



Dott. Ing. Franco Vigna

PERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA DEL FORTE VILLAGE  
RELAZIONE INTEGRATIVA – DIC\_2023



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Comune di Pula  
Santa Margherita

## OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA ANTISTANTE IL FORTE VILLAGE RESORT

Procedimento per il rilascio del Provvedimento ambientale unico regionale (P.A.U.R.).  
[L.R. 2/2021 e Delib.G.R. 11/75 del 2021. N. Reg. PAUR 23/22.]

*Integrazioni in seguito alla Conferenza Istruttoria del 22.06.2023*

## RELAZIONE INTEGRATIVA

### **ALLEGATI:**

- A – RILIEVI E INDAGINI AREE DI PRELIEVO
- B - ANALISI MODELLISTICHE INTEGRATIVE STUDIO METEOMARINO - DHI
- C – INT. RELAZIONE PAESAGGISTICA
- D – INT. ANALISI COSTI BENEFICI
- E – REV. PIANO DI MONITORAGGIO
- F – INT. CARATTERIZZAZIONE SEDIMENTI

**Dicembre 2023**

### **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. Dott. Ing. Andrea Pedroncini - Ing. Andrea Crosta

Dott.Geol. Giovanni Tilocca

MEDITERRANEA PROGETTI E FINANZA s.r.l. Prof.Dr.Ing. Giampaolo Siotto

---

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

Procedimento per il rilascio del Provvedimento ambientale unico regionale (P.A.U.R.). L.R. 2/2021 e Delib.G.R. 11/75 del 2021. N. Reg. PAUR 23/22.

**RELAZIONE INTEGRATIVA DICEMBRE 2023**

*Integrazioni in seguito alla Conferenza Istruttoria del 22.06.2023, richieste con nota - 24480 del 11/08/2023*

**SOMMARIO**

## PREMESSA

## INTRODUZIONE

## 1 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE - Punto 1 della nota 24480

## 1.1 – Interventi pregressi eseguiti

## 1.1.1 - Interventi eseguiti nel 2009

*Fig.1 - 2009 - Ricarica con sabbia proveniente da cave terrestri*

Effetti e durabilità degli interventi eseguiti nel 2009.

Considerazioni conclusive sugli interventi 2009

## 1.1.2 - Interventi eseguiti negli anni 2015 ÷ 2017

Rimozione dei geotubi e versamento sulla spiaggia emersa della sabbia alloctona di riempimento

Effetti e durabilità degli interventi eseguiti 2015 - 2017

Studi e progettazione

## 1.1.3 - Interventi eseguiti negli anni 2018 ÷ 2019

Lavori eseguiti 2018

Effetti e durabilità degli interventi eseguiti nel 2018

Lavori di manutenzione eseguiti nel 2019

Effetti e durabilità degli interventi eseguiti nel 2019

*Fig.2 - Stato del tratto di spiaggia Maggio 2019 (sn) Febbraio 2021 (ds)*

## 1.1.4 – Lavori eseguiti anni 2020 – 2021 – 2022 - 2023

Quota parte lavori eseguita nel 2020

Quota parte lavori eseguita nel 2021

Quota parte lavori eseguita nel 2022

Variante suppletiva non sostanziale lavori eseguiti nel 2023

*Fig.3 - Stato della spiaggia a Marzo 2023*

*Figg.4a-4b- Lavori in corso Luglio 2023*

## 1.2 - Valutazioni e considerazioni sulla efficacia delle opere di ripristino realizzate rispetto ai risultati attesi.

Effetti e durabilità delle “Opere di ripristino morfologico del litorale antistante il Forte Village Resort”

## 1.3 - Analisi dei dati di monitoraggio raccolti.

## 1.4 - Sintesi dell'evoluzione del litorale in esito ai monitoraggi morfologici e Conclusioni

*Fig.5 - Tendenze evolutive di medio periodo (10÷15 anni) e breve periodo (3÷4anni set\_2021)*

Conclusioni

## 2 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punto 2 della nota 24480

## 2.1 - Alternative di approvvigionamento sedimenti da cave terrestri

## 2.2 – Alternative di approvvigionamento di sabbia da cave sommerse.

*Fig.6 – Area di indagine e ricerca di giacimenti sedimentari*

*Fig.7 – Punti di prelievo di campionami di sabbie*

*Fig.8 – Esempio di campione prelevato*

## 3 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE - “Riallineamento gestito”. Punto 3 della nota 24480

*Fig.9 - Tipologia delle opere di contenimento del piede della scarpata e gradonature*

*Fig.10 - Muri di contenimento della scarpata costiera retrospiaggia*

*Fig.11 - Vista d'insieme delle strutture murarie adiacenti alla spiaggia*

*Fig.12 - Scarpata naturale nel limite SW della spiaggia del Forte Village*

*Fig.13 - Scarpata naturale litorale a SW*

*Fig.14 - Scarpata Naturale litorale a NE*

*Fig.15 - Profilo litostratigrafico schematico nel tratto costiero verso Cala Verde*

*Continua...*

---

... segue SOMMARIO

- 4 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Pennello “semitrasparente” - Punto 4 della nota 24480  
*Fig.16 - Stato attuale*  
*Fig.17 - Sovrapposizione opere in progetto*  
*Fig.18 - Scogli affioranti esistenti*
- 5 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punto 5 della nota 24480  
5.1 - Substrato roccioso e “sacche di intrappolamento dei sedimenti” (punto 5.1)  
*Fig. 19 - Relazione geologica Progetto 2018 (Fig.5)*  
5.2 – Aree di prelievo sedimenti (Punto 5.2 della nota 24480)  
5.3 – Chiarimenti sulla modellazione numerica e interpretazione risultati (Punto 5.3 della nota 24480)
- 6 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punto 6 della nota 24480
- 7 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punti 7-8-9 della nota 24480  
7.1 - Scenari di simulazione e modellazione implementati. Punto 7 della nota 24480 -  
7.2 - Criteri di base di dimensionamento delle opere di difesa. Punto 8 della nota 24480  
*Fig.19 - Circolazione indotta da una scogliera sommersa*  
*Fig.20 - Evoluzione attesa del litorale indotta da una scogliera sommersa*  
*Fig.21 – tipologia delle barriere soffolte*  
7.3 - Ripascimento “strutturale” dopo la costruzione delle barriere. Punto 9 della nota 24480  
*Fig.22 – Simulazione “worst case”*  
7.4 - Reiterazione del ripascimento nel tempo (punti 9.1, 9.2, 9.3 della nota 24480)
- 8 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Piano di dismissione delle opere (Punto 12 della nota 24480)  
8.1 - Opere da Rimuovere  
8.2 – Attività di rimozione e ripristino  
8.3 - Tempi e cronoprogramma  
8.4 - Gestione dei materiali  
8.5 - Stima dei costi di dismissione  
8.6 - Impatto ambientale delle opere di dismissione
- 9 - ASPETTI DI NATURA AMBIENTALE (Punto 1 della nota 24480) - Fornitura dei massi. Impatto dei trasporti sulla viabilità  
9.1 - Quantitativi di materiali di cava necessari  
*Dati relativi alla movimentazione di merci (t/anno) rilevate al Porto Canale di Cagliari (Aut.Portuale)*  
9.2 - Impatti trasportistici  
*Fig.23 - Porto canale punto di carico e aree di stoccaggio temporaneo e di attracco del M/pontone*  
9.3 - Considerazioni conclusive relativamente all’impatto veicolare e trasportistico.  
*Fig.24 - Percorsi di trasporto dei materiali di cava a terra (35 Km) e via mare ( 20 Nm)*
- 10 – ALTRE INTEGRAZIONI E CHIARIMENTI  
10.1 – Aspetti di natura progettuale - Rendering dell’intervento e aspetti di sicurezza (Punto 10 della nota 24480)  
10.2 - Aspetti di natura progettuale - Integrazione Analisi Costi Benefici (Punto 11 della nota 24480)  
10.3 - Aspetti di natura progettuale - Caratterizzazioni per immissione in mare. (Punto 13 della nota 24480)  
10.4 - Aspetti di natura ambientale - Integrazioni al Piano di Monitoraggio - (Punto 2 della nota 24480)  
10.5 - Aspetti di natura ambientale - Riconcontro alle note altri Enti - (Punto 3 della nota 24480)

---

ALLEGATI:

- A - RILIEVI E INDAGINI AREE DI PRELIEVO  
B - ANALISI MODELLISTICHE INTEGRATIVE ALLO STUDIO METEOMARINO - DHI  
C - INTEGRAZIONE RELAZIONE PAESAGGISTICA  
D - INTEGRAZIONE ANALISI COSTI BENEFICI  
E - INTEGRAZIONE PIANO DI MONITORAGGIO
-

---

**OPERE DI PROTEZIONE DELLA SPIAGGIA ANTISTANTE IL “FORTE VILLAGE RESORT”***RELAZIONE INTEGRATIVA - Integrazioni richieste con nota - 24480 del 11/08/2023***PREMESSA**

La società Progetto Esmeralda S.r.l. ha presentato in data 12/12/2022 istanza per il rilascio del P.A.U.R., che include la V.I.A., l'Autorizzazione paesaggistica e l'Autorizzazione all'immersione in mare di cui all'articolo 109 D.Lgs.152/06.

La documentazione progettuale a corredo dell'istanza è stata pubblicata, in data 12.12.2022, nel portale Sardegna Ambiente – Valutazioni ambientali.

Con note: n.3896 del 07/02/2023; 4309 del 09/02/2023 e n.7612 del 08/03/2023 sono stati richiesti alcuni documenti di completamento della documentazione progettuale che sono stati trasmessi in data 05/04/2023.

In seguito alle risultanze dell'istruttoria condotta dal Servizio Valutazione Impatti e Incidenze Ambientali dell' Ass. Regionale Difesa Ambiente, al contenuto delle note trasmesse dagli altri Enti<sup>1</sup> coinvolti nel procedimento e a quanto emerso nel corso della Conferenza Istruttoria (C.I.), svoltasi presso l' Ass. Regionale D.A. in data 22.06.2023, il Servizio Valutazione Impatti e Incidenze Ambientali dell' Ass. Regionale Difesa Ambiente con nota 24480 del 11/08/2023 ha richiesto ulteriori integrazioni documentali da presentare entro il 09/12/2023.

L'intervento si inserisce in una dinamica evolutiva del litorale che nel suo progredire ha determinato impatti negativi sul pregio paesaggistico e ambientale del litorale e sulla fruizione turistico-balneare della spiaggia. Tale dinamica in atto ha indotto la proponente a ripetuti interventi stagionali di manutenzione e risarcimento della spiaggia con caratteristiche eminentemente emergenziali che sono stati realizzati negli ultimi sei anni.

Obiettivo primario del progetto di cui trattasi è la salvaguardia degli aspetti ambientali e paesaggistici e delle esigenze di fruizione turistica della spiaggia; le opere proposte sono state studiate affinché la configurazione del litorale presenti una maggior resilienza, attenuando localmente la criticità delle dinamiche di trasporto sedimentario.

L'approccio progettuale ha integrato temi di geomorfologia, sedimentologia, idraulica marittima e ingegneria costiera, secondo le linee guida e gli studi di ricerca accademici, in continuo aggiornamento, relativi ai fenomeni di dinamica e di difesa delle coste e delle metodologie di adattamento e mitigazione dei danni.

Il progetto individua e propone alcune modifiche morfologiche minimali orientate ad attenuare nel medio periodo gli effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio e sulla balneazione causati dal fenomeno erosivo in atto e ridurre la necessità di interventi emergenziali annuali.

Le opere proposte sono da considerarsi pertanto quali opere di mitigazione e di salvaguardia delle caratteristiche di pregio ambientale e paesaggistico del litorale e della valenza turistica, iconica e di “*rêverie*”<sup>2</sup> della spiaggia.

I previsti monitoraggi pluriennali forniranno utili elementi per la gestione e manutenzione delle opere e le indicazioni per gli eventuali interventi adattativi e integrativi.

---

<sup>1</sup> Comune di Pula - Città metropolitana di Cagliari - Servizio tutela del paesaggio Sardegna meridionale - Servizio Territoriale Ispettorato Ripartimentale e del CFVA di Cagliari - Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna - ARPAS - Dipartimento di Cagliari e Medio Campidano - ARPAS - Area tecnico scientifica - Servizio del Genio civile di Cagliari - Soprintendenza archeologia belle arti e paesaggio, comp. per Città Metropol.Cagliari - ASL 8 Cagliari - Agenzia del Demanio Direzione territoriale della Sardegna Area Gov.patrim. Città Metropol.Cagliari - Capitaneria di Porto di Cagliari - Servizio Demanio e Patrimonio di Cagliari  
Servizio Pesca e Acquacoltura.

<sup>2</sup> 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.

## INTRODUZIONE

Per maggior chiarezza espositiva la presente Relazione Integrativa è stata redatta rispettando l'ordine e la sequenza delle richieste di integrazione di cui alla nota 24480 del 11/08/2023 del Servizio Valutazione Impatti e Incidenze Ambientali.

### **1 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE - Punto 1 della nota 24480**

Chiarimenti e approfondimenti in merito agli effetti delle opere eseguite.

#### **1.1 – Interventi pregressi eseguiti**

Nella relazione Tecnica di progetto sono stati descritti gli studi e gli interventi effettuati negli ultimi 20 anni finalizzati a conservare l'aspetto e le dimensioni funzionali della spiaggia e a contrastare gli effetti dell'erosione. Nella presente relazione si richiama la cronologia degli interventi fornendo ulteriori chiarimenti.

##### Studi e progetti pregressi:

- 2003 Progetto "Ripristino del litorale antistante il Forte Village Resort".
- 2006 Progetto "Messa in sicurezza del litorale antistante il Forte Village Resort" con installazione di barriere soffolte realizzate con geotubi riempiti di sabbia di cava.

#### ***1.1.1 - Interventi eseguiti nel 2009***

E' stato realizzato un ripascimento della spiaggia di fronte al Forte Village (*progetto 2003 che prevedeva l'apporto di 15.000m<sup>3</sup> di sabbia di cava*). Nel mese di aprile furono sversati 1.491m<sup>3</sup> di sabbia proveniente da cave a terra (Badesi SS). L'intervento ha consentito di migliorare le condizioni del litorale con particolare riferimento al ricoprimento delle fondazioni delle opere di delimitazione della struttura alberghiera che risultavano totalmente scoperte. L'apporto da terra ha comportato notevoli difficoltà operative relative all'approvvigionamento della sabbia e alla accessibilità all'arenile.



**Fig.1 - 2009 - Ricarica con sabbia proveniente da cave terrestri**

Nello stesso anno fu realizzato un progetto di "Messa in sicurezza del litorale antistante i Forte Village (progetto 2006) e fu installata (Maggio 2009) una barriera composta da 7 geotubi riempiti di sabbia di cava.

Il progetto era stato preceduto da una registrazione di 7 mesi circa (01/12/2005 – 13/06/2006) di moto ondoso e correnti. Le barriere sono state installate non sempre raggiungendo la quota prevista in progetto per i a -0,5 metri dal LMM.

In seguito della realizzazione della barriera di geotubi è stato effettuato un monitoraggio delle caratteristiche morfologiche e ambientali. Il monitoraggio fu approvato con nota prot. 23117 del 16/09/2008. I risultati del monitoraggio hanno 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) rilievo geomorfologico della linea di riva e delle batimetrie; d) qualità delle acque marine.

#### Effetti e durabilità degli interventi eseguiti nel 2009.

Nell'anno successivo alla realizzazione delle barriere (2010), si è rilevato un effetto benefico sulla spiaggia emersa con un miglioramento apparente della stabilità e un localizzato avanzamento della linea di riva.

L'anno successivo (2011) si è constatato un apparente effetto locale nella zona protetta dalle barriere con sostanziale stabilità e un modesto arretramento della spiaggia verso SW; la variabilità stagionale tipica non ha consentito tuttavia una correlazione certa e una significativa quantificazione di tali tendenze apparenti. Le ispezioni effettuate sulle barriere esistenti hanno evidenziato il generale abbassamento della quota sommitale dei geotubi. Nel mese di Giugno 2012 si è registrato un marcato avanzamento del tratto di litorale protetto dalle barriere rispetto alla situazione ante opera.

