maggior resilienza) e anche in periodi di estrema riduzione (vedi figura seguente) non si sono mai determinate situazioni di criticità dimensionale;
- i ratei di arretramento possibili nello scenario di lungo termine ipotizzato (*worst-case*) restano all'interno della "forbice" di naturale variabilità³² di questa parte di spiaggia;
- i ratei di arretramento nello scenario ipotizzato sono dello stesso ordine di grandezza di quelli prevedibili nelle stesse condizioni pluriennali di trasporto longitudinale in assenza delle opere di protezione.
- la simulazione non contiene possibili effetti compensativi interannuali.



Fig.26 – Variazioni della linea di riva nella spiaggia a SW della zona di intervento (ISPRA)
(Transetto 4 su immagine dal Web GIS del Portale delle Coste ISPRA)

5.2.3 – Possibili effetti negativi dovuti alla formazione di tomboli

La modellazione numerica ha confermato che la protezione diretta dal moto ondoso, delle opere comporta la formazione di salienti e la significativa limitazione della perdita di sedimento dalla spiaggia pur senza in alcun modo bloccare interamente le dinamiche di trasporto sedimentario.

³¹ Vedi Tabella riepilogativa (Cap.2) Tratto di litorale B7 e Tabella delle misure pregresse dei transetti di controllo (Cap.6) transetto di controllo 4.

³² I dati dimensionali e di variabilità pluriennale sono contenuti nella tabella inclusa nell'Allegato integrativo al Piano di Monitoraggio.

Tuttavia in corrispondenza di periodi con condizioni meteomarine non particolarmente “energetiche” tale tendenza potrebbe portare localmente alla formazione di salienti troppo marcati o addirittura tomboli in corrispondenza delle isole laterali con la formazione di una zona lagunare interclusa che potrebbe favorire il deposito di Posidonia sull’arenile.

Gli interventi per garantire una sufficiente continuità al flusso litoraneo soprattutto se attuati tempestivamente sono tuttavia di facile attuazione e poco invasivi.



Fig.27 – Criticità dovuta alla formazione di tomboli
Eccessivo effetto di protezione e intrappolamento dei sedimenti

6 – MONITORAGGIO “POST OPERAM”, INTERVENTI MANUTENTIVI E CORRETTIVI

6.1 – Monitoraggio generale

È attualmente in atto il Piano di Monitoraggio previsto nel "Progetto di ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village" che ha ottenuto il parere positivo di VIA nel 2019.

Il piano di monitoraggio delle opere in progetto (Revisione Dicembre_2023) è esteso a tutta la spiaggia di Santa Margherita di Pula da Cala Vede al Pinus Village (*intera unità fisiografica*) enell’ambito del piano è prevista la installazione di una sonda per il rilievo delle correnti e del moto ondoso.

Tale piano è stato ulteriormente integrato al fine di attivare le misure correttive mediante la definizione delle soglie di attenzione e di intervento. Nell’integrazione al piano è stata prevista anche la installazione di una stazione di meteorologica per la registrazione locale dei dati anemometrici e pluviometrici.

[Allegato 3]

6.2 – Caratteristiche delle spiagge adiacenti e definizione delle soglie di criticità

Sulla base dell’andamento evolutivo delle spiagge adiacenti alla zona di intervento e delle caratteristiche locali, sono stati identificati i transetti di monitoraggio e controllo utili a definire l’evoluzione dimensionale della spiaggia.

6.2.1 - Caratteristiche delle spiagge adiacenti

Di seguito sono riassunte le caratteristiche delle spiagge adiacenti poste a SW e NE della zona di intervento.

La spiaggia adiacente a SW a causa della grande larghezza dell'arenile e della maggior consistenza volumetrica complessiva dei sedimenti nella spiaggia sommersa, anche nelle condizioni di massima variabilità stagionale e pluriennale mantiene caratteristiche qualitative omogenee (*arenile*) e dimensioni sufficientemente ampie.

In questa spiaggia il substrato roccioso non è individuabile (*molto più profondo rispetto alla spiaggia del Forte Village*)³³, La spiaggia adiacente a NE è situata in una rientranza della costa, pur in presenza del substrato roccioso antistante, che ne determina la grande variabilità periodica, ha caratteristiche assimilabili a una "pocket beach" e mantiene caratteristiche qualitative omogenee e ampiezza sufficiente.

A ridosso dei moli aggettanti del porticciolo di Cala Verde, negli ultimi vent'anni si è manifestata una tendenza prevalente di accrescimento dell'arenile plausibile conseguenza della costruzione delle scogliere aggettanti di circa 60m.

Per descrivere, interpretare e valutare dettagliatamente gli effetti delle opere in progetto rispetto alle spiagge adiacenti sono stati individuati i transetti di controllo e monitoraggio della spiaggia. Tali transetti sono stati posizionati nei punti ritenuti maggiormente significativi a definire lo stato dimensionale "ante operam della spiaggia e a valutarne l'evoluzione "post operam".

I transetti sono posizionati in modo da comprendere la spiaggia antistante la zona SIC/Z.S.C. ITB042231 e i tratti di spiaggia al contorno con diverse caratteristiche strutturali e di resilienza rispetto al tratto di intervento.

I 14 transetti posizionati coprono un tratto di litorale di circa 1.000m (*1/3 dell'intera unità fisiografica*).

Sulla base delle serie storiche delle linee di riva, delle misurazioni puntuali effettuate nel corso dei lavori recenti e sulle previsioni di progetto (*spiaggia al termine dei lavori*) sono state individuate per ciascun transetto:

- La larghezza media della spiaggia;
- La larghezza minima registrata nel corso del tempo;
- La larghezza di progetto.

