



## **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*

# **ALLEGATO C**

## **INTEGRAZIONE RELAZIONE PAESAGGISTICA**

### **SOMMARIO**

#### **PREMESSA**

#### **1 - REVISIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLE OPERE**

- 1.1 - Barriere sommerse
- 1.2 – Revisione dell'altezza massima sul livello del mare

#### **2 - MATERIALI DI COSTRUZIONE DELLE BARRIERE**

#### **3 - IMPATTO VISIVO E PAESAGGISTICO**

- 3.1 – Contesto paesaggistico
- 3.2 - Posizione e visibilità.

#### **4 -MODELLAZIONE**

- 4.1 – Grafici preliminari
- 4.2 –Sezioni con evidenziata la riduzione delle altezze (NOV 2023)

*Allegato*

C<sub>bis</sub>FOTOSIMULAZIONI (11 TAVOLE FORMATO A3)

### **PREMESSA**

La presente relazione riguarda le integrazioni della Relazione Paesaggistica relative alla nota prot. 30215 del 21.06.2023 del Servizio tutela del paesaggio Sardegna Meridionale; e chiarimenti relativi al Punto 10 della nota 24480 del 11.08.2023 del Servizio Valutazione Impatti e Incidenze Ambientali.

L'intervento si inserisce in una dinamica evolutiva del litorale che nel suo progredire ha determinato impatti negativi sul pregio paesaggistico del litorale.

Le opere di protezione sono state studiate in relazione alle dinamiche meteomarine e sedimentarie dell'evoluzione della linea di riva, mediante modellazione numerica con l'obiettivo primario di salvaguardare la valenza ambientale, paesaggistica e di fruibilità della spiaggia individuando una configurazione con modifiche morfologiche minimali, orientate ad attenuare nel medio periodo gli effetti negativi sul paesaggio e sulla fruizione della spiaggia causati dal fenomeno erosivo in atto

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 della spiaggia.

### **1 - REVISIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLE OPERE**

#### **1.1 - Barriere sommerse**

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.

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.**

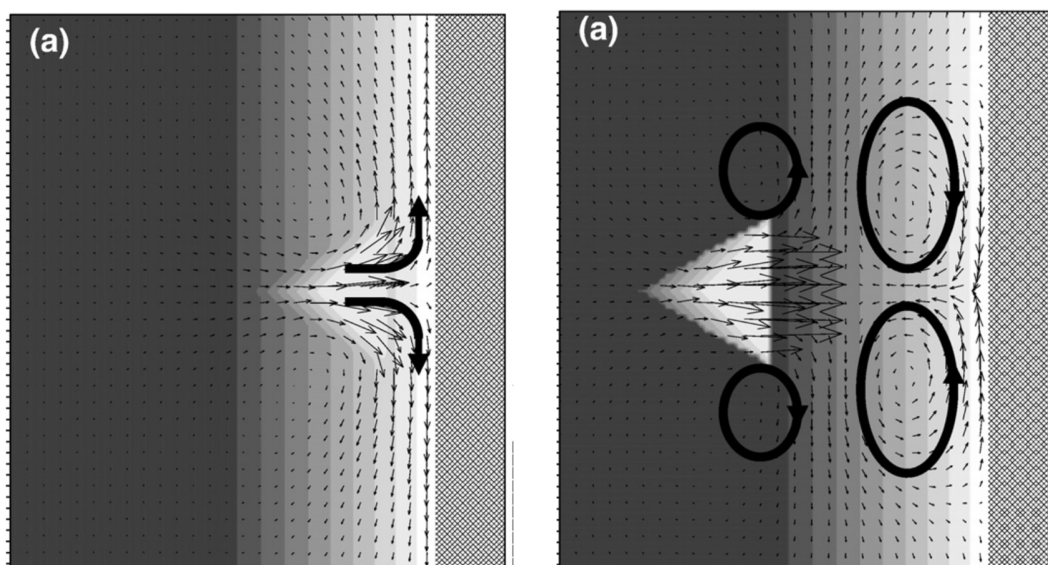
A fronte dell'entusiasmo con il quale sono proposte ed accolte tali tipologie di opere di difesa, l'evidenza dei risultati sul campo in termini di effettivo raggiungimento del principale obiettivo per cui queste opere sono progettate (l'arresto dell'erosione o l'accrescimento del litorale) mette in luce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