#### Considerazioni conclusive sugli interventi 2009

L'apporto di sabbie da cave terrestri ha evidenziato numerose criticità: le difficoltà di accesso puntuale all'arenile, la necessità di impiegare mezzi di piccole dimensioni per evitare un eccessivo carico sulla spiaggia, i tempi di approvvigionamento, la distanza delle cave di prestito e non ultima la eccessiva onerosità.

Per quanto riguarda la installazione della barriera di geotubi si è evidenziata la scarsa durabilità della barriera nelle condizioni annuali di esposizione al moto ondoso del paraggio.

Le criticità in termini di mantenimento delle quote di progetto dei geotubi e le concomitanti condizioni meteomarine favorevoli osservate, non hanno consentito di trarre sufficienti elementi di correlazione tra l'installazione della barriera e le diverse condizioni della spiaggia. Nel primo anno di installazione è stata osservata una apparente efficacia (dal maggio 2009 all'estate 2010). Le buone condizioni iniziali estive della spiaggia (2009) hanno contribuito a una maggior resilienza del tratto di spiaggia protetto, negli inverni successivi (2010÷2011) non si sono verificate criticità sulle fondazioni delle strutture. Tuttavia la scarsa durabilità soprattutto dimensionale dei geotubi ha portato a valutazioni non sufficientemente significative della effettiva efficacia della barriera (condizioni disomogenee e periodo di osservazione non sufficiente).

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 alla installazione delle barriere.

#### **1.1.2 - Interventi eseguiti negli anni 2015 ÷ 2017**

##### Rimozione dei geotubi e versamento sulla spiaggia emersa della sabbia alloctona di riempimento

In seguito a una importante mareggiata (mareggiata del 1-7 marzo 2013) che aveva irrimediabilmente compromesso le barriere e conseguentemente ogni loro efficacia, fu predisposta la "rimozione dei geotubi con versamento sulla spiaggia delle sabbie di riempimento". I lavori sono stati realizzati in parte nel 2015 (volume di sedimenti stimato di circa 800m<sup>3</sup>) e completati nel 2017 (volume stimato circa 600m<sup>3</sup>).

#### Effetti e durabilità degli interventi eseguiti 2015 - 2017



La rimozione dei geotubi ormai inefficaci non ha comportato particolari criticità. I modesti volumi di sabbia recuperati dai geotubi e riversati a terra sono stati principalmente destinati alla parte di retrospiaggia a ricoprimento di alcune fondazioni murarie più esposte dalle mareggiate invernali.

#### Attività di progettazione

Nel mese di 2017 (Ottobre) è stato presentato un “Progetto di manutenzione periodica del litorale antistante il Forte Village Resort” che riguardava la “manutenzione periodica del litorale con un intervento di ripascimento annuale di media entità ai sensi del D.M. 173/2016” con la finalità di riportare entro la primavera 2019 la spiaggia emersa e la linea di battigia ad una delle buone configurazioni degli anni precedenti rappresentativa della memoria storica della spiaggia.

Il progetto proponeva un piano di monitoraggi sulla base dei quali mettere a punto le strategie ottimali per la gestione del litorale in una prospettiva manutentiva pluriennale.

La Giunta Regionale ha deliberato di assoggettare tale progetto a procedura di VIA (DGR 12/21 del 06.03.2018).

#### **1.1.3 - Interventi eseguiti negli anni 2018 ÷ 2019**

##### Lavori eseguiti 2018

Nel corso della stagione invernale 2017/2018 si è acuito lo stato di criticità con un significativo arretramento della spiaggia, compromettendo l’agibilità dell’arenile e determinando uno stato di criticità alle opere murarie di contenimento della scarpata e ad alcuni accessi al mare, non compatibile con la usuale fruizione della spiaggia.

Nelle more di ampliamento e completamento degli studi e delle valutazioni ambientali, relative al più ampio intervento da sottoporre a procedura di VIA, è stato predisposto un intervento a carattere temporaneo di ricarica della spiaggia nel punto di maggior dissesto, ripristinando condizioni minimali di accessibilità e di sicurezza in vista della imminente stagione balneare.

L’intervento ha riguardato un breve tratto di litorale (circa 1300m) situato all’interno alla concessione demaniale del Forte Village, in cui l’erosione aveva esposto il substrato roccioso e la fondazione di alcune opere murarie e alterato le caratteristiche modali del litorale con un accentuazione localizzata dell’erosione dovuta all’effetto riflettente del moto ondoso sulle strutture murarie rigide.

L’intervento è stato eseguito nei mesi di giugno e luglio 2018 mediante la movimentazione di circa 1.000m<sup>3</sup> di sedimenti sabbiosi nello stesso ambito, prelevati dalla spiaggia sommersa e depositati sulla spiaggia emersa, mediante pompe draganti.

##### Effetti e durabilità degli interventi eseguiti nel 2018

L’effetto dei lavori è stato positivo, in quanto la pur modesta ricarica effettuata ha consentito di ricostituire il tratto di spiaggia di fronte alle murature esposte al moto ondoso ripristinando la continuità modale della spiaggia e la conseguente risposta alle correnti di trasporto sedimentario eliminando la turbativa puntuale.

La durata dell’intervento, come peraltro ampiamente previsto, si è esaurita nei mesi invernali e già dal mese di marzo 2019 è risultata evidente la necessità di riproporre le opere di manutenzione.

Nel mese di Dicembre 2018 [prot DGA 2700 del 14.12.2018] è stata presentata l’istanza di valutazione di impatto ambientale (V.I.A.) per l’intervento “Opere di ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village Resort”; riproposizione integrata e ampliata del “Progetto di manutenzione periodica presentato a Ottobre 2017”.

Lavori di manutenzione eseguiti nel 2019 - Le misurazioni effettuate a maggio hanno evidenziato un maggior deficit sedimentario rispetto a quello rilevato nell’anno precedente, dovuto in gran parte a condizioni climatiche invernali

particolarmente piovose che hanno determinato un depauperamento del volume di sabbia sulla spiaggia con la formazione di importanti solchi di erosione; inoltre una eccezionale violenta mareggiata di scirocco a fine aprile 2019 ha determinato un notevole arretramento della linea di battigia in tutta la spiaggia.

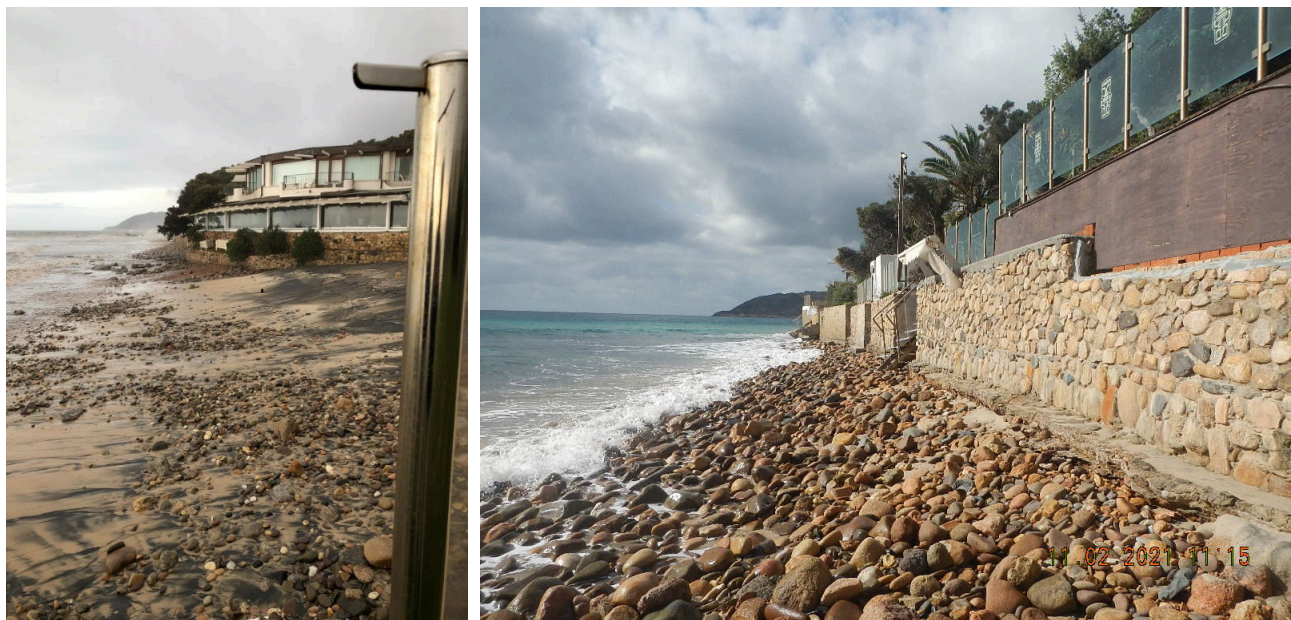
Essendo ancora in itinere la procedura di VIA del progetto presentato a Dicembre 2018, e visto l'esito dei lavori dell'anno precedente, il concessionario Forte Village ha riproposto un intervento manutentivo con modalità analoghe a quelle dell'estate 2018.

I lavori hanno avuto inizio il 19 Giugno 2019, le misure di determinazione dei volumi necessari a colmare i solchi di erosione e a ricostituire superficie e volume della spiaggia ha portato a una stima preventiva di circa 5.000m<sup>3</sup>. I lavori si sono protratti fino al 10 Agosto con una movimentazione complessiva di circa 4.500 m<sup>3</sup> di sabbia.

#### Effetti e durabilità degli interventi eseguiti nel 2019.

L'effetto dei lavori è stato analogo a quello dell'anno precedente. Positivo nel breve termine, consentendo di ripristinare condizioni sufficienti di fruibilità balneare della spiaggia ma con durata limitata alla buona stagione, confermando con piena evidenza che le operazioni di manutenzione e ricarica della spiaggia come eseguite nelle estati 2018 e 2019 costituiscono un approccio manutentivo eminentemente emergenziale.

Infatti, le caratteristiche meteoclimatiche del paraggio con mareggiate "invernali" ai fini erosivi che si protraggono fino a tarda primavera, restringono il periodo utile per effettuare i lavori di manutenzione, al primo mese d'estate che mal si concilia con le esigenze di fruizione stagionale. Ciò costringe a operare in orari notturni, con alti costi sproporzionati rispetto alla effimera durata delle opere e con tutte le criticità anche burocratico-autorizzative tipiche delle situazioni di emergenza.



**Fig.2 - Stato del tratto di spiaggia Maggio 2019 (sn) Febbraio 2021 (ds)**

**1.1.4 – Lavori eseguiti anni 2020 – 2021 – 2022 - 2023 - Esecuzione dei lavori di “Ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village Resort”** Autorizzati a dicembre 2019 in esito alla procedura di VIA.



Il progetto presentato nel 2018 “Opere di ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village Resort”, conclusa positivamente la procedura di VIA (DGR 37/35 del 19 settembre 2019) è stato Autorizzato nel mese di dicembre 2019 (Prov. Comunale n.97 del 30-12-2019).

Il progetto è la riproposizione integrata e ampliata del “Progetto di manutenzione periodica 10/2017” e prevede la “ricarica” della spiaggia mediante la movimentazione di 26.000m<sup>3</sup> di sedimenti sabbiosi con prelievo dalla spiaggia sommersa.

La relazione geologica e lo studio meteomarinario evidenziano che non si tratta di un intervento strutturale.

Il progetto delle opere prevede i seguenti lavori:

- Movimentazione di circa 27.000m<sup>3</sup> di sabbia prelevati dalla spiaggia sommersa negli specchi acquei antistanti e depositati sulla spiaggia emersa (*movimentazione di sedimenti nativi nello stesso ambito*).
- Realizzazione di una protezione “radente” in massi naturali di 200÷500kg al piede delle strutture del Resort più esposte all’azione del moto ondoso.
- Opere di ripristino e naturalistiche al contorno

Nel progetto è ribadito il carattere manutentivo dell’opera e nello studio meteomarinario è evidenziato che il quantitativo di sedimenti di riprofilamento della spiaggia è soggetto al rimaneggiamento durante la stagione invernale con la dichiarata conseguente necessità della ripetizione periodica dell’intervento.

#### Quota parte lavori eseguita nel 2020

Anche per motivi legati alle incertezze del periodo della pandemia Covid 19, i lavori di “Ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village” autorizzati a Dicembre 2019 sono stati avviati tardivamente nei mesi di luglio/agosto 2020 con una variante riguardante 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 60m<sup>3</sup> di sabbia). I lavori di movimentazione dei sedimenti hanno riguardato un volume complessivo di circa 8.000m<sup>3</sup> compresi i volumi di riempimento dei geotubi. I lavori sono stati sospesi il 12 agosto.

#### Quota parte lavori eseguita nel 2021

Nei mesi di Febbraio/Marzo è stata realizzata una scogliera radente a protezione del piede dei muri di contenimento della scarpata nel punto maggiormente esposto alla azione del moto ondoso; lo sviluppo complessivo della scogliera è di circa 30 metri, realizzata mediante apporto di massi di granito previo scavo di una trincea di allocazione e il riporto della sabbia di scavo sulla berma a scogliera.

Nei mesi di Luglio/Agosto sono stati ripresi i lavori di ricarica della spiaggia. Sono stati movimentati circa 13.000m<sup>3</sup>. I lavori di ricarica eseguiti nel 2021 hanno determinato l’avanzamento della linea di battigia a valori prossimi a quelli ottimali previsti in progetto.

#### Quota parte lavori eseguita nel 2022

La configurazione della spiaggia ottenuta con i lavori del 2021 in virtù delle maggiori quantità ha avuto complessivamente una maggior durata, i monitoraggi hanno tuttavia evidenziato in alcuni tratti situazioni di criticità e anche nel 2022 è stato comunque necessario intervenire a ridosso della stagione estiva con un quantitativo “manutentivo” di circa 5.000m<sup>3</sup> sufficiente a ripristinare condizioni di continuità della spiaggia e superfici minimali di fruibilità.

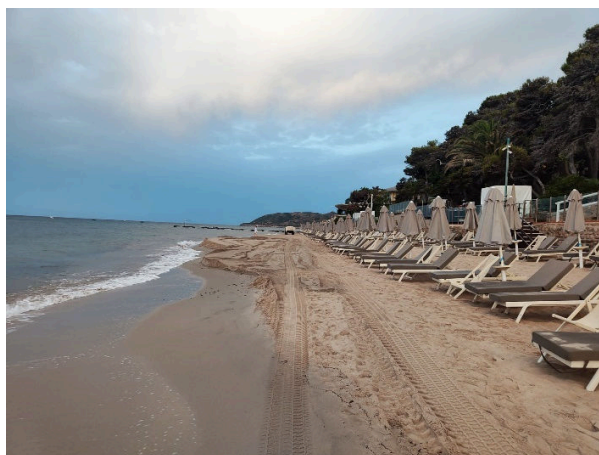
### Variante suppletiva non sostanziale lavori eseguiti nel 2023

Nei mesi di Febbraio/Marzo 2023 il monitoraggio della spiaggia ha evidenziato una condizione di deficit volumetrico analogo a quello dell'anno precedente ed è stata richiesta l'autorizzazione ad eseguire una ricarica suppletiva di circa 5.000m<sup>3</sup> con le stesse modalità del progetto approvato.

Nell'estate 2023 nei mesi di luglio e agosto è stata effettuata la movimentazione di circa 4.000 m<sup>3</sup> di sabbia con le stesse modalità degli anni precedenti.