Nella figura seguente è illustrata la posizione dei transetti e nella tabella sono riportate le indicazioni dimensionali che delle le caratteristiche dimensionali

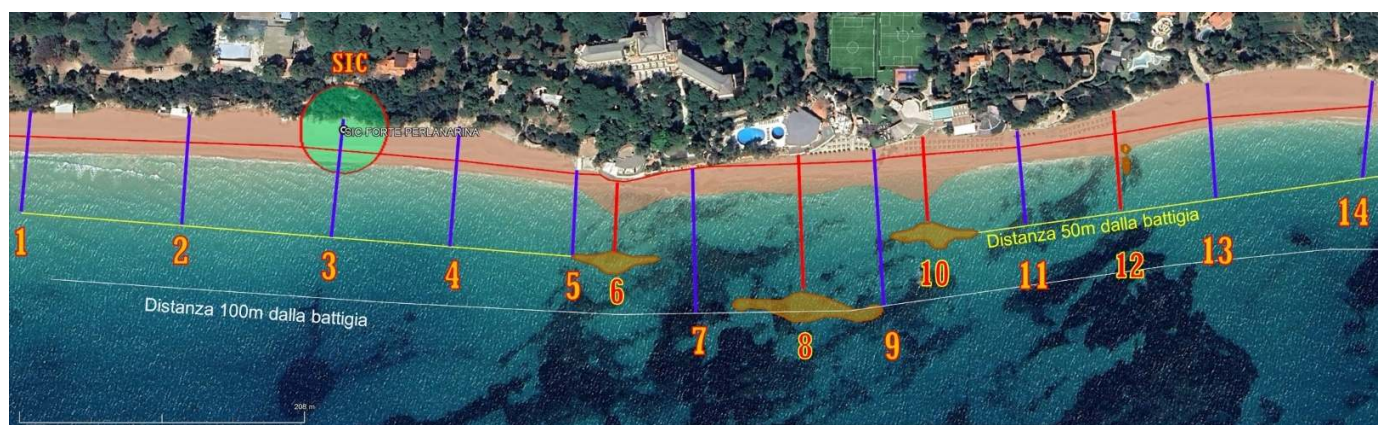


Fig.28 –Transetti di controllo del tratto di spiaggia interessato dal progetto

Numerazione dei transetti di controllo e posizione della zona SIC (superficie 0,32ha) – Linea di riva estate 2023

³³ I sondaggi eseguiti con spingarda a pressione sono arrivati a oltre 2,m di profondità senza rilevare il substrato roccioso.

Tabella delle misure dei transetti di controllo³⁴

TRANSETTI		distanza dal precedente	Larghezza media 43/08	Larghezza media 09/22	Larghezza MINIMA 09/22	Larghezza di progetto (*)	Incremento in progetto	NOTE
N°	referimento							
1	Barca a vela	--	33	23	15	=	0	Arenile ampio con variabilità stagionale tipica
2	Abamar sw	115	33	26	12	=	0	Arenile ampio con variabilità stagionale tipica
3	Centro SIC	115	43	33	16	=	0	Arenile ampio con variabilità stagionale tipica
4	Stradello accesso car	85	52	41	22	=	0	Arenile ampio con variabilità stagionale tipica
5	spigolo SW rampa FV	85	40	28	13	30	2	Arenile variabile spesso atipico
6	Centro isola SW (Beachcomber)	30	23	11	0	25	14	Frequente scomparsa totale della sabbia invernale – scogliera di protezione (2021) – Formazione di saliente
7	Affaccio Castello	55	24	17	3	24	7	Frequente scomparsa totale della sabbia nel periodo invernale – berma ciottolosa
8	Centro isola centrale (fine piscine/pizzeria)	77	27	20	12	28	8	Affioramento ciottoli e rocce e riduzione estrema di sedimenti sabbiosi invernale Formazione di debole saliente
9	Scoglio (PICCHETTO)	55	22	17	13	28	11	Saltuario affioramento ciottoloso nella battigia
10	Centro isola NE	35	31	25	17	38	13	Frequente affioramento ciottoloso nella battigia Formazione di saliente
11	Hotel Dune	70	29	27	18	30	3	Frequente affioramento ciottoloso nella battigia
12	Lato SW Pennello	70	23	25	17	=	0	Affioramento roccioso esistente
13	Rampa Com.Stella Marina	70	13	21	5	=	0	Spiaggia variabile in accrescimento
14	Scoglio Guido (Calaverde Beach Bar)	118						Arenile variabile in accrescimento verso NE
sviluppo totale		980	(*) Larghezza prevista sui transetti con la configurazione di fine lavori					

6.2.2 – Definizione delle soglie di criticità per effetti erosivi indotti sulle spiagge adiacenti (Par. 5.2.2)

Le soglie di criticità sono state definite come segue:

Soglia di attenzione

È stata definita come soglia di attenzione il verificarsi per due anni consecutivi successivi alla realizzazione delle opere di un arretramento della spiaggia prossimo alla larghezza minima storica rilevata.

Al verificarsi di tale circostanza saranno eseguiti accertamenti supplementari volti a verificare una eventuale correlazione con eventi meteomarinari anomali, un eventuale eccessivo accumulo nella spiaggia protetta e comunque tendenti a individuare le possibili cause.

Soglia di intervento

È stata definita come soglia di intervento il verificarsi per tre anni consecutivi successivi alla realizzazione delle opere di un arretramento della spiaggia superiore del 10% della larghezza minima storica rilevata.

Al verificarsi di tale circostanza sarà predisposto l'intervento correttivo di mitigazione o di ripristino che a seconda dell'entità dell'impatto potrà consistere in interventi dei seguenti tipologie di crescente importanza e entità:

- Intervento manutentivo consistente nel semplice risarcimento della parte erosa, mediante movimentazione di sedimenti nello stesso ambito (*reconfiguration dredging*).

³⁴ Vedi tabelle complete **Allegato 3**

- Intervento correttivo di riconfigurazione delle barriere a scogliera.
- Intervento di ripristino con la rimozione parziale o totale delle scogliere; le modalità di rimozione, ridimensionamento sono speculari alle attività di costruzione scogliere.

[Le modalità e i costi relativi alla dismissione totale è stata trattata nella relazione integrativa Dic.2023 (Cap.8)]³⁵

6.2.3 – Definizione delle soglie di criticità per effetti negativi di formazione di tomboli (Par.5.2.3)

Soglia di attenzione

È stata definita come soglia di attenzione la formazione durante un periodo di osservazione di due anni, di salienti di larghezza maggiore del 20% di quella di progetto (*transetti di riferimento; 6-8-10-12*).

Al verificarsi di tale circostanza saranno eseguiti accertamenti supplementari volti a verificare la eventuale correlazione con eventi meteomarinari anomali e le indagini comunque utili a individuare le possibili cause.

Soglia di intervento

Sono state definite due diverse soglie di intervento, la prima riguarda la formazione di un tombolo con stabilità superiore a sei mesi; la seconda il ripetersi per tra anni consecutivi della formazione di un tombolo stabile (6 mesi).