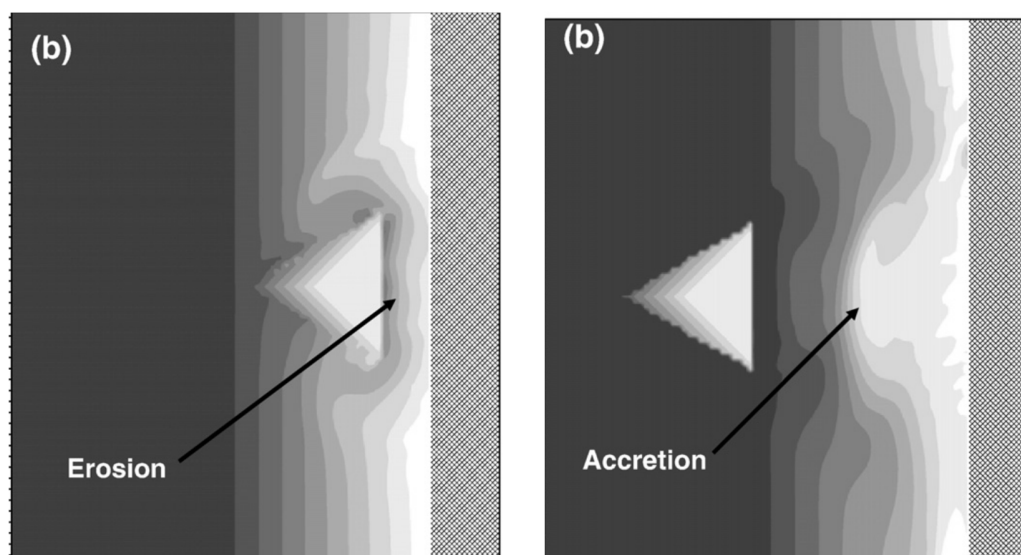
Le cause che portano a questi risultati verificati sul campo così frequentemente negativi non sono di semplice determinazione. In generale è possibile affermare quanto segue:

- 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 sommergenza 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");



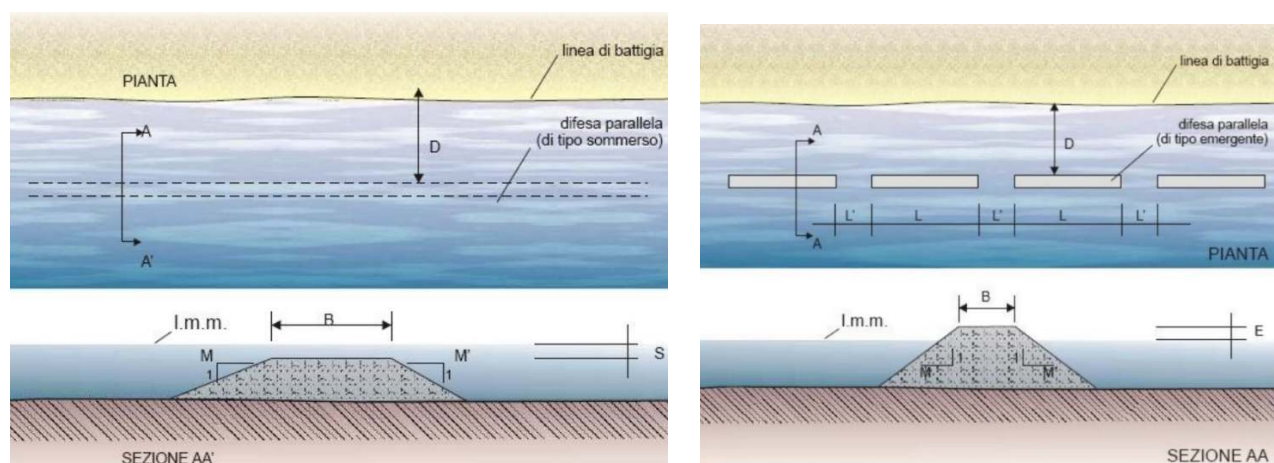
**Fig.1 - Circolazione indotta da una scogliera sommersa  
posta vicino a riva (a sinistra) e a grande distanza dalla stessa (a destra)**



**Fig.2 - Evoluzione attesa del litorale indotta da una scogliera sommersa  
posta vicino a riva (a sinistra) e a grande distanza dalla stessa (a destra)**

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>1</sup>, al di sotto di tale quota l’efficacia dell’opera di protezione potrebbe essere ridotta eccessivamente, a causa di tracimazioni troppo frequenti.