**Fig.3 - Stato della spiaggia a Marzo 2023**



**Fig.4a - Lavori in corso Luglio 2023**



**Fig.4b - Lavori in corso Luglio 2023**

### **1.2 - Valutazioni e considerazioni sulla efficacia delle opere di ripristino realizzate rispetto ai risultati attesi.**

#### **Effetti e durabilità delle “Opere di ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village Resort”**

Gli interventi di ricarica della spiaggia, eseguiti annualmente, consistiti sostanzialmente nel riporto a terra di sabbia prelevata dalla spiaggia sommersa, hanno sopperito al depauperamento stagionale dimensionale e volumetrico

dell'arenile nella stagione invernale e per ogni annualità hanno consentito di disporre di una spiaggia fruibile nella stagione estiva.

Trattandosi di un INTERVENTO DI MANUTENZIONE PERIODICA ED ANNUALE il progetto 2018 autorizzato a Dicembre 2019 non prevedeva alcun effetto “strutturale” di contrasto all’erosione, infatti nel progetto<sup>3</sup> è previsto:

*“che il quantitativo di sedimenti che si intende riportare per il riprofilamento della spiaggia, sarà completamente rimaneggiato durante la stagione invernale e pertanto negli anni successivi al primo intervento potrà essere necessaria la sua ripetizione... La necessità di ripetere l’intervento e la sua entità saranno stabiliti ogni anno in funzione di un rilievo batimetrico e topografico che consenta di determinare gli effettivi quantitativi di sedimento necessari”.*

Il progetto di manutenzione realizzato si è limitato a “spostare” sedimenti sabbiosi senza stabilizzarli, al solo scopo di sopperire al deficit sedimentario e incrementare la superficie della spiaggia per far fronte alla stagione estiva.

Nel complesso, i lavori eseguiti secondo il progetto 2018, eseguiti in un arco temporale di 3÷4 anni, hanno assolto con sufficiente efficacia alle finalità previste.

I lavori di ricarica della spiaggia previsti in progetto hanno avuto inizio tardivo nel 2020 (causa Covid19) che ha limitato il quantitativo di sabbia di ricarica a valori simili a quello dell’intervento temporaneo in emergenza eseguito nell’anno precedente (lavori emergenziali 2019).

La installazione della barriera provvisoria di geotubi (2020) ha contribuito nel breve termine a una minor dispersione dei sedimenti e un miglioramento temporaneo della resilienza della spiaggia nel periodo invernale; nella primavera del 2021 l’abbassamento della quota sommitale della barriera ne ha inficiato ogni effetto.

I lavori sono stati “ultimati” negli anni successivi, tuttavia piuttosto che di “ultimazione” dei lavori in progetto si è trattato di reiterazione parziale degli interventi di progetto con carattere eminentemente manutentivo.

Rispetto agli interventi eseguiti nelle estati 2018 e 2019 eminentemente emergenziali, questo approccio con valenza di manutenzione programmata, ha tuttavia palesato in fase esecutiva diverse criticità intrinseche che hanno caratterizzato e condizionato l’andamento ottimale dei lavori.

In particolare si evidenziano in modo non esaustivo le seguenti principali criticità operative e gestionali:

necessità di eseguire gli interventi risarcitori e manutentivi dopo le mareggiate di tipo “invernale” che spesso si manifestano con violenza fino a tarda primavera;

conseguente difficoltà nel conciliare i tempi dei lavori con l'imminenza della stagione costringendo a svolgere i lavori durante la stagione balneare operando in orari notturni (dalle 21:00 alle 06:00);

maggiori difficoltà dovute alla necessità di mobilitare e smobilitare quotidianamente tutte le attrezzature: draganti, provvisorie e di sicurezza e riprofilare giornalmente la spiaggia per avere al mattino la spiaggia pronta alla fruizione balneare e all’allestimento (ombrelloni e lettini);

difficoltà collaterali dovute a: tempistiche burocratico-autorizzative; difficoltà logistiche di movimentazione e stazionamento in porto dei mezzi d’opera marittimi e terrestri nel periodo di maggior traffico diportistico; orari e turni di lavoro straordinari per eseguire i lavori, la sorveglianza e la sicurezza del cantiere e relativi maggiori costi;

tali condizioni operative massimizzano le criticità intrinseche alla tipologia di lavori: il prelievo di sabbia dai fondali per strati sottili, condiziona le dimensioni delle attrezzature di dragaggio, limitando il potenziale di movimentazione, non poter lavorare su più turni nell’arco di 24 ore espone maggiormente il risultato della ricarica all’effetto di

---

<sup>3</sup> pag.1 e seguenti della “A-Relazione illustrativa” del progetto 12/12/2018, autorizzato dic-2019 in esito alla proc.di VIA.

dispersione e anche in presenza di mareggiate estive di modesta entità che, come evidenziato nel progetto<sup>4</sup> hanno impatti significativi sulla variazioni della linea di battigia.

### **1.3 - Analisi dei dati di monitoraggio raccolti.**

I dati dei monitoraggi eseguiti in relazione agli interventi susseguiti nel corso del tempo hanno evidenziato:

- Sostanziale assenza di variazioni della qualità chimico-fisica delle acque marine nello specchio acqueo interessato dai lavori.
- Sostanziale assenza di variazioni significative sui popolamenti fito-zoo-bentonici e sostanziale stabilità delle matte isolate di Posidonia e della posizione del Posidonieto situato 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) e la correlazione con i dati meteomarinari e ondametrici si è meglio verificata 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 effettuate puntualmente in corrispondenza delle mareggiate invernali hanno evidenziato che nel corso di una sola mareggiata di media intensità, nell'arco di uno/due giorni, si possono mobilitare volumi di sedimenti importanti dell'ordine di circa  $20 \div 30 \text{ m}^3$  su un metro di litorale (nel tratto di spiaggia oggetto degli interventi sono stati stimati movimenti puntuali di volumi dell'ordine di grandezza di  $10.000 \div 15.000 \text{ m}^3$ ).

I lavori eseguiti e le modalità esecutive hanno comportato la movimentazione in senso utile di volumi di sedimenti quantitativamente modesti in relazione al tempo impiegato (volumi movimentati nell'unità di tempo) e paragonabili al quantitativo movimentato dall'azione naturale del mare con condizioni meteomarine di media-bassa intensità.

Il monitoraggio (con ecoscandaglio) delle aree di prelievo prima durante e dopo i lavori ha evidenziato la tendenza delle aree di prelievo a livellarsi piuttosto rapidamente col fondale sabbioso mobile circostante con variabilità correlata alla batimetria del fondale e allo stato del mare.

Le stime effettuate annualmente sul potenziale di sedimenti disponibili nelle aree di prelievo hanno fornito costantemente risultati analoghi alle previsioni preliminari, facendo ritenere che le sacche di "intrappolamento" dei sedimenti tendano a ricostituirsi nella stagione invernale intercettando e trattenendo gli stessi sedimenti movimentati per la ricarica della spiaggia emersa.

Che la dinamica di dispersione dei sedimenti "cross-shore" verso il largo si esaurisca all'interno della profondità di chiusura della spiaggia, e quindi nel fondale caratterizzato dalla alternanza di scogli e sacche sedimentarie, è confermata anche dalla totale assenza di turbative nelle matte di posidonia nei fondali prospicienti la riva presenti oltre la isobata -5,00.

Per quanto riguarda i risultati dei monitoraggi effettuati e i dati dettagliati, si rimanda agli elaborati relativi regolarmente 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.

---

<sup>4</sup> pag.10 della "A-Relazione illustrativa" del progetto 12/12/2018.



#### 1.4 - Sintesi dell'evoluzione del litorale in esito ai monitoraggi morfologici e Conclusioni

Nel progetto 2018, è stata ricostruita nel lungo periodo l'evoluzione della linea di riva; l'analisi storica delle variazioni delle linee di riva, riportato nell'apposito elaborato grafico, (Tav.4) evidenzia il complessivo e progressivo arretramento della linea di battigia in tutta l'unità fisiografica.

Il confronto tra le linee di riva 1943÷2017 evidenzia una riduzione complessiva della superficie di spiaggia pari a circa 42.000m<sup>2</sup>, mentre il confronto tra le linee di riva 1968÷2017 evidenzia una riduzione della superficie di spiaggia di circa 15.000m<sup>2</sup>. Al netto delle approssimazioni di georeferenziazione e di deformazione dei rilievi aerofotogrammetrici è piuttosto evidente il progressivo deficit sedimentario.

L'intera unità fisiografica costituita dai segmenti A, B, C, D, rappresentati nella figura seguente, storicamente, fino agli anni 70 del secolo scorso, costituiva un'ampia spiaggia compresa tra due promontori a scogliera.



**Fig.5 - Tendenze evolutive di medio periodo (10÷15 anni) e breve periodo (3÷4anni set\_2021)**

La riduzione volumetrica progressiva del volume sedimenti nei fondali antistanti il litorale ha fatto emergere formazioni geologiche in precedenza non visibili, segnatamente il substrato roccioso nella parte NE dell'unità fisiografica (tratto C).

Questa modifica "recente" dell'assetto geomorfologico del litorale ha reso maggiormente evidente la complessità della spiaggia e nel corso del tempo la dinamica stagionale dei sedimenti nella parte NE, già differenziata si è acuita maggiormente rispetto al fenomeno erosivo della spiaggia a SW.

Nel medio periodo fino allo stato attuale l'evoluzione della linea di costa può essere sintetizzata come segue:

A - B: Questo tratto del litorale ha mantenuto la dinamica tipica della spiaggia ad arco originaria con variazioni stagionali e su scala pluriennale di 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 pluriennale (nel medio periodo la componente prevalentemente erosiva registrata nel lungo periodo è meno evidente) tale comportamento è confermato nel breve termine dai monitoraggi effettuati con formazione invernale di una barra litoranea marcata, l'alternanza di sporgenze e arretramenti e un andamento estivo di progradazione a spese della barra, tendente a ripristinare l'andamento ad ampia arcata. Nel tratto A (SW) si è registrata nel 2020/2022 una prevalenza dell'accrescimento della spiaggia.



- C: In questo tratto di spiaggia si è registrata una prevalenza dei fenomeni di arretramento con riduzione progressiva dell'avanzamento stagionale estivo che negli ultimi 15 anni si è rivelato insufficiente a ripristinare le condizioni degli anni precedenti. I fenomeni di arretramento invernali e l'insufficiente ripristino della spiaggia "estiva" si sono palesati e poi accentuati a causa della progressiva differenziazione di questo tratto di spiaggia dovuto all'arretramento generale della spiaggia ad arco a causa dell'assottigliamento dello strato sedimentario complessivo della spiaggia e dell'affioramento nei fondali antistanti del substrato roccioso. I lavori di ricarica della spiaggia, eseguiti in diversa misura negli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 con valenza manutentiva stagionale hanno efficacemente sopperito alla naturale azione del mare.
- D: In questo tratto di spiaggia si è registrata una tendenza evolutiva di accrescimento evidentemente dovuta all'instaurarsi di nuovi equilibri dopo la costruzione delle opere aggettanti del porticciolo di Calaverde che intercetta il trasporto litoraneo dei sedimenti in direzione SW→NE, tale fenomeno tuttora in atto ha contribuito al depauperamento del resto della spiaggia e in particolare del tratto C.
- Negli anni 2018, 2019, 2020, 2022, 2023, (ricarica massima annuale di circa 5.000m<sup>3</sup>) il monitoraggio della linea di riva non ha messo in evidenza in modo certo e significativo un incremento di tale tendenza di accrescimento in seguito ai lavori di ricarica del tratto C adiacente.
- In seguito ai lavori eseguiti nel 2021 (ricarica di circa 13.000m<sup>3</sup> effettuata nel tratto C), nella primavera del 2022 nel tratto D adiacente si è potuto verificare un modesto ma significativo incremento della linea di riva.

Conclusioni: In conclusione si evidenzia che:

- gli studi e le analisi eseguite sul litorale, sulla base dei quali sono stati progettati gli interventi manutentivi hanno avuto piena conferma nei risultati del monitoraggio, in particolare per quanto riguarda la durabilità stagionale dei lavori di riprofilatura e ricarica della spiaggia con movimentazione di sedimenti nello stesso ambito;
  - le ragioni della "nuova" progettazione non sono pertanto motivate da *"discostamento dell'efficacia delle opere realizzate rispetto ai risultati attesi"* ma risiedono: in parte nelle criticità logistico-operative sopra menzionate, ma principalmente nella consapevolezza di non poter protrarre indefinitamente a lungo termine interventi manutentivi di riprofilatura e ricarica della spiaggia con movimentazione di sedimenti nello stesso ambito.
- Infatti: i quantitativi di sedimenti movimentati annualmente, se pur modesti rispetto al potenziale complessivo del giacimento sedimentario sommerso, non ritornano totalmente a ricostituire i giacimenti di prelievo, mediante la dispersione a causa di un certo rateo di dispersione longitudinale e nel lungo termine il giacimento sedimentario della spiaggia sommersa potrebbe subire un depauperamento sensibile;
- la limitata profondità di spiaggia implica che con frequenza non trascurabile la risalita dell'onda sia in grado di raggiungere il piede della scarpata di retrospiaggia, innescando così fenomeni di riflessione; una maggiore profondità dell'arenile (vedi lavori 2021) riduce il fenomeno e mitiga gli effetti erosivi collegati, ma la durata stagionale degli interventi rende evidente la necessità di opere di protezione del ripascimento.

## **2 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punto 2 della nota 24480**

### **2.1 - Alternative di approvvigionamento sedimenti da cave terrestri**

L'ipotesi di effettuare il ripascimento approvvigionando la sabbia da cave terrestri si ritiene di difficile attuazione per i seguenti motivi.

- l'accesso alla spiaggia di mezzi pesanti (portata 30 tonnellate) con capacità di 15÷18 m<sup>3</sup> di sabbia è possibile solo in due punti situati a distanza l'uno dall'altro di circa 600 metri;
- la distribuzione della sabbia sull'arenile dovrebbe poi avvenire mediante operazioni di carico e trasporto secondario con impiego di mini-dumper o pale meccaniche leggere con portata di carico di circa 1,5 tonnellate (0,8÷0,9 m<sup>3</sup>);

- ipotizzando un ripascimento di 5.000 m<sup>3</sup> (8.000 tonnellate di sabbia) dovrebbero essere scaricati alle due estremità della spiaggia circa 270 camion articolati (tre assi) con una frequenza di circa 8÷10 viaggi al giorno per oltre un mese.
- anche nell'ipotesi di svolgere l'attività di distribuzione secondaria sull'arenile, impiegando 4 mini-dumper e/o pale meccaniche, contemporaneamente, due per ogni lato della spiaggia, nell'ipotesi che ciascun mezzo riesca a effettuare in un giorno circa 40 movimentazioni (carico, trasporto, distribuzione/stesura), la produzione massima giornaliera di ripascimento sarebbe dell'ordine di 150m<sup>3</sup> (0,9 metri cubi x 40 viaggi x 4 mezzi) e la distribuzione di 5.000m<sup>3</sup> di sabbia richiederebbe oltre un mese di tempo; (non trascurando l'impatto sull'arenile dovuto all'intenso traffico dei mezzi leggeri);
- le strade di accesso all'arenile non sono nella disponibilità del proponente ma sono di pertinenza di comprensori residenziali privati ad uso turistico e non hanno caratteristiche idonee a sopportare il traffico intensivo di mezzi pesanti;
- le cave di sabbia compatibile sono situate a circa 300 km di distanza (Badesi SS).

## **2.2 – Alternative di approvvigionamento di sedimenti da giacimenti sedimentari sommersi**

La ricerca di bacini sommersi di sabbia da utilizzare per il ripascimento del litorale Santa Margherita di Pula sono stati avviati.

Le attività svolte e quelle programmate sono state avviate sulla base di uno studio a tavolino effettuato nel 2015 e dai risultati delle indagini che ne sono seguite.

Sono state avviate alcune campagne di ricognizione a vasto raggio durante le quali sono stati effettuati, rilievi batimetrici, morfologici e geofisici per individuare i sistemi deposizionali e la presenza di giacimenti sedimentari suscettibili di essere utilizzati quali cave di prelievo di sabbie.

Per ovvie ragioni di economicità, fattibilità e ambientali, si è ipotizzato di concentrare le ricerche in un'area non troppo distante dal sito di conferimento.