Al verificarsi della prima circostanza sarà predisposto un intervento manutentivo consistente nella semplice rimozione dei sedimenti eccedenti mediante movimentazione di sedimenti nello stesso ambito (*sia con mezzi terrestri che con attrezzature draganti*).

Al verificarsi della seconda circostanza sarà predisposto un intervento di riconfigurazione delle scogliere orientato ad attenuarne gli effetti di eccessiva protezione e consistente essenzialmente nella movimentazione/rimozione di alcuni scogli che costituiscono le barriere.

La figura e la tabella che seguono mettono in evidenza le diverse caratteristiche delle spiagge della zona oggetto di intervento e di quelle adiacenti.

Le integrazioni del Piano di monitoraggio sono contenute nell'**Allegato 3**.

7 – INTEGRAZIONI E CHIARIMENTI IN MERITO AD ALTRI ARGOMENTI TRATTATI IN FASE ISTRUTTORIA

7.1 – Alternative progettuali e Opzione Zero

Le alternative progettuali alle opere di difesa della costa sono state prese in considerazione, esaminate e vagliate in fase di progettazione e sono state descritte nel progetto presentato³⁶.

Si è dato conto degli esiti “sperimentali” della installazione di barriere temporanee in geotubi (*2 installazioni 2009/2015 e 2020/2022*)³⁷ e della modellazione effettuata (DHI)³⁸, che infine hanno motivato le scelte progettuali adottate.

Durante la fase istruttoria, sono state fornite integrazioni e chiarimenti che hanno riguardato tra l’altro:

³⁵ Relazione integrativa inviata Dic.2023 (*8 Aspetti di natura progettuale – Piano di dismissione delle opere*)

³⁶ “A-RELAZIONE TECNICA” progetto Novembre 2022 (Cap.3) – RELAZIONE INTEGRATIVA Dic.2023 (Par.1.1.1 – Par.2.2 - /Cap.3)

³⁷ progetto barriera “geotubi” 2006 attuato 2009 rimosso 2015/17 – barriera provvisoria geotubi installata 8/2020, rimossa 10/2022 vedi report di monitoraggio trasmessi)

³⁸ C-RELAZIONE METEOMARINA E ANALISI TRASPORTO SEDIMENTI Nov.2022, Par.7.1 Layout di progetto “base” Layout alternativi con Barriere soffolte)

- l'altezza delle barriere sul livello del mare³⁹
- la funzione di un "pennello semitrasparente" ⁴⁰previsto a "rifiorimento" di un gruppo di scogli affioranti esistenti;
- l'accantonamento di ipotesi alternative quali: il ripascimento massivo con sabbie compatibili provenienti da cave marine o terrestri e degli interventi alternativi di "riallineamento gestito", evidenziando per quest'ultimo la inefficacia in presenza di una ripa litoranea alta, a gradino, a forte pendenza aggettante.

Fermi restando tutti gli adattamenti che potranno essere oggetto di prescrizioni autorizzative e eventuali migliorie esecutive e "post operam", si propone un approfondimento delle conseguenze della non attuazione del progetto presentato (Opzione Zero)

L'Opzione Zero determina due possibili scenari futuri:

- *Accettazione dello stato di degrado.*
- *Gestione del dissesto idrogeologico erosivo con interventi cogenti "ex post"*

Di seguito vengono descritte le ipotetiche conseguenze di questi due scenari.

7.1.1 - Accettazione dello stato di degrado.

Non realizzare l'intervento comporta la accettazione dello "status quo" ovvero la accettazione che all'inizio della stagione estiva la spiaggia si possa presentare in condizioni di dissesto e di degrado o con superfici molto ridotte.

Tale circostanza si è presentata puntualmente negli ultimi anni (7 anni) e solo con l'esecuzione delle opere di ricarica eseguite (*vedi par.3.1*) si è potuto far fronte parzialmente alle conseguenze negative.

Non attuando alcun intervento si dovrà accettare la interruzione della spiaggia in corrispondenza della parte più accettante (*muri di sostegno di fronte all'edificio Beachcomber*) con la modifica sostanziale dell'aspetto "storico" del litorale di Santa Margherita e col con relativo impatto sull'aspetto del paesaggio.

L'interruzione della spiaggia ha anche un impatto negativo sulle attività economiche esistenti lungo tutto il litorale di S.Margherita di Pula. Infatti sia i residenti che i frequentatori occasionali, utilizzano il passaggio pedonale sull'arenile per raggiungere i diversi servizi di ristorazione e di nolo di attrezzature nautiche esistenti tra Cala Verde e Riva dei Pini utilizzatori e fornitori di questi servizi patiranno la minor mobilità pedonale dovuta alla interruzione della spiaggia.

La riduzione della superficie della spiaggia rappresenta di per sé, una grave perdita di una risorsa territoriale pubblica (demaniale) che attualmente genera canoni concessori; la corresponsione dei canoni demaniali dovrà essere pertanto ridotta e commisurata all'effettiva superficie residua concedibile.

La riduzione e il degrado della spiaggia antistante il Forte Village Resort incide molto negativamente sull'appetibilità e sull'immagine commerciale della più importante struttura turistico-ricettiva del Sud Sardegna.

Le conseguenze dirette sul valore immobiliare e del "brand" del Resort sono evidenti e significative in quanto il valore di "marca" di un Beach Resort ha nella spiaggia un elemento identitario importante;

Le conseguenze economiche dirette riguardano la minor superficie di spiaggia sia per i minori introiti diretti dei servizi offerti sia per il maggior affollamento che ha notevoli ripercussioni negative sulla appetibilità delle strutture ricettive e di soggiorno turistico.

La riduzione della spiaggia espone le strutture edili e murarie esistenti sulla scarpata costiera all'azione del moto ondoso di tempesta (invernale) con rischi di degrado statico a causa dell'erosione del sedime di fondazione e della insorgenza di possibili situazioni di instabilità e di potenziale pericolo (per le quali sono già stati effettuati diversi interventi).

³⁹ ALLEGATO C INTEGRAZIONE RELAZIONE PAESAGGISTICA Dic.2023

⁴⁰ DHI - Analisi modellistiche integrative allo studio meteomarinario - RELAZIONE INTEGRATIVA – DIC_2023

La eccessiva riduzione della berma litoranea al piede della scarpata litoranea e dei muri di contenimento, determina la formazione di un aggetto in mare “rigido” rispetto al moto ondoso incidente, con effetti di “riflessione” delle onde suscettibili di alterare localmente le condizioni idrodinamiche responsabili del trasporto dei sedimenti;

tale variazione modale determina una massimizzazione degli effetti erosivi locali e segnatamente una maggior tendenza dissipativa dei sedimenti verso il largo, compromettendo le dinamiche stagionali di riformazione della berma sabbiosa e prevedibili conseguenze erosive sulle spiagge al contorno..