**Fig.3 - Tipologia delle barriere soffolte (a sin.) e emergenti (a ds.)**

## 1.2 – Revisione dell’altezza massima sul livello del mare

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.

**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.**

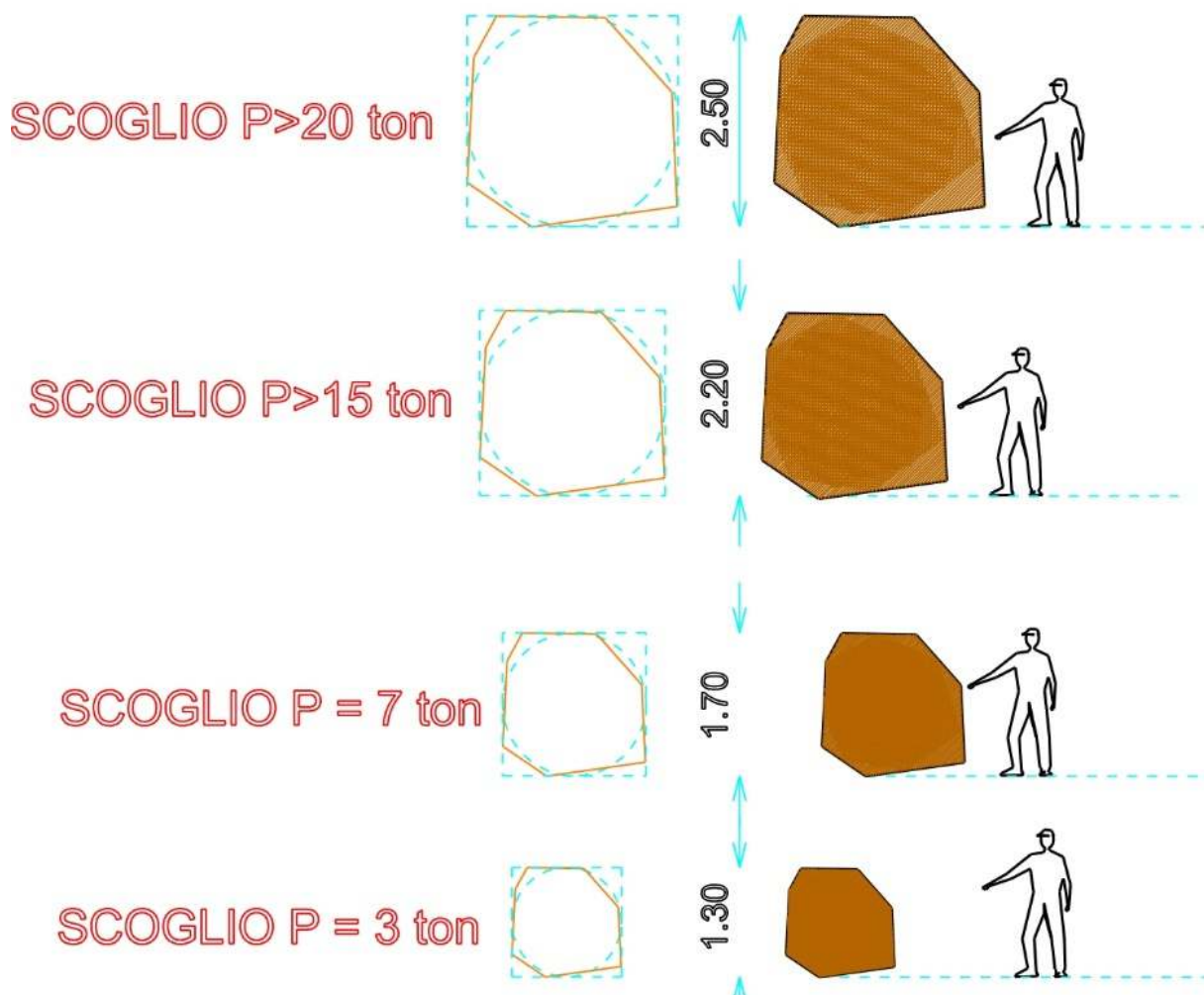
Per un miglior inserimento nel paesaggio le scogliere sono state disegnate con un profilo altimetrico irregolare con altezza minima +1,00m (necessaria a contenere la tracimazione) e altezze variabili fino a un massimo di +1,50m s.l.m. per assegnare alle scogliere un aspetto meno regolare e più naturale.