Dopo una prima fase di reperimento di dati in letteratura, di esperienze pregresse e di analisi, si è individuato come area target uno specchio acqueo pari a circa 1.100 ettari delle che, per una larghezza di circa 1.000 m parte dalle prospicienze del Forte Village fino all'insenatura di Capo Malfatano per una lunghezza di circa 11 km su profondità che vanno dai -35 m ai -60 m.

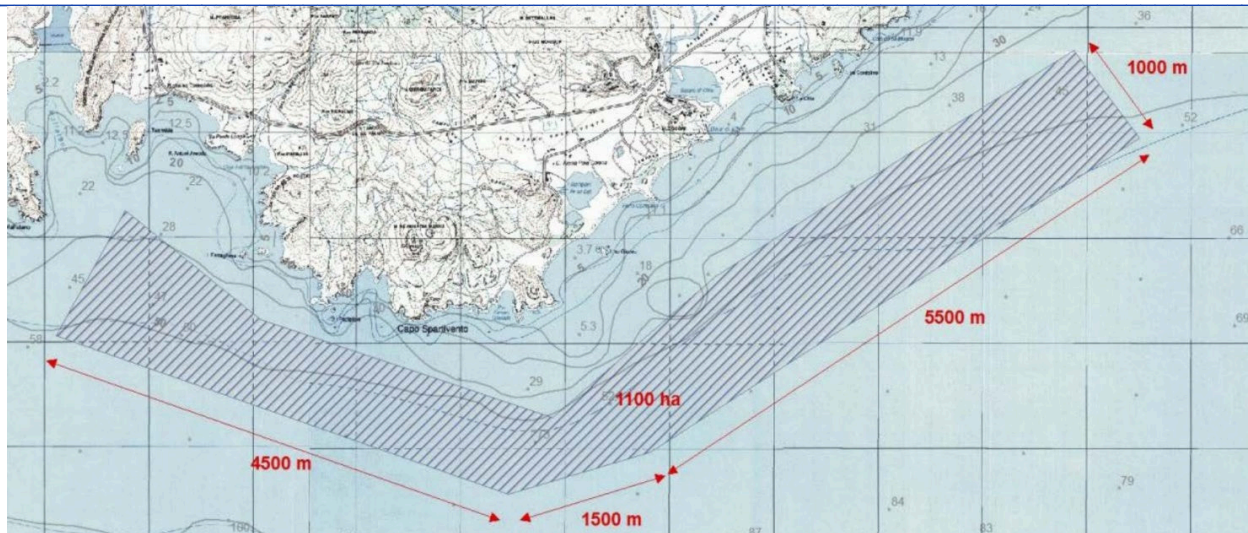
Una volta individuata l'area di indagine si è provveduto alla determinazione su carta dei possibili target ove procedere al prelievo superficiale di sedimenti con benna tipo Van Veen.

La campagna di indagini è stata accompagnata e integrata da prelievi di sedimenti dai fondali marini con benna superficiale e su alcune zone in cui i sedimenti si sono rivelati a un primo esame visivo potenzialmente compatibili con il sito di Santa Margherita, sono stati eseguiti approfondimenti mediante carotaggi seguiti da analisi mineralogiche e petrografiche.

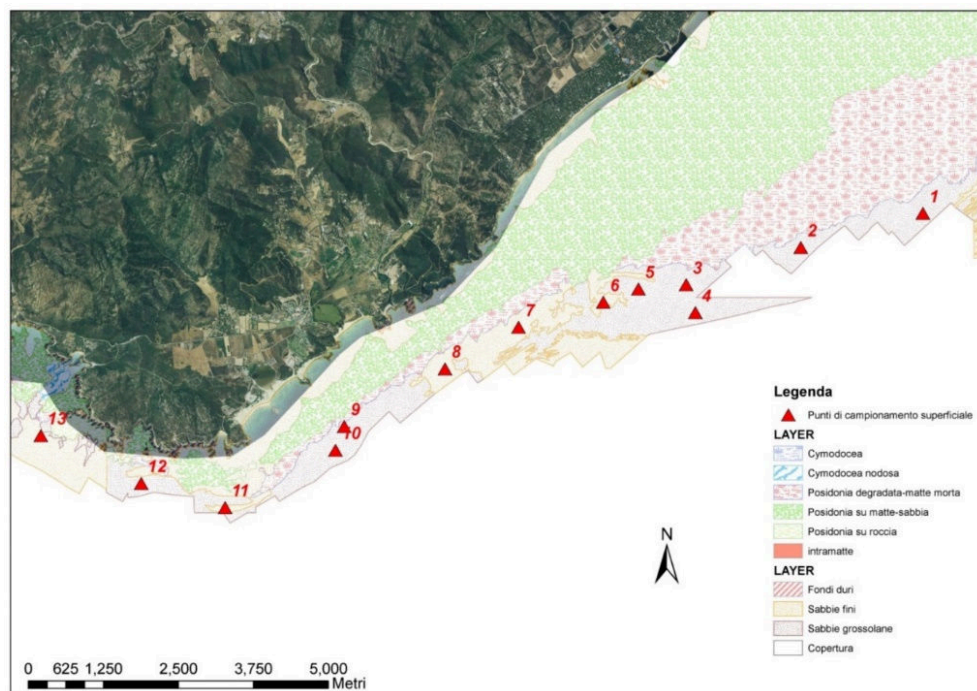
In totale sono stati effettuati 13 prelievi superficiali all'interno dell'area precedentemente individuata che hanno dato valide indicazioni circa le aree su cui approfondire le successive analisi e rilievi.

Alcuni dei campioni sono apparsi da subito inadatti al possibile utilizzo. Altri sono parsi potenzialmente compatibili, in particolare, quelli prelevati nei pressi di Capo Spartivento.

Sui fondali individuati a profondità comprese tra -37 m e i -47 m sono stati effettuati brevi carotaggi e prelievo di campioni sui quali sono state effettuate da analisi mineralogiche, petrografiche, granulometriche e colorimetriche per approfondire e valutare la possibile compatibilità con quelle del Forte Village.



**Fig.6 – Area di indagine e ricerca di giacimenti sedimentari**



**Fig.7 – Punti di prelievo di campioni di sabbie**

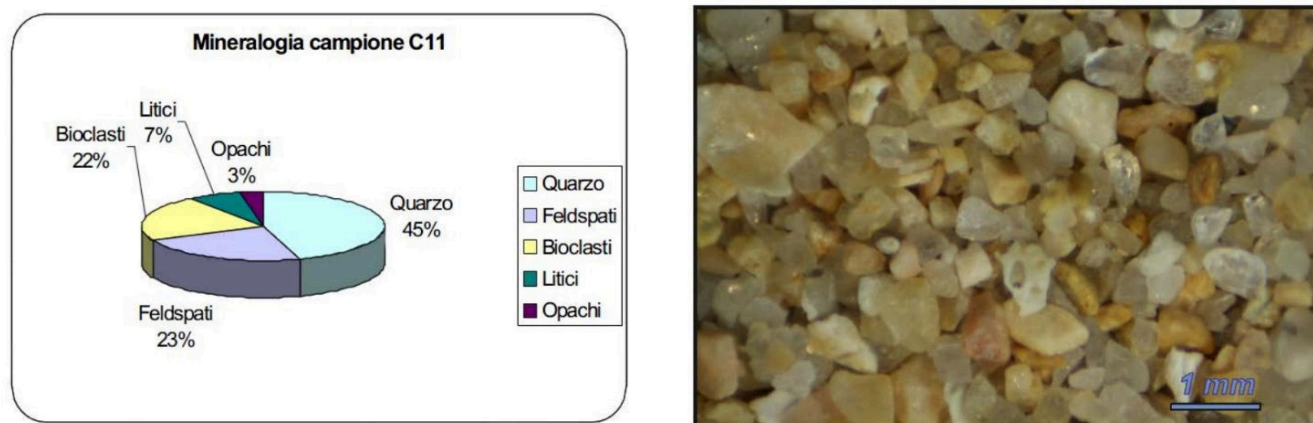
Gli unici campionamenti potenzialmente compatibili sono risultati i seguenti:

9 - Sabbia media moderatamente assortita di colore chiaro di gradevole aspetto. Potenzialmente compatibile, previa ulteriori analisi con quella del Forte Village, granulometria critica.

10 - Sabbia grossa moderatamente assortita di colore giallo scuro di gradevole aspetto. Potenzialmente compatibile, previa ulteriori analisi con quella del Forte Village, granulometria critica.

11 - Sabbia media moderatamente ben assortita di colore giallo scuro di gradevole aspetto. Potenzialmente compatibile, prelievi ulteriori analisi con quella del Forte Village, granulometria critica.

L'analisi comparata dei tre campioni C09, C10 e C11 buone caratteristiche tessiturali e mineralogiche con componenti quarzosi e feldspatici sempre prossimi al 60-70 % . Il D50, per il C11 è pari a 0.36 mm.



**Fig.8 – Esempio di campione prelevato**

Le ricerche sono in corso di approfondimento soprattutto per quanto riguarda la consistenza dimensionale e l'omogeneità delle caratteristiche della sabbia.

Allo stato attuale non è stato ancora individuato un giacimento sedimentario sommerso idoneo al prelievo di sabbie compatibili con le operazioni di ripascimento della spiaggia di Santa Margherita di Pula.

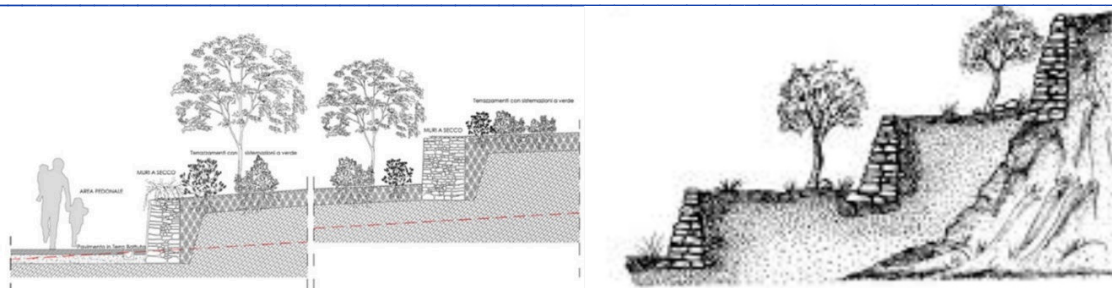
### **3 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE - "Riallineamento gestito". Punto 3 della nota 24480**

La demolizione e la eventuale riproposizione delle opere in posizioni di maggior stabilità o la rimozione di difese costiere e in generale gli interventi di "riallineamento gestito" sono presi in considerazione e costituiscono misure valide di intervento in quei litorali con geomorfologia retro-costiera caratterizzata da una fascia dunale di retrospiaggia più o meno ampia o costituita da piane residuali di antiche lagune e/o paludi costiere bonificate e relativi cordoni litoranei, in cui strutture e infrastrutture rigide hanno alterato la dinamica sedimentaria inducendo modifiche o ostacoli al naturale adattamento del litorale.

La necessità di questi interventi è sempre correlata all'analisi dell'efficacia e dell'importanza degli scopi da conseguire, quali: la riformazione e il ripristino di importanti habitat intertidali; preservare la biodiversità in zone umide di particolare valenza con la restituzione di terre bonificate poco produttive a zone umide (*depolderizzazione*) o ancora la semplice eliminazione, variazione e/o riprogettazione di strutture rigide che hanno alterato in modo significativo la morfologia del litorale.

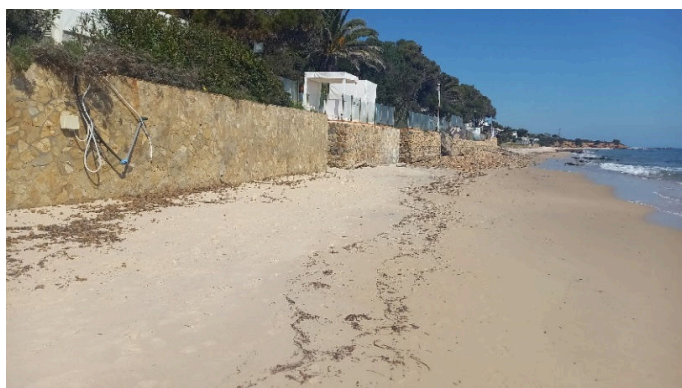
Nel caso in esame le opere esistenti nel retro spiaggia sono costituite essenzialmente dai muri di contenimento e regolarizzazione della scarpata litoranea, con formazione di gradoni e ripiani a terrapieno, a quote variabili, che seguono l'andamento altimetrico del bordo del terreno a monte e integrano le scalette e rampe di accesso alla spiaggia.





**Fig.9 - Tipologia delle opere di contenimento del piede della scarpata e gradonature**

La quota altimetrica del terreno a monte della spiaggia varia da un massimo di oltre +10,00 metri sul livello del mare nella zona SW della spiaggia in concessione, e quote variabili con una media di circa +4,00m s.l.m. nella zona intermedia, progressivamente più basse fino a + 2,00m s.l.m. verso NE. I terrapieni, nel corso del tempo sono stati in parte destinati a formare terrazze fruibili e attrezzati con tettoie, gazebo, piscine etc. Nelle foto seguenti lo stato della scarpata retrospiaggia è illustrato con sufficiente chiarezza.



**Fig.10 - Muri di contenimento della scarpata costiera retrospiaggia**



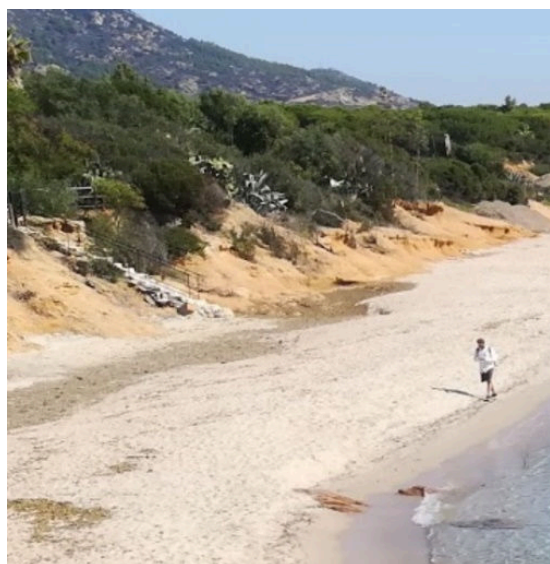
**Fig.11 - Vista d'insieme delle strutture murarie adiacenti alla spiaggia**



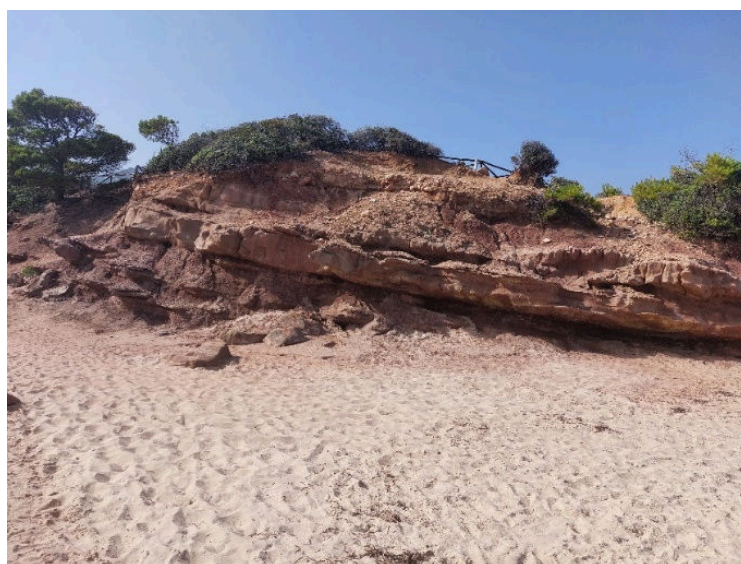
Lo stato della scarpata naturale in assenza della costruzione dei muri di contenimento può essere dedotta dalla descrizione geolitologica della sezione trasversale della scarpata e per analogia con la scarpata naturale esistente al contorno.