7.1.2 - Gestione del dissesto idrogeologico erosivo con interventi cogenti emergenziali “ex post”.

In assenza di un intervento strutturale che ponga rimedio al dissesto idrogeologico erosivo, nei prossimi anni è molto probabile che si debba intervenire con lavori emergenziali di ripristino e messa in sicurezza “ex post” o con lavori di manutenzione preventiva analoghi a quelli effettuati con cadenza annuale negli ultimi sette anni.

Tuttavia, come è stato evidenziato in precedenza (*Par. 3.2.1*) le stime effettuate annualmente sul potenziale complessivo di sedimenti disponibili nelle aree di prelievo hanno fatto ipotizzare una possibile tendenza dispersione invernale dei sedimenti di ricarica su un'area più vasta con il possibile progressivo depauperamento del giacimento sedimentario antistante che può mettere in discussione la possibilità di ripetere indefinitamente nel tempo le ricariche manutentive come eseguite negli ultimi sette anni.

I lavori che dovranno essere programmati dopo la constatazione dei danni è prevedibile che comportino interventi e lavori riconducibili alle seguenti tipologie:

- azioni di messa in sicurezza urgenti: chiusura di tratti di litorale con montaggio di transenne, barriere e ponteggi, armature provvisorie di sostegno e sbadacchiatura della ripa litoranea e/o delle opere murarie esistenti; interventi di messa in sicurezza mediante scavi di riprofilatura della scarpata litoranea e/o di demolizione delle opere esistenti;
- ricarica dell'arenile con movimentazione di sedimenti nello stesso ambito (*vedi Par. 3.2.1*);
- ricarica dell'arenile con sabbie alloctone (*attualmente non disponibili e di difficile e costosa attuazione*);
- interventi di risarcimento di opere murarie (*lavori di sottofondazione, palificate, risarcimento di sgrottature etc*);
- protezione della riva mediante scogliere radenti (*barriere parallele aderenti alla riva*) nei tratti in cui il piede della scarpata litoranea o il piede delle strutture murarie risulterà esposto alla azione del moto ondoso.

7.2 – Considerazioni sugli aspetti economici e all'Analisi Costi Benefici

Come detto in premessa, ci troviamo di fronte a un progetto di risanamento di un dissesto idrogeologico erosivo che riguarda un bene pubblico (*la spiaggia*) la cui attuazione viene proposta da un soggetto privato (*il concessionario pro tempore del bene demaniale*) con risorse economico-finanziarie totalmente a suo carico.

L'analisi economica dell'intervento in progetto (*quadro economico generale*) è stato integrato con l'Analisi Costi Benefici (*Apr.2023 e Dic.2023*) e con la stima dei costi di dismissione (*Rel. Integrativa Dic.2023*).

Nell'ambito della procedura di VIA si ritiene importante soprattutto rendere trasparente il processo decisionale che porta il decisore pubblico ad approvare o rigettare una certa alternativa di progetto in modo che possa essere controllato dai vari portatori di interesse.

L'ACB è uno degli strumenti che consente di valutare, illustrare e giustificare razionalmente la scelta della attuazione di un determinato progetto sulla base di un oggettivo rapporto favorevole dei benefici rispetto alle risorse impiegate. Nell'ambito della VIA i costi e i benefici sono generalmente afferenti aspetti “intangibili e “immateriali” come nel caso in esame non sono facilmente definibili in termini di “spendita” e “consumo” di risorse o di “acquisto” di nuove risorse e conservazione di quelle esistenti che si rischia di perdere.

La valutazione proposta basata sull'investimento (*ACB integrata Apr.2023*), riguarda l'aspetto strettamente economico certamente utile a valutare l'effetto ambientale delle opere di minimizzazione degli effetti erosivi, tuttavia mediante l'Analisi Costi Benefici, in presenza di un solo obiettivo condiviso di interesse generale ovvero in assenza di una pluralità di obiettivi, potenzialmente conflittuali fra loro, la valutazione ACB non ha un peso particolarmente significativo nel processo decisionale.

Le informazioni derivanti dalle indagini presso la clientela non hanno fornito dati di valenza economica correlabili con le opere di rimedio dell'erosione e con le mutate condizioni della spiaggia; analogamente la complessa valutazione delle ripercussioni sul valore degli immobili al contorno delle spiagge in erosione o in ipotetica erosione futura o sugli asset patrimoniali delle attività ad esse afferenti, sono caratterizzate da un elevato livello di soggettività⁴¹ non eliminabile che riduce la valenza oggettiva dell'analisi nell'ambito del processo decisionale.

Il processo decisionale relativo alla proposizione e attuazione di opere che hanno importanti ricadute sull'ambiente, è stato oggetto di attenta valutazione in fase di programmazione e finanziamento da parte del proponente privato.

Il processo decisionale si è basato sul confronto tra costi di tipo economico-finanziario, di immagine e di gestione del processo di costruzione e gestione delle opere e delle azioni di salvaguardia e dei valori di costi e benefici non valutabili in moneta (*intangibles*)⁴² che nel nostro caso hanno riguardato gli elementi valoriali intangibili riepilogati nella tabella seguente.

Valenza ambientale e naturalistica generale della spiaggia
Accesso diretto alla spiaggia dal resort
Percezione visiva della spiaggia da parte dei bagnanti e dei fruitori del mare litoraneo
Percezione panoramica della spiaggia dalle finestre delle strutture ricettive afferenti
Aspetti qualitativi e fruitivi delle componenti naturali della spiaggia e dello specchio acqueo antistante
Aspetti qualitativi e fruitivi dei servizi di spiaggia
Caratteristiche dimensionali della superficie della spiaggia utile a attività ricreative e balneari pubbliche
Superficie demaniale utile a generare canoni concessori
Valenza della spiaggia nella fidelizzazione della clientela del Resort Forte Village
Valore di "brand equity" del Beach Resort (valore di "marca")
Aspetto e qualità della spiaggia e valenza iconica di libertà, di vacanza, di relax, di "leisure"Village.