<sup>1</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”

## 2 - MATERIALI DI COSTRUZIONE DELLE BARRIERE

La realizzazione delle opere di difesa rigide è stato previsto con l'impiego di scogli naturali con caratteristiche litologiche e colorimetriche compatibili con la geologia del sito.

In particolare è stato individuato il granito rosato chiaro con caratteristiche mineralogiche e petrografiche idonee sia per stabilità chimica che per peso specifico ( $2,6\text{t/m}^3$ ) e resistenza, che lo rendono idoneo alla realizzazione di opere a scogliera in ambiente marino.



**Fig.4 Proporzioni, peso e dimensioni dei massi di cava da impiegare**





**Fig.5 Massi di granito tondeggianti (max 3 ton) provenienti da lavori di scavo e spietramento**

Il quantitativo di massi occorrenti è stato individuato in una cava in autorizzata in esercizio, situata in località Sa Suergia in comune di Donori.



**Fig.6 - Fronte di cava in loc. "Sa Suergia" in comune di Donori.**





**Fig.7 - Massi 7 ton (cava Sa Suergia)**



**Fig.8 - Massi 10 ton (cava Sa Suergia)**

No si esclude tuttavia di impiegare anche massi della stessa natura mineralogica, ma con caratteristiche tondeggianti e arrotondate (depositi alluvionali e trovanti isolati) provenienti da eventuali lavori di scavo che dovessero rendersi disponibili nel periodo di svolgimento dei lavori.







**Fig.9 - Massi di granito tondeggianti (max 3 ton) provenienti da lavori di scavo e spietramento (loc. Is Molas)**

### **3 - IMPATTO VISIVO E PAESAGGISTICO**

#### **3.1 – Contesto paesaggistico**

Il contesto di inserimento delle opere è lo specchio acqueo costiero che ricade entro 150m dalla linea di riva.

La spiaggia sabbiosa del Forte Village fa parte del sistema di spiagge di S. Margherita di Pula che rappresentano un ambito territoriale di particolare interesse per le sue attrattive turistico-balneari.

Il fenomeno dell'erosione delle coste basse nel particolare contesto di "fragilità" della spiaggia antistante il Forte Village caratterizzata da uno spessore di sedimenti di limitata potenza su un substrato roccioso affiorante, rende necessarie le azioni di salvaguardia e mitigazione del fenomeno erosivo con la realizzazione delle scogliere di protezione artificiali.

Le scogliere sono state opportunamente "disegnate" per assumere un aspetto naturale analogo a quello di altri scogli affioranti naturali presenti lungo il litorale.

#### **3.2 - Posizione e visibilità.**

Le barriere/isolotti emergenti in progetto sono ubicati nello specchio acqueo antistante il Forte Village resort, entro la fascia di 120m di distanza dalla linea di riva.

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

La maggior visibilità è ovviamente possibile dalle strutture del Forte Village resort.

La modesta altezza sul livello del mare ( 1,50m ) e la realizzazione con massi di cava selezionati, con aspetto di scogli naturali, rendono poco percepibili le scogliere/isolotti a distanze superiori a circa 500m.



### **3.3 – Rischio di impatti dovuti all'effetto cumulativo di analoghe proposte al contorno**

Come meglio e più diffusamente rappresentato nel progetto e nella Relazione Integrativa (Paragrafo 1.4 - Sintesi dell'evoluzione del litorale in esito ai monitoraggi morfologici e Conclusioni) la spiaggia del Forte Village costituisce un tratto critico con caratteristiche peculiari rispetto all'intera unità fisiografica.

La particolare "fragilità" della spiaggia antistante il Forte Village, è caratterizzata da uno spessore di sedimenti di limitata potenza giacente su un substrato roccioso affiorante, che conferisce una maggior esposizione del tratto di spiaggia alla variabilità climatica e che ha reso necessari negli ultimi vent'anni diversi interventi di ripascimento manutentivo e la attuale proposizione delle opere di salvaguardia e mitigazione costituite dalle scogliere di protezione idonee a conferire maggior resilienza a questo tratto di spiaggia.