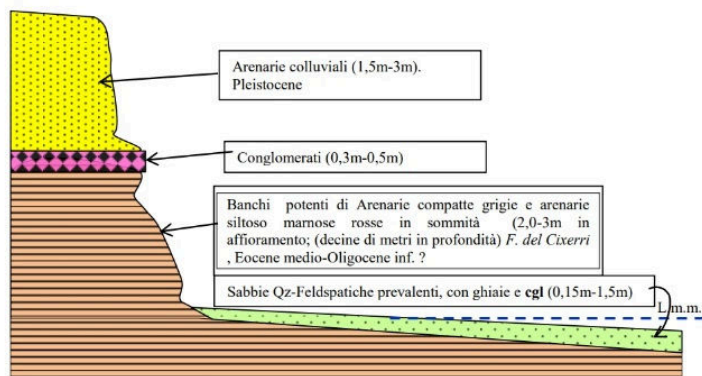
**Fig.12 - Scarpata naturale nel limite SW della spiaggia del Forte Village**



**Fig.13 - Scarpata naturale litorale a SW  
Verso Cala Bernardini**



**Fig.14 - Scarpata Naturale litorale a NE  
Verso Cala Verde**



**Fig.15 - Profilo litostratigrafico schematico nel tratto costiero verso Cala Verde**

Nel nostro caso appare piuttosto evidente che la scarpata litoranea naturale ai fini della dinamica costiera ha una risposta analoga a quella dei muri di contenimento della stessa che pertanto non hanno introdotto modifiche sostanziali della dinamica erosiva rispetto a quelle precedenti o a quelle che si verificherebbero in loro assenza.

Ai fini della mitigazione del fenomeno erosivo e del miglioramento della profondità trasversale della spiaggia, un intervento di "riallineamento gestito" con la demolizione delle strutture esistenti e la rinaturalizzazione della scarpata non comporterebbe pertanto alcun vantaggio.

Infatti le caratteristiche litostratigrafiche della scarpata naturale e/o rinaturalizzata, riproporrebbe, nella stessa posizione e con le stesse modalità la medesima azione del moto ondoso, con risalita dell'onda fino al substrato roccioso alla base della scarpata le cui caratteristiche litologiche rocciose della berma non aggiungerebbero alcun contributo sedimentario alla spiaggia. Gli alti costi da sostenere e la prevedibile assenza di qualunque beneficio ha fatto scartare tale ipotesi.

#### **4 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Pennello “semitrasparente” - Punto 4 della nota 24480**

Il piccolo pennello “semitrasparente” proposto nel progetto non costituisce un elemento sostanziale del progetto ma la semplice riproposizione in posizione più avanzata verso mare degli scogli affioranti attualmente esistenti. Piuttosto che di un vero pennello si tratta di una sorta di “rifiorimento” e se ne evidenzia la esigua entità e la sua facile e totale reversibilità, essendo costituito da un apporto modestissimo di massi naturali.

Lo scopo del modesto oggetto indicato nel progetto, denominato “pennello semitrasparente” è quello di mantenere e confermare anche con la nuova posizione della linea di riva post-ripascimento la stessa configurazione e il medesimo assetto funzionale attuale della battigia, che oggi comprende in quel punto della spiaggia anche l'effetto esercitato dagli scogli sparsi affioranti.

Di fatto, linea di riva e scogli affioranti saranno semplicemente ripristinati più in avanti rispetto alla situazione attuale in modo da riproporre l'assetto attuale anche dopo l'avanzamento della battigia in seguito alla esecuzione dei lavori di ricarica dell'arenile.

Nell'**Allegato B** alla presente relazione **“ANALISI MODELLISTICHE INTEGRATIVE ALLO STUDIO METEOMARINO” redatto da DHI** in cui sono illustrate le integrazioni delle simulazioni numeriche effettuate, mettendo meglio in evidenza la posizione prevista per la nuova linea di riva in seguito al rateo di ripascimento in progetto dopo la realizzazione delle opere di protezione, evidenzia con maggior chiarezza anche quanto sopra riportato a proposito del “pennello semitrasparente”.



A maggior chiarimento si propongono due immagini zenitali della spiaggia in cui si evidenziano gli scogli affioranti esistenti e il pennello semitrasparente proposto in progetto.



**Fig.16 - Stato attuale**



**Fig.17 - Sovrapposizione opere in progetto**





**Fig.18 - Scogli affioranti esistenti**

## **5 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punto 5 della nota 24480**

### **5.1 - Substrato roccioso e “sacche di intrappolamento dei sedimenti” (punto 5.1)**

Come già evidenziato nel punto 1.4 della presente relazione, il progressivo arretramento della linea di battigia in tutta l'unità fisiografica, nel corso del tempo, ha fatto assumere alla spiaggia, nel tratto NE, una larghezza troppo esigua e fatto emergere nella parte più vicina alla riva il substrato roccioso in precedenza ricoperto in gran parte da sabbia.

Questa modifica relativamente “recente” dell'assetto geomorfologico del litorale ha reso maggiormente evidente le complessità del tratto NE della spiaggia rispetto alle dinamiche generali dell'unità fisiografica evidenziando la distinzione della spiaggia in due macro segmenti che pur rientranti nella medesima unità fisiografica hanno comportamenti geomorfologici diversi.

La distanza da riva della isobata -5,00m corrispondente alla profondità di chiusura della spiaggia<sup>5</sup> nel tratto di spiaggia a SW, in presenza del fondo mobile si è modificata progressivamente mantenendo costante la pendenza e attualmente è situata a circa 240m dalla riva. Nel tratto di spiaggia NE (fronte Forte Village) la rigidità del fondale roccioso non ha consentito l'adattamento della pendenza e in seguito all'arretramento della linea di battigia la isobata -5,00m, si trova attualmente a oltre 350m dalla riva.

Queste modifiche “recenti” dell'assetto della spiaggia nel tratto NE, costituite dalla riduzione critica del volume di sedimenti, dal progressivo affioramento del substrato roccioso e dalla conseguente minor pendenza trasversale del profilo della spiaggia, hanno influito sulla dinamica tra il profilo di tempesta della spiaggia (“storm profile” con formazione di barre e maggiore pendenza) e il profilo di mare\_lungo estivo (“swell profile” con accrescimento della spiaggia nutrito dai sedimenti delle barre).

<sup>5</sup> Profondità limite al di sotto della quale il profilo trasversale non subisce cambiamenti significativi ad opera del moto ondoso nel periodo in esame.

In questo tratto di spiaggia la assenza di formazione delle barre litoranee sub parallele alla linea di riva e l'irregolare conformazione del substrato roccioso che forma sacche di "intrapolamento" dei sedimenti, si sono rese più palesi per gli effetti negativi sulla dinamica sedimentaria.



**Fig. 19 - Relazione geologica Progetto 2018 (Fig.5)**

Il substrato roccioso e le sacche di intrappolamento, trovandosi all'interno della profondità di chiusura della spiaggia non trattengono permanentemente i sedimenti ma ne condizionano e limitano la disponibilità e rendono maggiormente aleatoria e casuale la dinamica sedimentaria soprattutto per quanto riguarda la formazione dello "swell profile" e l'accrescimento estivo della spiaggia.

In particolare, con riferimento al ruolo degli affioramenti del substrato roccioso nelle dinamiche di trasporto sedimentario cross-shore, dalla complessa circolazione che i modelli hanno evidenziato nel tratto di mare antistante il resort, si osserva un trasporto potenziale diretto verso l'arenile, ma in virtù della presenza dei numerosi affioramenti del substrato roccioso, che limitano l'effettiva disponibilità del materiale, prevalgono gli effetti delle correnti in uscita dall'area, e pertanto la dispersione di sedimento verso i fondali antistanti.



## 5.2 – Aree di prelievo sedimenti (Punto 5.2 della nota 24480)

Nei lavori eseguiti negli anni 2018, 19, 20, 21, 22, 23 il prelievo dei sedimenti è stato effettuato dalle medesime zone della spiaggia sommersa indicate quali aree di prelievo con una superficie complessiva di circa 65.000m<sup>2</sup> e un volume potenziale stimato di circa 60.000 m<sup>3</sup> (profondità di prelievo massime previste in progetto 0,50÷1m)

I lavori eseguiti nel corso degli ultimi sei anni sono riepilogati nella seguente tabella:

Potenziale volumetrico complessivo stimato della sabbia disponibile alle quote previste nelle aree di prelievo								60.000
Anno di svolgimento lavori		2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTALE lavori eseguiti
Quantità movimentate % del potenziale stimato disponibile	mc	1.000	5.000	8.000	13.000	5.000	4.000	36.000
	%	2%	8%	13%	22%	8%	7%	72%

I lavori di controllo effettuati prima durante e dopo i lavori hanno evidenziato la tendenza delle aree di prelievo a livellarsi piuttosto rapidamente col fondale sabbioso mobile circostante con variabilità correlata alla batimetria del fondale e allo stato del mare.

Annualmente, prima dell'avvio dei lavori, le aree oggetto di prelievo individuate e circoscritte in relazione ai lavori in programma, sono state ispezionate effettuando rilievi batimetrici (ecoscandaglio) e controlli dello spessore del banco sedimentario mediante sondaggio a distruzione con "spingarda" a pressione e operatore subacqueo.

I confronti effettuati tra rilievi parziali delle aree di prelievo con il rilievo generale dell'area di intervento ante operam non hanno fornito informazioni correlabili o dati significativi in merito alla variazione volumetrica del giacimento sedimentario di prelievo.

Le stime effettuate del potenziale di sedimenti disponibili basato sui rilievi effettuati prima dell'avvio dei lavori (2023) hanno confermato in particolare valori analoghi alle stime volumetriche preliminari facendo ritenere che il banco sedimentario sommerso oggetto di prelievo si sia ricostituito totalmente durante la stagione invernale 2022/2023.

Nei rilievi batimetrici le diverse caratteristiche del fondale sono rese evidenti dall'andamento delle isobate disposte in modo pressoché regolare in posizione parallela alla linea di riva nella parte SW della spiaggia, mentre nella parte NE appaiono irregolari e tortuose. Le sacche di intrappolamento dei sedimenti non sono individuabili col semplice rilievo batimetrico effettuato con ecoscandaglio; mentre la definizione della natura del fondale e della consistenza dei giacimenti sedimentari è stata effettuata mediante ispezioni subacquee e controlli dello spessore del banco sedimentario con sondaggi a distruzione con "spingarda" a pressione e operatore subacqueo e esecuzione di alcuni carotaggi.

Come già evidenziato i rilievi e le ispezioni effettuati negli ultimi anni e le stime dei volumi di sedimenti disponibili fanno ritenere che le sacche di intrappolamento dei sedimenti tendano a ricostituirsi annualmente.

Per quanto riguarda i Punti 5.2.1 e 5.2.2 della nota della nota 24480 si rimanda all'**Allegato A** alla presente relazione contenete gli elaborati grafici integrativi e i risultati delle ispezioni subacquee più recenti sulle aree di prelievo utilizzate.

### 5.3 – Chiarimenti sulla modellazione numerica e interpretazione risultati (Punto 5.3 della nota 24480)

Nella simulazione effettuata, la valutazione dei ratei di trasporto litoraneo è stata effettuata schematizzando la rappresentazione del fondale come sabbioso ma tenendo conto della presenza del substrato roccioso (e di un minor rateo effettivo di trasporto) nella interpretazione dei risultati.

L'impiego dei modelli numerici negli studi marino-costieri che prevedano la simulazione delle dinamiche di trasporto sedimentario (sia long-shore che cross-shore) persegue la funzione di supporto al gruppo di progettazione degli interventi di ingegneria costiera laddove la capacità dei modelli di fornire risposte quantitativamente accurate sia robusta ed acclarata.

La migliore pratica professionale, largamente diffusa in contesti internazionali dai soggetti leader nello sviluppo e nell'applicazione dei modelli numerici (DHI, Deltares, HR Wallingford, tra gli altri) prevede di semplificare per quanto possibile il processo che si vuole rappresentare, in modo da fornire al progettista tutte le indicazioni utili, comprese quelle interpretative maturate nella esperienza aziendale di studi pregressi, per poter derivare, le conclusioni più opportune per il sito di interesse.

Il problema della simulazione della capacità di trasporto su fondali marini caratterizzati da un mix di fondale sabbioso e locali affioramenti rocciosi rappresenta un impegno severo per i modelli numerici non solo mono-dimensionali ma anche bi-dimensionali, come quelli adottati nello studio in oggetto (MIKE 21 SW-HD-ST di DHI).

DHI ha ritenuto più opportuno l'approccio utilizzato in cui è stata schematizzata la rappresentazione del fondale simulandolo come sabbioso ma tenendo conto della presenza del substrato roccioso nella interpretazione dei risultati. In altro modo, l'incertezza dei risultati numerici avrebbe costituito un ostacolo per la corretta interpretazione del fenomeno ed avrebbe potuto indurre a conclusioni non corrette sui volumi di trasporto in gioco.

### 6 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punto 6 della nota 24480

La stima del rateo di ripascimento è stata oggetto di approfondimento, fermo restando che l'incertezza è dovuta al reale stato della spiaggia alla data di esecuzione dei lavori, le diverse ipotesi sono state formulate sull'analisi delle valutazioni basate sui rilievi invernali degli anni scorsi e sulle misurazioni effettuate in occasione dei lavori eseguiti; i valori massimi dei volumi di riprofilatura della spiaggia da eseguire dopo la costruzione delle barriere per assegnare alla spiaggia la configurazione di progetto (salienti compresi) è stimata pari a circa 15.000m<sup>3</sup>. In progetto è stato indicato anche il valore massimo di 30.000m<sup>3</sup> per analogia alle valutazioni effettuate nel progetto 2018<sup>6</sup> che tuttavia è stato movimentato nell'arco temporale di tre anni.

Considerando un alea prudenziale del 20% si può ritenere che il caso peggiore dovrebbe richiedere un rateo di ripascimento pari a 19.000m<sup>3</sup> (*worst case*).

anni di lavoro		2018	2019	2020	2021	2022	2023
quantità autorizzata	mc	1.000	5.000	27.000			5.000
quantità movimentata	mc	1.000	5.000	8.000	13.000	5.000	4.000

#### Volumi di ricarica eseguiti

Le zone di prelievo dei sedimenti di ricarica dell'arenile, sono stati individuati nella spiaggia sommersa, a distanza di oltre 150m dalla attuale linea di riva quindi situate oltre la distanza di costruzione delle barriere.

<sup>6</sup> Progetto 12/12/2018, autorizzato dic-2019 in esito alla proc.di VIA. che la modessa assumerebbe naturalmente nel corso del tempo per effetto delle opere di protezione realizzate. a la sarà ottenuta mediante la movimentazione di sedimenti nello stesso ambito.

La scelta di prelevare i sedimenti nei fondali a largo delle barriere ha la funzione di evitare che per effetto del frangimento sulle scogliere e della dissipazione dell'energia del moto ondoso spostata più a largo con effetti secondari di riflessione e scavo al piede delle scogliere che potrebbero comportare un certo rateo di dispersione verso il largo della sabbia presente.

Il prelievo da questi fondali, ha la funzione di anticipare l'eventuale impoverimento dei giacimenti sedimentari a largo delle barriere evitando tuttavia la dispersione verso il largo della sabbia con il trasferimento verso riva.

I maggiori volumi introdotti nell'unità fisiografica per la formazione delle isole e la modellazione dei fondali mediante i dragaggi di ridistribuzione dei sedimenti possono essere considerati nel loro complesso opere cosiddette di "reconfiguration dredging", ossia interventi di riconfigurazione dei fondali del litorale tendenti ad assegnare alla spiaggia un assetto analogo a quello previsto quale stato di equilibrio post operam<sup>7</sup>

Le zone di prelievo dei sedimenti sono ricomprese nelle aree già individuate e utilizzate per i lavori negli anni precedenti. In particolare sono state individuate tre aree di superficie pari a  $(7.900 + 10.600 + 22.500) = 40.700\text{m}^2$  nelle quali è possibile prelevare sedimenti per spessori variabili tra 0,50m e 1,00m con un potenziale stimato circa doppio di quello stimato necessario.