Si evidenzia che il confronto tra i costi monetari con il solo valore intangibile del "*brand equity*" costituito dal tratto di spiaggia di cui trattasi, è sufficiente a orientare il processo decisionale a favore di opere di risanamento e mitigazione del dissesto idrogeologico erosivo territoriale in atto.

7.3 – Conoscenza dei luoghi, acquisizione dei dati, monitoraggi pregressi

7.3.1 – Base conoscitiva delle caratteristiche sito-specifiche del litorale

La base conoscitiva sulla quale è stata basata la progettazione comprende una messe di dati piuttosto corposa.

⁴¹ E' evidente il carattere soggettivo delle valutazioni che possono essere attribuiti alle caratteristiche ambientali, paesaggistiche, fruitive di una spiaggia, o alla semplice vista panoramica di un affaccio su di essa o ancora alle mutazioni, interruzioni, limitazioni delle possibili fruizioni ricreative, turistiche e di vita all'aperto che offre la spiaggia.

⁴² Gli aspetti di carattere ambientale, paesaggistico, socio-economico, fruitivo, di immagine e di salvaguardia della spiaggia, non sono suscettibili di essere facilmente omogeneizzati e tradotti in termini monetari significativi.

L'analisi per la comprensione delle dinamiche geomorfologiche e ambientali del sito sono state effettuate sulla raccolta e collazione di numerosi dati e raccolte documentali che comprendono tra l'altro:

- la documentazione progettuale relativa agli interventi effettuati nel corso degli anni (2006-2019) comprendenti rilievi batimetrici e topografici e analisi della evoluzione della linea di riva, piani di caratterizzazione, studi di compatibilità idraulica, studi geologici e geomorfologici.
- la documentazione di monitoraggio relativa agli stessi interventi (*Ing. Ritossa, Ing. Lai, Martech*)
- serie delle osservazioni trigonometriche delle stazioni I.I.M. di Capo Sperone e Capo Sant'Elia1, dati forniti dall'U.K.M.O. (United Kingdom Meteorological Office-Bracknell);
- dati dello studio del Prof. Andrea Atzeni "Valutazione dei regimi di moto ondoso nel Golfo di Cagliari", 1986;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Autonoma della Sardegna,
- dati speditivi di misurazione delle larghezze di spiaggia rilevati direttamente nell'arco di oltre vent'anni in occasione dei diversi progetti e interventi eseguiti su questa spiaggia nel corso del tempo;
- il complesso dataset di vento ed onda ad elevata risoluzione prodotto da DHI in collaborazione con HyMOLab (Hydrodynamics and Met-Ocean Laboratory del Dip. Ingegneria e Architettura dell'Università di Trieste).
- dati delle sonde ondametriche installate dal Committente, stazioni AWAC 2010/2011 e AQUADOP 2018/2020 con misure dirette del moto ondoso sottocosta.
- acquisizione da diversi database di immagini aeree (RAS, ISPRA, Google, Aeronautica tedesca, Copernicus)
- rilievi GPS-RTK (N° 16 rilievi completi 2009/2022-Martech)
- dati monitoraggio correntometrico ed ondametrico Martech Srl (2005/2006)
- rilievi aerofotogrammetrici con Drone (Martech2020-2022)
- rilievi GPS-RTK (Leica GS16) (Vigna/Podda 2020).
- dati monitoraggio correntometrico ed ondametrico Martech Srl (2009/2011)
- rilievi batimetrici effettuati con scandaglio Single Beam Reson (seabat210) e GPS RTK - Trimble R8S
- rilievi acustici (2020)
- rilievo mareggiate i correlazione dei dati col modello ECMWF relativa al 2022 (Gennaio 2022-Novembre 2022)
- rilievi fotografici puntuali da sistema fisso (riprese effettuate ogni 3 ore da 8 telecamere fisse di monitoraggio della spiaggia del Forte Village (06/2020 – 11/2022)
- serie di dati di misurazione della linea di riva e delle larghezze di spiaggia prima, durante e dopo i lavori di ricarica della spiaggia eseguiti negli anni 2018-19-20-21-22 (*rilievi D.L. con Leica Disto x4 laser integrati con rilievi topografici Geom.Podda 2020-2021*);
- serie di dati di misurazione della linea di riva e delle larghezze di spiaggia stagionali lungo l'unità fisiografica (2019-21-23 *Geol.Tilocca/Ing.Vigna*);

I dati estrapolati sono stati organizzati e sistematizzati in tabelle riepilogative rappresentative dello stato geomorfologico e ambientale della spiaggia.

L'analisi descrittiva dello stato attuale dell'intero corpo spiaggia in termini di tendenze evolutive di arretramento e/o avanzamento della linea di riva sul medio e l'evoluzione nel medio/lungo termine della linea di riva è stato ulteriormente integrato nella presente relazione, e negli elaborati allegati.

Allegato 1 – Integrazioni relaz.geomorfologica (*Geol Giovanni Tilocca*)

Allegato 3 - Integrazioni Piano di monitoraggio (*Ing. Andrea Ritossa*).

7.3.2 – Studi meteomarini e analisi del trasporto dei sedimenti

Lo studio metomarinico del paraggio e la modellazione delle dinamiche sedimentarie, effettuato nell'ambito del Progetto delle Opere di ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village Resort (*autorizzato ottobre 2019 in esito alla procedura di V.I.A. - Ottobre 2019*) era stato basato sullo studio meteomarino e sulle simulazioni numeriche col modello Delft3D (SWANN) (multimodulare).

Lo studio ha riguardato: Studio idrodinamico a larga scala (unità fisiografica); lo Studio idro-morfodinamico dell'unità Gestionale (da Cala Bernardini a Cala Verde); lo Studio morfologico di dettaglio del litorale nell'area di intervento.

Le fenomenologie simulate hanno riguardato: Flussi dovuti a vento; Propagazione d'onde irregolari direzionalmente orientate su batimetrie irregolari; Variazioni della morfologia; Trasporto di sedimenti.

Per il progetto in esame in cui gli aspetti meteomarini e di trasporto solido sono centrali e fondamentali, si è scelto di rielaborare interamente gli studi metomarini affidando la consulenza direttamente alla società internazionale DHI, che da oltre 50 anni sviluppa i codici di simulazione della famiglia MIKE by DHI (<https://www.dhigroup.com/>)

DHI ha effettuato la simulazione delle dinamiche costiere nel paraggio e le simulazioni di ottimizzazione dei diversi layout progettuali con i codici: LITDRIFT/LITPACK, e i moduli bidimensionali MIKE 21 SW/MIKE 21 HD e MIKE 21 ST – Sand Transport, (simulazione bidimensionale rispettivamente dei campi d'onda, dell'idrodinamica locale e della capacità di trasporto sedimentario).