## **7 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – Punti 7-8-9 della nota 24480**

### **7.1 - Scenari di simulazione e modellazione implementati. Punto 7 della nota 24480 -**

Lo Studio Meteomarino ha previsto, attraverso l'impiego dei dati al largo del Mediterranean Wind Wave Model (MWM) l'utilizzo dei dati di oltre 40 anni di moto ondoso (1979-2020), i quali sono stati propagati verso costa e sono stati utilizzati per quantificare, tra l'altro, il trasporto nelle due direzioni (sud ovest e nord est), la profondità di chiusura, l'orientazione di equilibrio.

L'analisi su oltre 40 anni di dati ha permesso di ricavare con chiarezza che il trasporto litoraneo netto è prevalentemente diretto verso sud ovest (per onde generate da venti di Scirocco) ma più recentemente (dal 2010 in poi) si evidenzia un maggiore equilibrio, con maggior peso della componente di trasporto diretta verso nord est (per onde generate da venti di Libeccio).

La modellazione dell'evoluzione della linea di riva ha, pertanto, voluto rappresentare sia anni più frequenti (il 2003 ed il 2010) nei quali prevale il trasporto diretto verso sud ovest, sia anni più rari (ma con trend crescente) nei quali prevale il trasporto diretto verso nord est (il 2014).

Le previsioni di evoluzione della linea di riva, pertanto, contemplano tutte le casistiche di anni "caratteristici" e la scelta di replicare l'analisi per tre differenti periodi e non solo per uno, mira proprio a fornire una gamma quanto più possibile ampia e realistica delle forzanti meteomarine che la spiaggia si troverà ad affrontare negli anni successivi agli interventi qui proposti.

A corredo di quanto già predisposto, si rimanda all'**Allegato B** – (ANALISI MODELLISTICHE INTEGRATIVE ALLO STUDIO METEOMARINO) in cui sono state rielaborate le simulazioni di evoluzione della linea di riva facendo riferimento alla nuova linea di riva corrispondente al ripascimento iniziale "worst case".

---

<sup>7</sup> La configurazione di progetto è quella a cui tende la spiaggia nel corso del tempo per effetto delle opere di protezione realizzate. (vedi allegato B - ANALISI MODELLISTICHE INTEGRATIVE ALLO STUDIO METEOMARINO).

---

## 7.2 - Criteri di base di dimensionamento delle opere di difesa. Punto 8 della nota 24480 –

La funzione primaria delle opere di protezione parallele a costa è ridurre l'energia del moto ondoso a tergo delle stesse, iniziando contestualmente una deposizione dei sedimenti lungo la riva attraverso la modifica locale delle correnti litoranee.

Le strutture convenzionali per la protezione del litorale (pennelli trasversali, scogliere emerse, rivestimenti in massi) stanno diventando via via più impopolari, principalmente a causa del loro impatto (sia esso reale o percepito) sulla funzionalità della spiaggia, nonché in relazione ad aspetti estetici e paesaggistici. Al contrario, le strutture sommerse sono diffusamente considerate in grado di fornire la necessaria protezione alla spiaggia senza alcuna perdita di funzionalità della spiaggia o impatto estetico negativo.

Come conseguenza, negli ultimi 20-25 anni c'è stata una crescente pressione sull'opportunità di prendere in considerazione in via prioritaria le strutture sommerse per la protezione dei litorali.

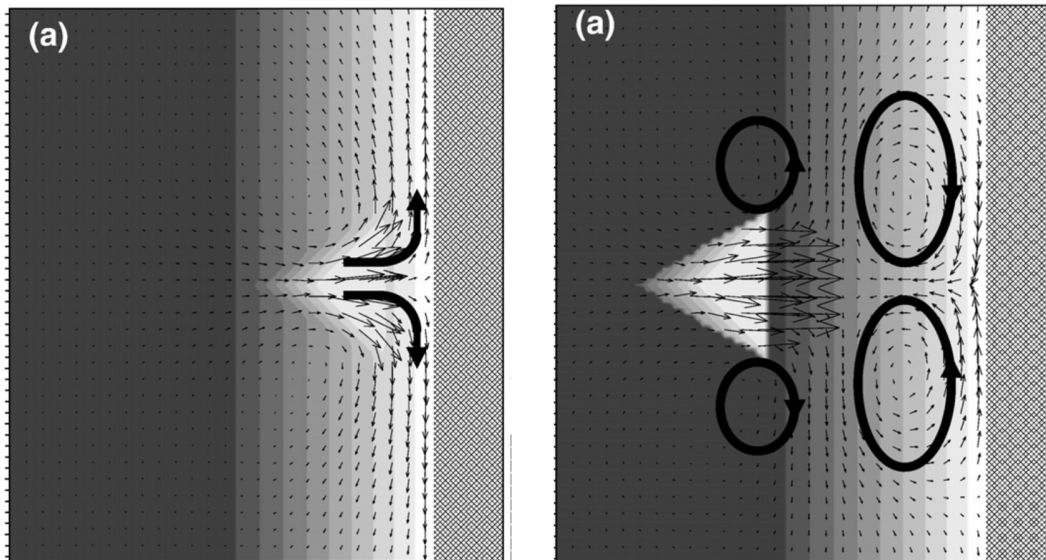
A fronte dell'entusiasmo con il quale sono proposte ed accolte tali tipologie di opere di difesa, l'evidenza dei risultati sul campo in termini di effettivo raggiungimento del principale obiettivo per cui queste opere sono progettate (l'arresto dell'erosione o l'accrescimento del litorale) mette in luce un bilancio negativo.

A partire dalla prima "inchiesta" scientifica sull'efficacia di questa tipologie di strutture (*Ranasinghe, R., Turner, I., 2006. Shoreline response to submerged structures: a review. Coastal Engineering 53, 65–79.*), una successione di pubblicazioni ha illustrato gli aspetti critici nella progettazione di una protezione costiera basata sullo schema "a barriere sommerse". Tale schema di protezione, in sintesi, si è rivelato non efficace in oltre il 70% dei casi analizzati (opere effettivamente realizzate a cui ha fatto seguito il monitoraggio dell'andamento della linea di riva per alcuni anni dopo la realizzazione dell'intervento).

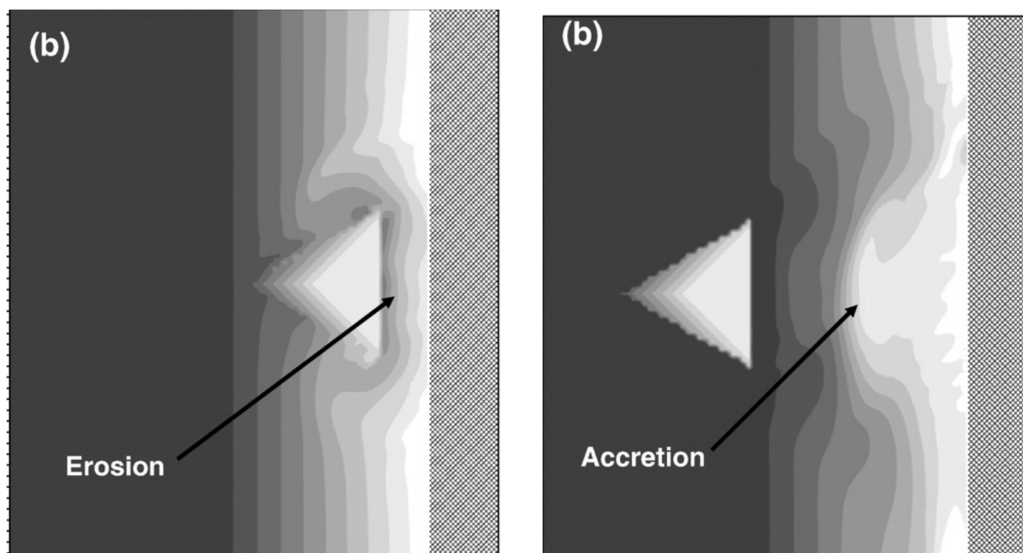
Le cause che portano a questi risultati verificati sul campo così frequentemente negativi non sono di semplice determinazione. In generale è possibile affermare quanto segue:

- la presenza di scogliere sommerse determina una circolazione complessa, il cui effetto è spesso associato ad un arretramento del litorale a tergo delle scogliere stesse invece dell'atteso avanzamento;
- tale circolazione è generalmente associata ad un flusso di corrente diretto verso la spiaggia in corrispondenza della scogliera ed un flusso di corrente diretto verso il largo nei varchi tra le strutture o ai bordi delle scogliere stesse;
- qualora o in fase di esecuzione dei lavori o successivamente, in seguito a mareggiate particolarmente severe, si determinasse un non perfetto allineamento della quota di sommergezza della scogliera, queste irregolarità di quota (avvallamenti) costituirebbero una via preferenziale per la formazione di forti correnti dirette verso il largo (*rip currents*); tali correnti, oltre a determinare la perdita del sedimento verso gli alti fondali, sono estremamente pericolose per la sicurezza della balneazione, tanto che ogni anno si registrano alcune vittime su scala mondiale (bagnanti ingannati dal mare calmo a tergo delle scogliere "risucchiati" oltre le medesime per effetto di forti correnti dirette verso il largo);
- l'efficacia della scogliera sommersa è tanto maggiore quanto più cresce la distanza tra la linea di riva e l'opera stessa; **nel sito in esame questo si tradurrebbe nella necessità di imbasare l'opera su fondali ben più elevati di quelli previsti inizialmente, con volumi di materiale necessari fino a 2 ÷ 3 volte superiori rispetto a quelli preventivamente considerati;**
- la successiva Figura illustra (pannello a) la circolazione indotta dalla presenza di una scogliera sommersa posta vicino a riva (a sinistra) e a grande distanza dalla stessa (a destra); la stessa figura illustra (pannello b) l'attesa evoluzione del litorale indotta dalla presenza di una scogliera sommersa posta vicino a riva (a sinistra) e a grande distanza dalla stessa (a destra);

- l'efficacia della scogliera sommersa è tanto maggiore quanto più si incrementa la larghezza (dimensione trasversale) della sommità sommersa della struttura (la cosiddetta "berma");



**Fig.19 - Circolazione indotta da una scogliera sommersa  
 posta vicino a riva (a sinistra) e a grande distanza dalla stessa (a destra)**



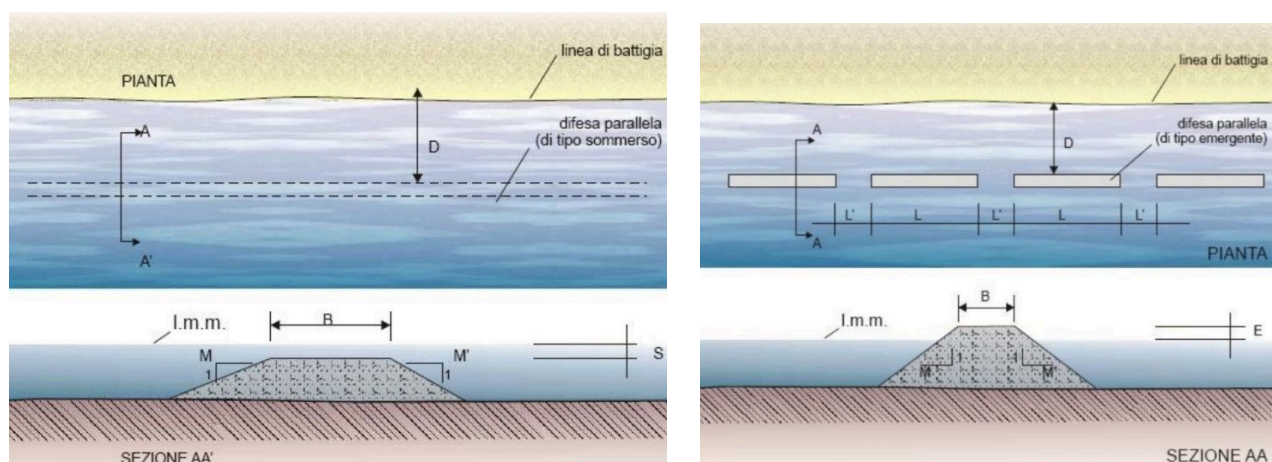
**Fig.20 - Evoluzione attesa del litorale indotta da una scogliera sommersa  
 posta vicino a riva (a sinistra) e a grande distanza dalla stessa (a destra)**

Le tre barriere/isole in progetto sono state progettate dimensionate e posizionate in modo da rispondere alle esigenze funzionali minimizzandone gli impatti dovuti agli aspetti paesaggistici per la perdita di naturalità del tratto di litorale.



Il primo approccio progettuale è stato quello di studiare la protezione della spiaggia mediante la realizzazione di barriere soffolte, tuttavia le considerazioni sopra esposte e la schematizzazione di alcune configurazioni preliminari possibili, hanno fatto abbandonare tale approccio e si è passati a studiare la attuale configurazione con barriere emergenti.

La quota di sommità di una scogliera distaccata può definirsi come “emersa” in quei casi in cui la cresta sia compresa tra +1m e +4m rispetto al livello del medio mare<sup>8</sup>, al di sotto di tale quota l’efficacia dell’opera di protezione potrebbe essere ridotta eccessivamente, a causa di tracimazioni troppo frequenti.



**Fig.21 – Tipologia delle barriere soffolte (a sin.) e emergenti (a ds.)**

Per un miglior inserimento nel paesaggio e minimizzare l’altezza della parte emersa si è adottata una configurazione planimetrica a isolotto con forme irregolari in modo da fare assumere alle barriere l’aspetto di scogliere “naturali”.

Per limitare la tracimazione (over-topping) in considerazione della modesta escursione di marea si è assunta una altezza prossima al valore minimo, contenendo l’altezza massima sul livello del mare a una misura dell’ordine di circa +1,50m s.l.m. è stata aumentata la pendenza verso il largo ( $i < 1/4 \approx 14^\circ$ ) e la larghezza massima delle barriere ( $L_{max} = 14m; 18m; 20m$ ).

Le barriere in progetto hanno pertanto una forma in pianta ellittica con parte foranea maggiormente arcuata (convessa) verso il largo con la larghezza massima nella parte centrale che si rastrema verso le due estremità in modo irregolare.

Per un miglior inserimento nel paesaggio le scogliere sono state disegnate con un profilo altimetrico irregolare con altezza minima +1,50m (necessaria a contenere la tracimazione) e altezze variabili fino a un massimo di +2,50m s.l.m. per assegnare alle scogliere un aspetto meno regolare e più naturale.