Il progetto è stato sviluppato per proteggere la spiaggia nel suo complesso mitigando lo stato di dissesto idrogeologico in atto e prevenendo evoluzioni di maggior criticità. È stata selezionata una soluzione che è risultata idonea a determinare i minori impatti e la massima salvaguardia del litorale.

7.4 – Aspetti del progetto e discussione su aspetti motivazionali e di dettaglio

È stata ampiamente discussa l'esigenza e l'opportunità di abbandonare gli interventi di ripristino e risarcimento "ex post" a favore di opere strutturali di maggior resilienza.

L'esegesi relativa al pennello semitrasparente, riproposto quale rifiorimento di una scoglietta esistente, è stata diffusamente trattata. La sua limitata efficacia locale e la sua in-influenza a scala maggiore è stata ribadita nelle integrazioni DHI.

Qualora la presenza di questo pennello sia ritenuta inaccettabile si manifesta ampia disponibilità a reiterare le modellazioni numeriche di evoluzione del litorale eliminando totalmente questa opera.

In merito alle sacche di intrappolamento dei sedimenti e alla rideposizione dei sedimenti nelle sacche del substrato roccioso, si evidenzia che le aree di prelievo dei sedimenti, individuate e utilizzate abbracciano un'area di circa sei ettari; tali aree tuttavia non sono confinate fisicamente rispetto alle aree al contorno.

Le stime dei volumi di sedimenti disponibili (e che si ridepositano) in queste aree, hanno un grado di approssimazione analogo o superiore a quello delle stime analitiche basate sul confronto delle batimetrie rilevate con scandagli.

Stime più dettagliate potrebbero essere ottenute estendendo le indagini batimetriche a "tutte" le possibili aree in cui si potrebbero ridepositare i sedimenti; tuttavia anche in questo caso, l'incidenza percentuale delle sabbie prelevate sulla potenza complessiva risulterebbe ancora più basso rischiando di confondersi con l'alea intrinseca alle modalità di misura del giacimento (scandagli, qualità del fondale, sondaggi dello spessore).

Sono state aggiunte tabelle con le caratteristiche dimensionali delle spiagge dell'intera unità fisiografica e di quelle delle spiagge adiacenti alla zona di intervento suffragate da misurazioni che coprono un vasto arco temporale.

I sostanziosi dati forniti e aggregati in modo eloquente tracciano un quadro efficace delle diverse caratteristiche di resilienza e criticità delle spiagge lungo tutta l'unità fisiografica.

Sono state maggiormente messe in evidenza le caratteristiche di flessibilità e reversibilità delle opere, che consentono di effettuare interventi correttivi "post operam" in presenza di conseguenze indesiderate che determinino criticità rilevanti; si è anche evidenziato che flessibilità e reversibilità costituiscono elementi di "forza" del progetto nel processo decisionale di valutazione dell'impatto ambientale delle opere.

Il progetto ha lo scopo di mitigare gli effetti di un dissesto idrogeologico erosivo in atto.

Le strategie di mitigazione degli effetti delle opere in progetto sugli aspetti geomorfologici fanno parte sostanziale delle finalità del progetto.

Per quanto riguarda la mitigazione degli impatti sulle altre componenti ambientali si evidenziano i seguenti aspetti:

i lavori di movimentazione dei sedimenti nello stesso ambito mediante dragaggio e refluimento: i monitoraggi effettuati durante sette anni di esecuzione dei lavori, secondo i Piani di monitoraggio approvati, non hanno rilevato turbative o alterazioni delle componenti ambientali;

i lavori di costruzione delle barriere a scogliera; in letteratura tecnica è notoriamente riconosciuta quali opera idonea al ripopolamento ittico e sono largamente proposte e utilizzata per la promozione della biodiversità marina.

Le opere di mitigazione e rinaturalizzazione in genere richieste quali opere compensative di impatti ambientali identificati, si ritengono insite nella natura delle opere in progetto. Resta la più ampia disponibilità a realizzare opere di mitigazione che dovessero risultare motivatamente utili al miglior inserimento ambientale del progetto.

Le soglie di intervento e la tipologia degli interventi sono state identificate e proposte.

Le eventuali misure correttive e di mitigazione degli impatti, potranno essere definiti solo in esito ai monitoraggi; gli eventuali interventi "post operam", di adattamento, "calibrazione" e manutenzione, saranno da intendersi quali varianti puntuali o "una tantum" al progetto e per la loro attuazione è pleonastico che debbano essere conseguite le autorizzazioni di legge. Il proponente sarà vincolato a sostenere gli oneri con le forme di garanzia che saranno proposte in fase autorizzativa.

7.5 – Aspetti paesaggistici

L'altezza delle barriere è stata rivista e limitata a +1,50 s.l.m.m.

gli aspetti estetici e agli impatti paesaggistici delle opere di difesa costiera deducibili dalle fotosimulazioni dell'intervento, le figure gradonate secondo le curve di livello non rappresentano l'aspetto delle strutture ma sono stati proposti per meglio valutare gli aspetti volumetrici rappresentando volumi geometrici semplici

7.5.1 – Aspetto attuale della spiaggia

Nella dichiarazione di notevole interesse pubblico dell'area interessata, di cui al DM 19.07.1963, la stessa viene esplicitamente definita come un "quadro naturale di eccezionale bellezza", tuttavia tale "quadro naturale" è stato compromesso dal dissesto idrogeologico erosivo.