***In seguito alle osservazioni di cui alla nota prot. 30215 del 21.06.2023 del Servizio tutela del paesaggio Sardegna Meridionale, le scogliere sono state ridisegnate, limitando l’altezza a +1,50m s.l.m. come descritto nella Integrazione della relazione paesaggistica, Allegato C alla presente relazione.***

<sup>8</sup> DETACHED BREAKWATERS by Prof. Dr. LEO VAN RIJN consultant from Delft Hydraulics/Deltares, and the University of Utrecht “The crest should be in the range of +1 m to +4 m above MSL depending on tidal range to be effective against storm-induced shoreline erosion”

### **7.3 - Ripascimento “strutturale” dopo la costruzione delle barriere. (Punto 9 della nota 24480)**

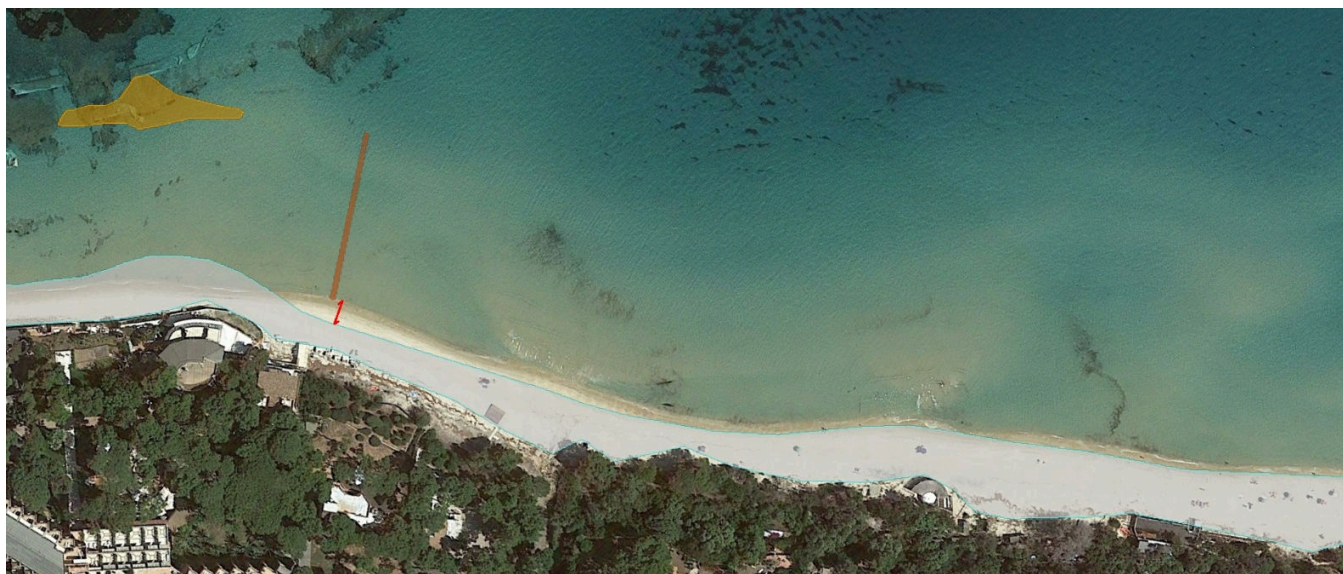
Nell’Allegato B - Analisi modellistiche integrative allo studio meteomarinario, sono riportati gli approfondimenti effettuati con attività modellistiche utilizzando lo schema con la linea di riva corrispondente ad un volume iniziale di ripascimento pari a un massimo di circa 19'000 m<sup>3</sup> (caso peggiore estremo rispetto ai volumi effettivi attesi) e la simulazione degli effetti dell’intervento per le spiagge adiacenti su un intervallo temporale di diversi anni contemplando una variabilità di maggior frequenza di condizioni ondose (Libeccio e Scirocco) più critiche rispetto al clima meteomarinario locale, ma rappresentativa di una ipotetica situazione peggiore.

Il caso peggiore evidenziato nello studio meteomarinario potrebbe determinare un limitato arretramento della spiaggia a SW delle barriere dello stesso ordine di grandezza di quella che si produrrebbe in assenza dell’intervento nello stesso lasso di tempo con le stesse condizioni meteomarine utilizzate per verificare il caso peggiore.

Il volume iniziale di ripascimento è stato incrementato del 20% rispetto alla peggiore previsione (circa 15.000m<sup>3</sup>) fino a un massimo di 19'000m<sup>3</sup> per far fronte con un buon margine di sicurezza al caso peggiore estremo con maggior frequenza di Libeccio e Scirocco rispetto al clima meteomarinario medio locale.

Nel caso peggiore, gli effetti della limitata tendenza all’arretramento, tenderebbe a una situazione di equilibrio nel medio periodo (5÷7 anni di condizioni sfavorevoli) e si annullerebbe del tutto a una distanza di circa 300m.

Nella figura seguente si riporta la simulazione di un arretramento di 9 metri nel medio/breve periodo (6 anni) considerata come situazione peggiore.



**Fig. 22 – Simulazione “worst case”**  
 [ — punto di massimo arretramento 9 metri in 6 anni]

### **7.4 - Reiterazione del ripascimento nel tempo (punti 9.1, 9.2, 9.3 della nota 24480)**

Il limitato arretramento in corrispondenza dell’isola posta più a sud-ovest, evidenziato dalla modellazione numerica nel caso peggiore, ha una entità dello stesso ordine di grandezza di quelle misurate stagionalmente e di quella che si produrrebbe in assenza dell’intervento con analoghe condizioni climatiche nello stesso lasso di tempo.

Si evidenzia: che tali scenari riguardano la spiaggia a sud-ovest che ricade nella sub-unità fisiografica SUG2 [vedi paragrafo 5 (5.2) Fig.19 – Relazione geologica Progetto 2018 (Fig.5) della presente relazione] con larghezze variabili

tra 20m e 30m e anche lo scenario peggiore non interferisce in alcun modo con la scarpata litoranea retrostante l'arenile.

Neanche nel caso peggiore l'arretramento del litorale può interferire o determinare impatti sugli habitat e le specie sottoposti a tutela dalla Z.S.C. ITB042231 "Tra Forte Village e Perla Marina", in particolare l'habitat 1210 (Vegetazione annua delle linee di deposito marine) e l'habitat prioritario 2250\* (Dune costiere con *Juniperus* spp.).

I risultati del monitoraggio forniranno gli elementi per calibrare l'intervento eseguito. In esito ai monitoraggi sull'evoluzione morfologica del sito post operam, si valuterà la necessità di programmare ulteriori interventi di adattamento, "calibrazione" e manutenzione sia delle opere di protezione che del ripascimento iniziale.

Tali lavori, dei quali non è evidentemente possibile al momento prevedere l'entità, in via del tutto preliminare si può ipotizzare che possano consistere nella movimentazione parziale, nello stesso ambito, dei materiali impiegati (scogli e sabbia) nella realizzazione delle opere in una misura che a titolo puramente indicativo può essere stimata dell'ordine di grandezza massimo del 20% rispetto alla movimentazione iniziale (1.600t di scogli e 3.800m<sup>3</sup> di sabbia).

Sia il volume iniziale di ripascimento (max 19'000m<sup>3</sup>) che le eventuali ricariche manutentive trovano ampia capienza nel giacimento sommerso antistante il tratto di spiaggia oggetto dell'intervento.

La ipotesi di reversibilità totale valutata per la completezza della trattazione è meglio descritta nel Paragrafo 8 della presente relazione.

## **8 - ASPETTI DI NATURA PROGETTUALE – PIANO DI DISMISSIONE DELLE OPERE** (Punto 12 della nota 24480)

La descrizione dei lavori di dismissione e rimozione completa delle opere costituisce una indicazione preliminare delle modalità e dei tempi necessari, in quanto il progetto di rimessa in pristino dei luoghi dovrà essere oggetto di un maggior dettaglio esecutivo e idonea ad ottenere le necessarie approvazioni da parte degli Enti competenti.

### **8.1 - Opere da Rimuovere**

Le opere da rimuovere sono costituite dalle barriere in scogli naturali di diversa pezzatura costituiti da circa 8.000 tonnellate di massi di granito di peso singolo variabile da 3,00 a 20,00 tonnellate, che costituiscono le barriere di protezione della spiaggia.

### **8.2 – Attività di rimozione e ripristino**

L'esecuzione dei lavori di rimozione delle scogliere è speculare alle attività di costruzione, e comprende:

- mobilitazione mezzi marittimi: Moto-pontone auto-caricante munito di gru-escavatore, eventuale bettolina di carico ausiliaria, natanti, barche ausiliarie, attrezzature per operatori subacquei, attrezzature di presidio anti torbidità e sicurezza;
- attività di tracciamento, segnalazione e delimitazione degli specchi acquei interessati;
- rilievo ante opera: batimetrici, fotografici e campionamenti di monitoraggio;
- lavori di salpamento dei massi con impiego di gru-escavatore della portata minima di 40 tonnellate, munita di benna idraulica a grappo;
- trasporto marittimo mediante moto-pontone auto-caricante e eventuale bettolina ausiliaria fino al punto di scarico e successiva movimentazione con mezzi terrestri fino al punto di deposito temporaneo o di riutilizzo.
- rilievo post opera: batimetrici, fotografici e campionamenti di monitoraggio;

### 8.3 - Tempi e cronoprogramma

Rif.	Attività	Tempo gg nat.cons.	settimane											
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	Organizzazione del cantiere e mobilitazione mezzi marittimi	15												
2	Attività di controllo e monitoraggio	90												
3	Operazioni di rimozione barriere con salpamento massi	60												
8	Smobilitazione e verifiche	15												

### 8.4 - Gestione dei materiali

I materiali di risulta dei lavori di rimozione delle barriere è esclusivamente costituito da massi di cava di diversa pezzatura per un totale di circa 8.000 tonnellate.

I materiali sono idonei per essere reimpiegati in lavori di costruzioni marittime quali scogliere frangiflutto, moli, dighe foranee o opere di costruzione, rifiorimento e robustamento di argini e sponde fluviali o marittime.

Ai fini della valutazione dei costi di smaltimento è stato pertanto previsto il deposito temporaneo e il totale riutilizzo.

### 8.5 - Stima dei costi di dismissione

N° Rif	Descrizione	Unità di misura	Quantità	Costo	Importo
A	Allestimento del cantiere e mob/demob (mobilitazione e smobilitazione),	corpo	stima	---	€ 20.000,00
	Salpamento massi in mare fino a profondità di -4,00m s.l.m.	t	8.000	€ 30,00	€ 240.000,00
	Trasporto di massi con mezzi marittimi (viaggio)	Viaggio	32	€ 2.500,00	€ 80.000,00
	Movimentazione terrestre dei massi dal punto di sbarco al deposito temporaneo	Viaggio	260	€ 250,00	€ 65.000,00
	Gestione del deposito temporaneo	corpo	stima	---	€ 5.000,00
	Oneri di monitoraggio	corpo	stima	---	€ 30.000,00
	SOMMANO COSTI LAVORI DI RIMOZIONE				€ 440.000,00
B	A dedurre Somme recuperate da riutilizzo dei materiali	t	8.000	€ 15,00	€ 120.000,00
C	Spese tecniche (rilievi, procedure autorizzative, direzione lavori)				€ 50.000,00
D	STIMA DEI COSTI DI RIMOZIONE (A - B + C)				€ 320.000,00

### 8.6 - Impatto ambientale delle opere di dismissione

Gli impatti dei lavori di dismissione in analogia con la valutazione tabellare proposta nello Studio di Impatto Ambientale del progetto sono riassunti nella seguente tabella.



Componenti ambientale		impatti				note
		nullo	basso	medio	alto	
1	<i>Atmosfera</i>					Le attività di rimozione non comportano emissione di gas o polveri.
2	<i>Acque marine</i>					Le opere di rimozione non determinano variazioni alla qualità delle acque. I lavori di rimozione delle barriere possono determinare diffusione di torbidità. Durante la rimozione delle barriere saranno utilizzati sistemi di “panne galleggianti” estese fino al fondale per evitare la diffusione della torbidità.
3	<i>Acque superficiali</i>					Nessuna interferenza
4	<i>Suolo e sottosuolo</i>					Nessuna interferenza
5	<i>Fondali marini</i>					Le opere di rimozione ripristinano lo stato dei fondali ante operam tuttavia costituiscono una trasformazione dei fondali marini. La variazione allo stato dei fondali sarà costituita dalla eliminazione dei vuoti tra i massi delle scogliere con diminuzione in quanto il substrato roccioso affiorante è costituito per lo più da scogli ampi e poco frastagliati.
6	<i>Flora e fauna</i>					La eliminazione delle scogliere con massi con alta percentuale di vuoti un ritorno alle condizioni ante operam degli insediamenti stanziali di fauna marina tipica dei fondali
7	<i>Rumore</i>					L'eliminazione delle scogliere non influisce sensibilmente sul rumore della risacca. In fase di cantiere non sono previste attività particolarmente rilevanti ai fini della rumorosità.
8	<i>Campi elettromagnetici</i>					Nessuna possibile interferenza
9	<i>Paesaggio</i>					Gli impatti delle opere di rimozione delle barriere sul paesaggio sono stati valutati di entità <b>media</b> in ragione sia della possibile alterazione locale della linea di riva del tratto di spiaggia non protetto con ritorno alle condizioni di criticità per le quali le barriere sono state installate.
10	<i>Interferenze con lo stato dei luoghi e con le attività al contorno</i>					Oggetto principale degli studi idraulici marittimi è stato quello di ottimizzare le opere per non determinare e minimizzare gli impatti sulla geomorfologia del litorale. La rimozione delle opere determina un ripristino di uno stato precedente evidentemente ritenuto meno impattante sulle attività turistico/ricreative. I lavori di costruzione si svolgeranno interamente in mare e sulla spiaggia senza interferenze con le aree adiacenti; la movimentazione di materiali d'opera avviene dal mare. Il traffico dei mezzi di trasporto terrestri avviene lontano dai luoghi di cantiere senza alcun impatto sulla strada litoranea SS195.

## 9 - ASPETTI DI NATURA AMBIENTALE (Punto 1 della nota 24480) - Fornitura dei massi. Impatto dei trasporti sulla viabilità

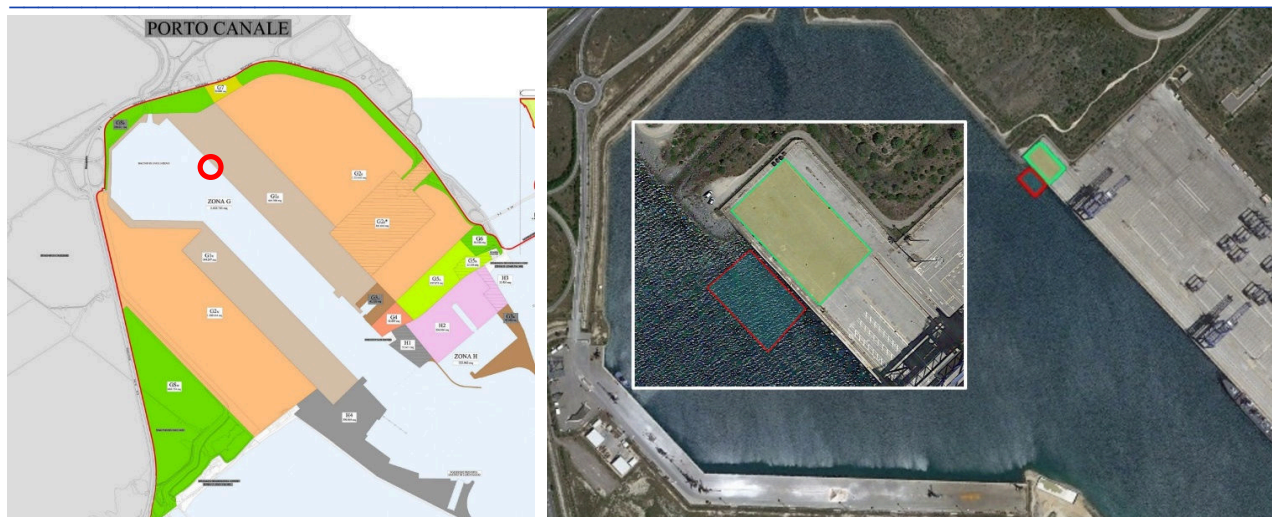
Per la costruzione delle barriere/isole artificiali è previsto l'impiego di massi naturali di cava di specifiche caratteristiche geologiche, petrologiche e mineralogiche idonee (stabili al degrado fisico e chimico dell'ambiente marino) e con caratteristiche cromatiche e dimensionali congruenti con le esigenze di progetto.

La tipologia dei materiali è stata individuata univocamente nelle litologie granitiche. La ricerca delle cave autorizzate e in esercizio ha individuato una cava idonea alla fornitura individuata in comune di Donori.

### 9.1 - Quantitativi di materiali di cava necessari

La stima definitiva (computo metrico) dei massi di cava necessari alla costruzione delle scogliere di protezione della spiaggia è di **circa 8.000 tonnellate**.

I massi saranno estratti da una Cava in esercizio regolarmente autorizzata situata in località “Sa Suergia” in comune di Donori e saranno trasportati al Porto Canale di Cagliari in cui in concerto con Autorità Portuale e le Società di gestione, è stata individuata un'area disponibile idonea al deposito temporaneo dei massi e all'accosto del Moto/pontone per le operazioni di carico per il trasporto via mare.