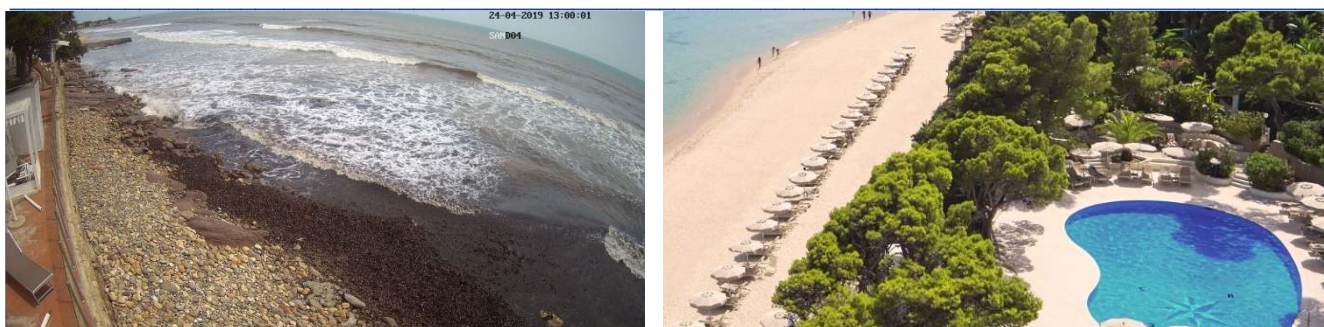


Fig.29 –Aspetto critico attuale della spiaggia del Forte Village e aspetto paesaggistico “storico” precedente

Il degrado paesaggistico derivante dal dissesto idrogeologico erosivo (*a sinistra*) è la pietra di paragone delle valutazioni sugli effetti del progetto sul paesaggio e non quella legata a un’immagine storica (*a destra*) che oggi viene parzialmente ripristinata annualmente con costosi e precari interventi artificiali annuali.

Evitare la scomparsa della spiaggia quale bene paesaggistico tutelato dalla legge è lo scopo specifico delle opere che sono state predisposta al solo scopo di salvaguardarne la conservazione e non hanno alcun altro scopo o utilità.

La scomparsa della spiaggia è purtroppo già avvenuta e solo con le opere di ricarica artificiale eseguite negli ultimi sette anni si è fatto fronte parzialmente o preservando la stagione turistica ma non l’aspetto del paesaggio storico durante tutto l’arco dell’anno.

7.5.2 – Simulazioni paesaggistiche e visibilità dall’esterno

Le Barriere artificiali (Isolotti) modificano la percezione paesaggistica dello stato dei luoghi, introducendo elementi che, con gli accorgimenti volti al loro armonico inserimento, sono finalizzati a salvaguardare e conservare la spiaggia che costituisce l’elemento paesaggistico principale del paesaggio del litorale interessato.

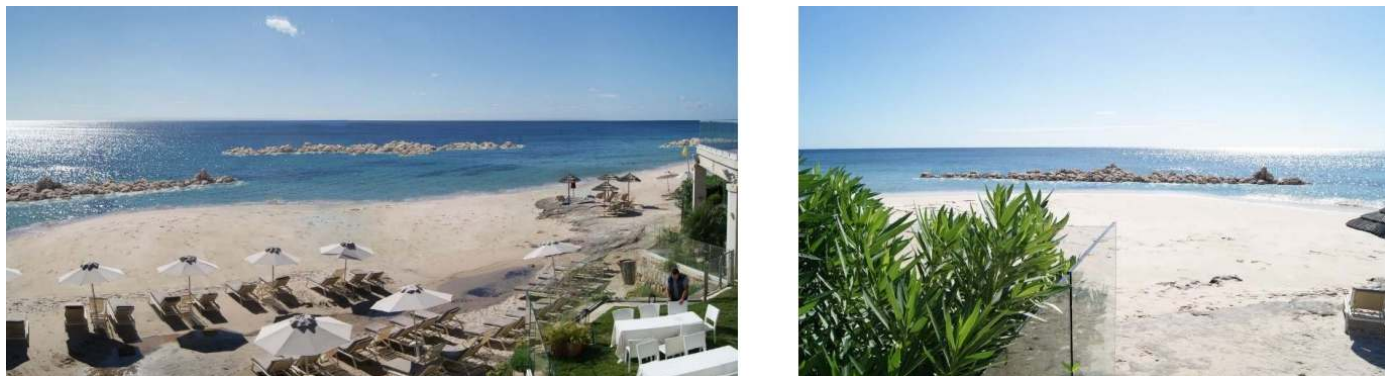


Fig.30 – Simulazione fotografica delle isole/barriere

Le barriere in virtù della loro distanza dalla costa e delle dimensioni, sono analoghe a formazioni naturali e sono visibili solo a livello locale, principalmente dalla spiaggia protetta e dalle strutture ricettive del Resort.

I pochi punti di visuale pubblica dalla costa verso il mare mentre dal mare saranno poco percepibili in ragione delle loro brevi distanze dalla linea di riva (interne alla fascia navigabile).