**Fig.23 - Porto canale punto di carico e aree di stoccaggio temporaneo e di attracco del M/pontone**

Il trasporto via mare dal Porto canale di Cagliari alla zona di posa in opera condiziona i tempi di costruzione.

Nelle condizioni operative ipotizzate, per il trasporto e la posa in opera delle scogliere, sono stimati necessari non meno di 32 giorni lavorativi<sup>9</sup> (circa 6 settimane e  $\frac{1}{2}$  = 45gg naturali e consecutivi), in relazione alla necessità di impiegare un M/pontone di portata massima di circa 250 tonnellate in relazione alla limitazione del pescaggio a pieno carico che dovrà essere inferiore a 2,00 metri. Considerando una percentuale di giorni persi per condizioni meteomarine non favorevoli (10% = 5gg) si può stimare un tempo necessario complessivo di circa 50 giorni naturali e consecutivi.

## 9.2 - Impatti trasportistici

Considerando il trasporto da cava suddiviso in 35 giorni lavorativi (corrispondenti a 50 giorni naturali consecutivi) dovranno essere trasportati giornalmente circa 230 t/gg che richiede circa 8 viaggi al giorno di autocarri con portata 300 q muniti di cassone roccia. Considerando che il trasporto dalla cava al deposito temporaneo avvenga con un certo anticipo rispetto ai lavori di costruzione, può essere ipotizzato un trasporto massimo di 300 t/gg (circa 10 viaggi al giorno di autocarri con portata 300 q).

Il percorso dalla cava individuata (Donori) e il Porto Canale può avvenire attraverso un breve le strade SP10, SS131 e SS195 per una distanza di circa 38 km o con un percorso alternativo più breve (35km) con un breve tratto sulla SP11, la SS387 del Gerrei e poi SS554, SS131, SS195.

Il carico massimo sulle strade interessate dai trasporti è inferiore a 10 veicoli/giorno.

La normale attività della cava di provenienza (Cava loc "Sa Suergia" Donori) ha una produzione annua media di circa 160.000t; il traffico di mezzi in entrata e uscita dalla cava raggiunge punte di traffico di oltre 30 autocarri/giorno (900 t/gg di punta con una media annua di 650t/gg)<sup>10</sup>.

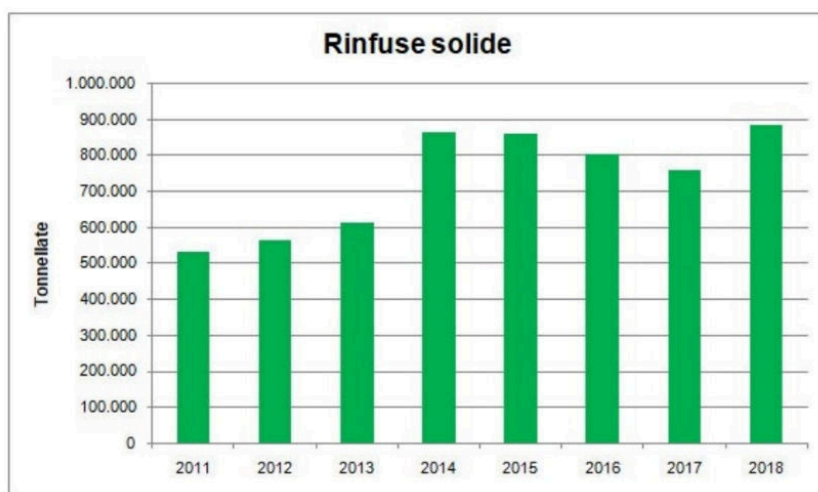
<sup>9</sup> La portata in sicurezza del Moto/Pontone con pescaggio non superiore a 2,00m è stimato di circa 250 tonnellate a carico. La distanza di 20 Nm (miglia nautiche) dal punto di carico al punto di posa in opera e i tempi di carico e scarico dei massi fanno ipotizzare un viaggio al giorno.

<sup>10</sup> Dati forniti dalla Cava autorizzata in loc. Sa Suergia in comune di Donori.

La fornitura prevista non costituisce un incremento della attività di cava ma rientra nella normale produzione di cui costituisce una percentuale del 5% su base annua e del 36% della produzione nel periodo di punta della fornitura. Il traffico di autocarri dedicato al trasporto è valutabile pari a 1/3 del traffico di punta giornaliero della cava.

Il flusso veicolare” espresso con l’indice TGM  $N_v/gg$  (*rapporto tra il numero di veicoli che transitano in una determinata sezione stradale ed il numero di giorni di rilevamento*) delle strade con caratteristiche dimensionali analoghe a quelle al contorno della cava, ha valori dell’ordine di grandezza delle migliaia  $N_v/gg$ .

Per quanto riguarda la movimentazione in ambito portuale, il Porto Canale di Cagliari ha una capacità di movimentazione di merci (rinfuse solide) di oltre 900.000 t/anno (75.000 t/mese). La fornitura prevista ha un entità di 8.000 t che corrisponde a una percentuale del 0,89% su base annua; nell’ipotesi che la movimentazione avvenga nell’arco di un mese la percentuale è pari al 10,67% del potenziale di movimentazione merci dell’infrastruttura portuale.



**Dati relativi alla movimentazione di merci (t/anno) rilevate al Porto Canale di Cagliari (Aut.Portuale)**

### **9.3 - Considerazioni conclusive relativamente all’impatto veicolare e trasportistico.**

Le considerazioni sopra illustrate evidenziano i bassi valori di incidenza del traffico relativo ai trasporti durante i lavori di costruzione delle scogliere di protezione della spiaggia in confronto alle capacità intrinseche e potenziali del sistema viario e delle infrastrutture portuali interessate.

I valori di incremento del traffico, sulla rete stradale e sul porto canale risultano ampiamente compatibili e la valutazione dell’impatto trasportistico può essere definita bassa o trascurabile.



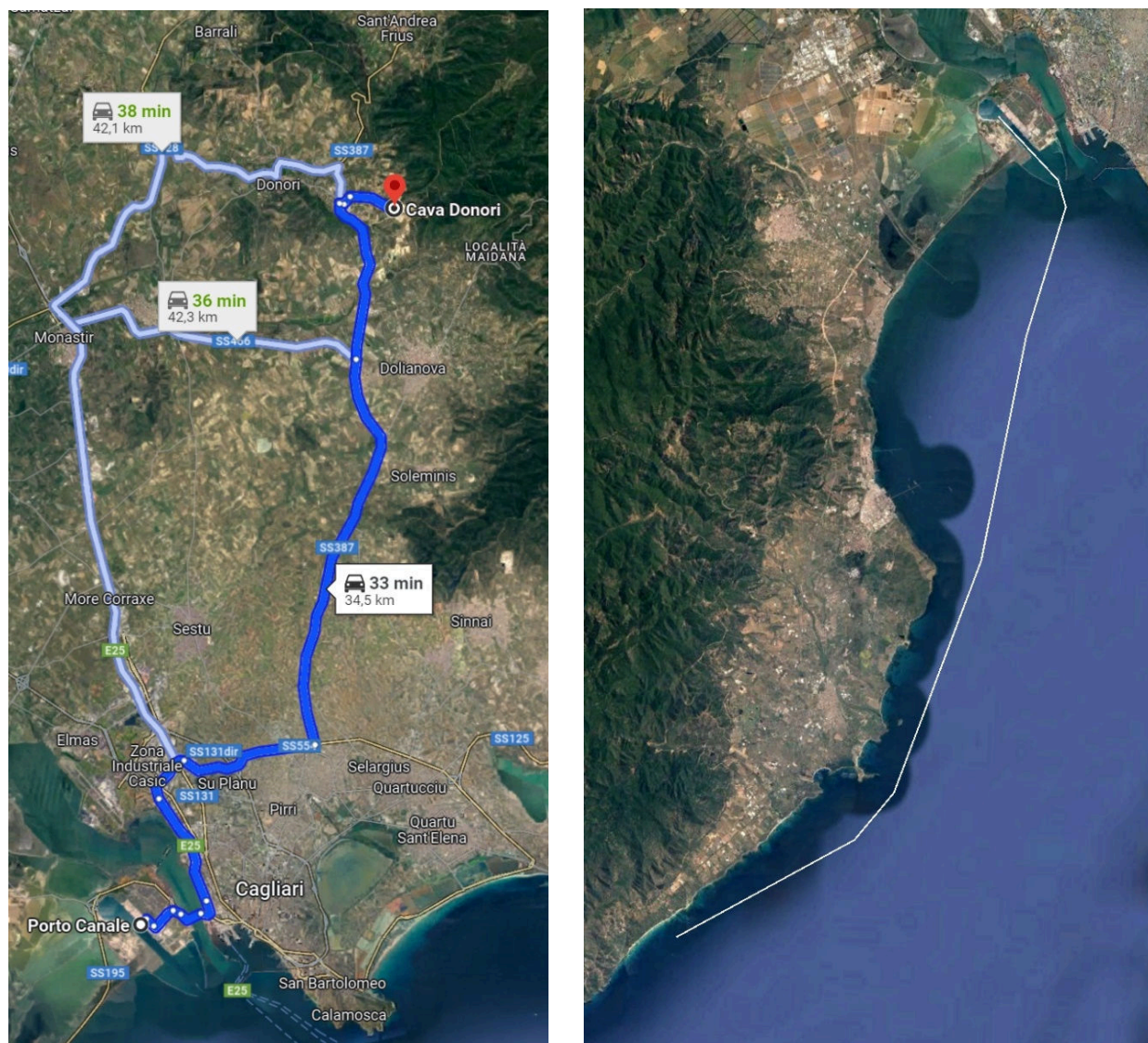


Fig.24 - Percorsi di trasporto dei materiali di cava a terra (35 Km) e via mare ( 20 Nm)

## 10 – ALTRE INTEGRAZIONI E CHIARIMENTI RICHIESTI

### 10.1 – Aspetti di natura progettuale - Rendering dell'intervento e aspetti di sicurezza (Punto 10 della nota 24480)

La accessibilità da parte dei bagnanti alle scogliere artificiali che costituiscono le barriere emergenti sarà in linea generale interdetta mediante la comunicazione con la cartellonistica informativa della spiaggia e del resort e con segnaletica specifica di divieto. La costruzione delle barriere è prevista con pendenze dal livello del mare al fondale variabili, comprese tra 27° (2 su 1) e 14° (4 su 1), la natura dei massi (granito) e la costruzione “chiusa” con i massi ben accostati renderà la scogliera non molto diversa dalle scogliere naturali per le quali sono in genere previsti avvisi generici e presidi di sicurezza solo in casi di pericolosità specifiche individuate.

Le scogliere si trovano al di fuori degli specchi acquei in cui vengono installate le delimitazioni di “acque sicure” mediante cavi e galleggianti durante la stagione balneare.

Le informazioni cartografiche con le variazioni batimetriche e relative alle modifiche della morfologia costiera post operam, saranno fornite all’Autorità Marittima secondo quanto previsto nel Regolamento dell’Istituto Idrografico della Marina Militare approvato con atto 3/2023 recante “*Norme per le comunicazioni delle informazioni necessarie all’aggiornamento e alla pubblicazione della Documentazione Ufficiale dello Stato e per l’aggiornamento delle relative banche dati*” e trasmesse al Comando Zona dei Fari e dei Segnalamenti Marittimi della Sardegna (MARIFARI La Maddalena) competente a stabilire l’eventualità e la tipologia dei segnalamenti marittimi da installare.

Per quanto riguarda gli altri aspetti paesaggistici e per i chiarimenti relativi alla altezza delle opere sul livello del mare e sulla modellazione e foto-inserimento si rinvia all’**Allegato C** alla presente relazione.

## **C - INTEGRAZIONE RELAZIONE PAESAGGISTICA**

### **10.2 - Aspetti di natura progettuale - Integrazione Analisi Costi Benefici (Punto 11 della nota 24480)**

Stabilire l’importanza che l’aspetto e la fruibilità della spiaggia hanno per il Forte Village non è impresa da poco. Attiene a argomenti variabili e sfuggenti che riguardano la dimensione psicologica della clientela e il “peso” che le suggestioni evocate dalla spiaggia hanno nella scelta del luogo di vacanza e di soggiorno.

La valenza che la spiaggia assume nella clientela riguarda la funzione che esercita nell’orientare la scelta verso uno specifico “beach resort” in cui la attesa di esperienze sensoriali e emotive, possano trovare appagamento nel fruire di un affaccio privilegiato sul mare, con caratteristiche di bellezza e suggestioni esclusive, il cui piacere abbia l’alto valore del tempo della vacanza, più che il suo prezzo.

La spiaggia è un “brand equity” fondamentale per il “Beach Resort Forte Village” e il suo valore commerciale è commensurabile più alla percezione e fidelizzazione della clientela piuttosto che alla valenza intrinseca delle infrastrutture di spiaggia e ai ricavi strettamente afferenti ad esse.

Per gli ulteriori chiarimenti richiesti si rimanda all’ **Allegato D**.

### **10.3 - Aspetti di natura progettuale – Caratterizzazioni per immissione in mare. (Punto 13 della nota 24480)**

Il programma delle attività di caratterizzazione dei materiali oggetto di movimentazione e/o immersione sono descritte nell’**Allegato F** alla presente relazione.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei massi da utilizzare nella costruzione delle scogliere, oltre a quanto già indicato nella presente relazione, prima dell’avvio dei lavori saranno fornite le certificazioni della cava con le caratteristiche mineralogiche e petrografiche e chimico-fisiche dei massi.

### **10.4 - Aspetti di natura ambientale – Integrazioni al Piano di Monitoraggio - (Punto 2 della nota 24480)**

Per quanto riguarda le integrazioni relative a: monitoraggio del posidonieto; controllo della colonna d’acqua; monitoraggio delle comunità bentoniche dei fondi molli; e le eventuali misure di compensazione sono state incluse Piano di Monitoraggio Ambientale si rimanda all’**Allegato E** alla presente relazione

### **10.5 - Aspetti di natura ambientale - Risccontro alle note altri Enti - (Punto 3 della nota 24480)**

Risccontro nota Servizio tutela del paesaggio Sardegna Meridionale; nota prot. 30215 del 21.06.2023 (punto 3.1)

Per quanto riguarda la visibilità delle barriere, gli aspetti paesaggistici e per i chiarimenti relativi alla altezza delle opere sul livello del si rimanda all’ **Allegato C**



---

Riscontro nota A.R.P.A.S. Dipartimento Cagliari e Medio Campidano; nota n. 24388 del 30.06.2023 (punto 3.2)

Nella presente relazione sono contenuti alcuni dei chiarimenti integrativi in riscontro alle osservazioni contenute nella nota dell'ARPAS, per quanto riguarda:

- le tendenze evolutive del litorale, le dinamiche sedimentarie e i risultati della modellazione numerica;
- gli ulteriori chiarimenti, oltre a quanto già evidenziato nella presente relazione, in merito alla sostanziale assenza di impatti anche nel caso peggiore relativi alle aree di retrospiaggia a sud-ovest o determinare alterazioni agli habitat e specie sottoposti a tutela dalla Z.S.C. ITB042231 "Tra Forte Village e Perla Marina", [habitat 1210 (Vegetazione annua delle linee di deposito marine) e habitat prioritario 2250\* (Dune costiere con Juniperus spp.)]. si rimanda all'**Allegato B**
- per le integrazioni richieste relative al piano di monitoraggio si rimanda all' **Allegato E**

---

#### ALLEGATI

**A – RILIEVI E INDAGINI AREE DI PRELIEVO**

**B - ANALISI MODELLISTICHE INTEGRATIVE ALLO STUDIO METEOMARINO - DHI**

**C – INT. RELAZIONE PAESAGGISTICA**

**D – INT. ANALISI COSTI BENEFICI**

**E – REV. PIANO DI MONITORAGGIO**

**F – INT. CARATTERIZZAZIONE SEDIMENTI**

---