Fig.31 – Simulazione fotografica delle isole/barriere

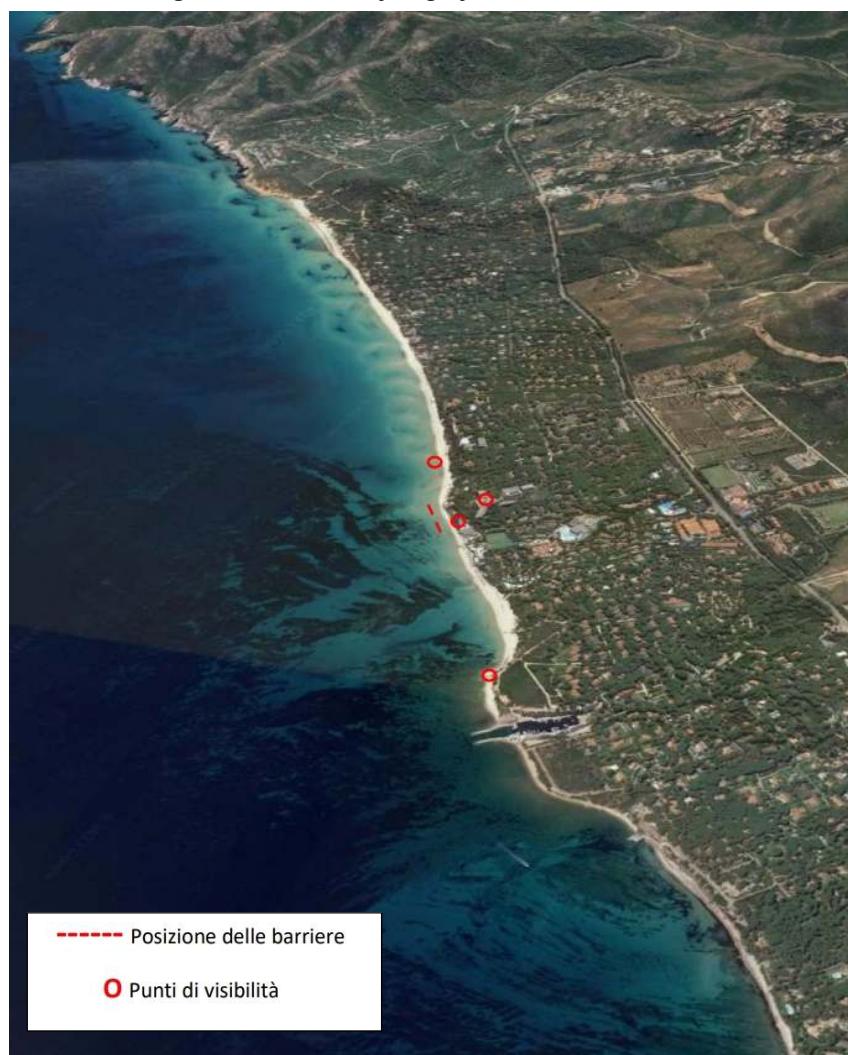


Fig.32 – Visibilità delle barriere nel contesto

La percezione visiva da terra è possibile soltanto dalla fascia litoranea costituita dalla spiaggia e dalla sommità della scarpata litoranea che si affaccia su di essa, nonché dal promontorio aggettante di Cala Verde.

Le simulazioni prodotte⁴³, prevedono l'utilizzo di scogli naturali (massi arrotondati) di diverse caratteristiche dimensionali.

⁴³ C - INTEGRAZIONE RELAZIONE PAESAGGISTICA – DIC 2023

Tutte le simulazioni sono state effettuate con la previsione dell'impiego di tali materiali.



Fig.33 – In alto simulazione dell'aspetto previsto delle isole/nbarriere Scenario naturale attuale e precedente

Si è chiarito e si ribadisce che le forme regolari a gradoni, di cui alla seguente figura sono state simulate **al solo scopo di rendere più evidenti i volumi e le curve di livello delle barriere e NON rappresentano in alcun modo l'aspetto previsto delle barriere in progetto.**



Fig.34 – Schema dei volumi con gradini di livello ogni 50 cm

Sono anche ovviamente possibili miglioramenti estetici di rinaturalizzazione “post operam”.

Il temuto effetto cumulo dovuto all'eventuale realizzazione di altre opere simili lungo il litorale, è escluso a causa della diversa natura geomorfologica dei litorali al contorno.

Infatti, come evidenziato nelle relazioni geomorfologiche, le spiagge adiacenti appartengono a sub unità gestionali diverse in cui le dinamiche sedimentarie hanno effetti differenti e non sussistono rischi di crisi erosive cogenti quali quelle che si sono determinate nella spiaggia. (vedi considerazioni geomorfologiche sulle diverse sub unità gestionali).

7.6 – Descrizione area SIC - ZSC “Tra Forte Village e Perla Marina”

Si evidenzia che dal Piano di Gestione si evince che il Sito d'Importanza Comunitaria, proposto per la Rete Natura 2000, denominato “Tra Forte Village e Perla Marina” (cod. ITB042231) ⁴⁴ ha un'estensione di soli 0,32 Ha, (3.200 mq) è pertanto costituito da un cerchio con diametro di circa 64 metri col centro che ricade sul bordo della spiaggia giardino privato e interessa una piccola porzione di spiaggia.

L'estensione ridotta e la pressoché totale antropizzazione del SIC pongono quindi la questione delle condizioni gestionali di un sito che, ad esclusione della piccola parte demaniale, ricade principalmente in aree private adibite a fini turistici e balneari.

Nel piano stesso si evidenziano le evidenti incongruenze del sito.

Si riporta di seguito una documentazione fotografica dello stato attuale del SIC riprese sia all'interno della proprietà privata in cui ricade il centro che dalla porzione di spiaggia in esso ricompresa.

Nel corso di un ulteriore sopralluogo accurato effettuato nel mese di marzo 2024, i ginepri “storici” che sono stati la probabile ragione della individuazione di quest'area come area SIC-ZPS non sono stati individuati.

⁴⁴ Piano di Gestione dei SIC “Tra Forte Village e Perla Marina” (ITB042231)



Fig.35 – Area e posizione del SIC (cod. ITB042231)



Fig.36 – Stato attuale della zona SIC-ZPS (interno proprietà privata)



Fig.37 – Stato attuale della zona SIC-ZPS (spiaggia parzialmente ricompresa nella zona SIC-ZPS)



Fig.38 – Posizione del SIC-ZPS nella Sub unità gestionale B

Nel tratto di spiaggia B l'arenile ha il comportamento tipico caratterizzato da una alternanza stagionale tra il profilo invernale, erosivo con accumulo dei sedimenti nella barra litoranea sommersa e il profilo estivo con rideposizione e accumulo dei sedimenti sull'arenile.

La spiaggia di fronte alla zona SIC-ZPS a causa della grande larghezza dell'arenile e della maggior consistenza volumetrica complessiva dei sedimenti nella spiaggia sommersa, anche nelle condizioni di massima variabilità stagionale e pluriennale mantiene caratteristiche qualitative omogenee e dimensioni sufficientemente ampie.

In questa spiaggia il substrato roccioso non è individuabile (*molto più profondo rispetto alla spiaggia del Forte Village*).

La larghezza dell'arenile in tutto il tratto B della spiaggia di Santa Margherita varia da valori minimi invernali medi di circa 18÷20 metri (minimo 16 m rilevato nel 2022) fino a valori massimi di circa 35÷40 metri e oltre (in passato anche di circa 50 metri).

La modellazione numerica effettuata, ha confermato che la realizzazione artificiale dei salienti in fase di progetto, anticipando la configurazione di equilibrio futuro dell'arenile è in grado di evitare che questi si formino a "spese" delle spiagge adiacenti. Il modello ha fornito indicazioni chiare in merito al mantenimento dei salienti a tergo delle isole.

L'inversione del trasporto sedimentario longitudinale sia annuale che pluriennale influirà su lievi migrazioni dei salienti lungo costa con prevedibili effetti compensativi.

La maggior resilienza e la maggior larghezza dell'arenile di fronte al SIC-ZPS fa ritenere che non si possano determinare arretramenti della linea di riva in grado di determinare criticità in questo tratto di spiaggia.

Le soglie di attenzione e di criticità definite nelle integrazioni al piano di monitoraggio (Allegato 3) e gli eventuali interventi di ripristino o manutentivi si ritengono compatibili e sufficienti alla salvaguardia di questo sito.

 D