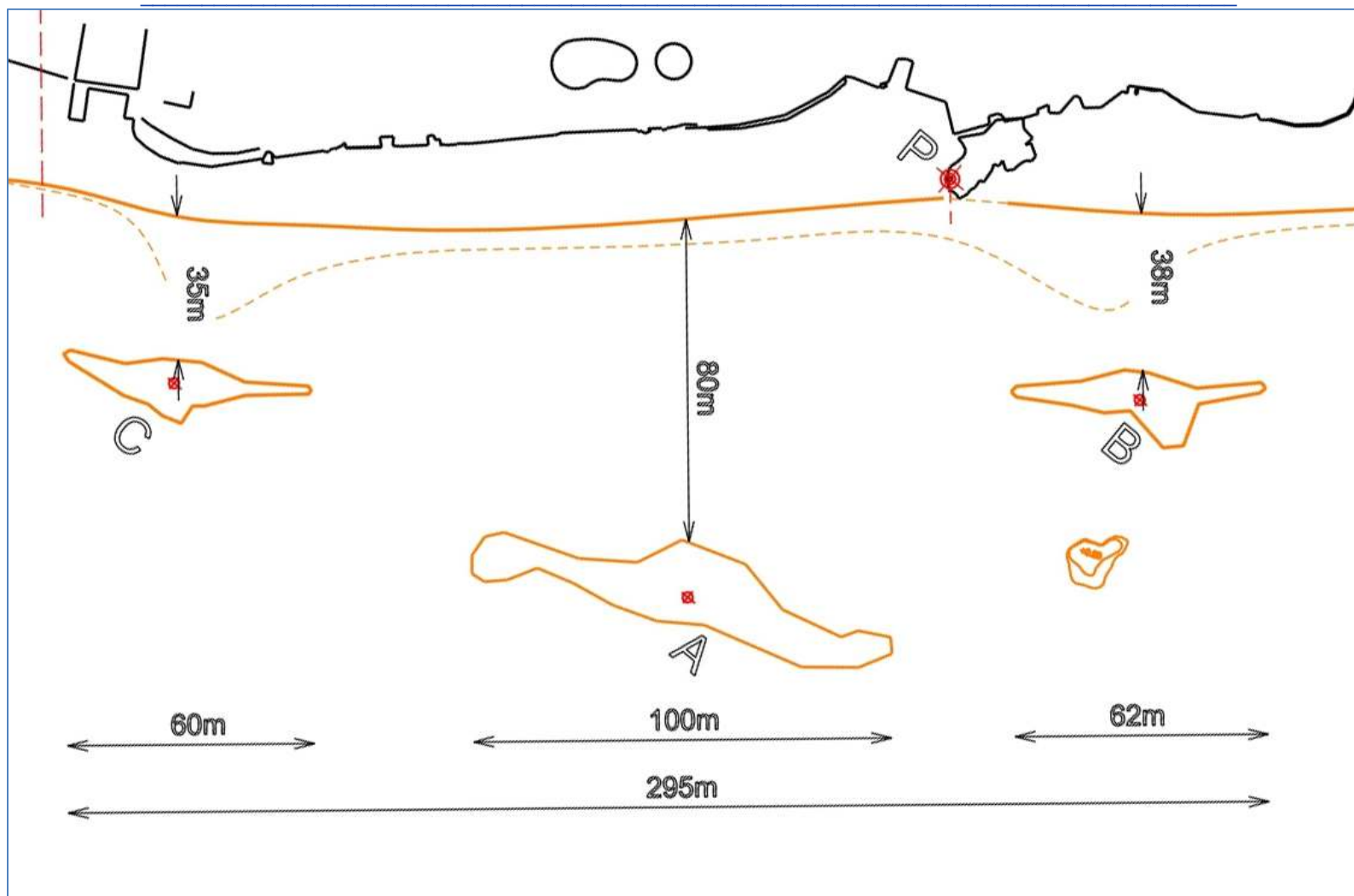
La tipologia delle opere di protezione proposte risponde alla criticità specifica del sito ma non è idonea ad essere riproposta nel resto della spiaggia che verso SW presenta caratteristiche erosive e dinamiche sedimentarie molto diverse, caratteristiche delle ampie spiagge ad arco, con formazione di barra litoranea invernale ben marcata e con volumi del giacimento sedimentario ben lontani da situazioni di criticità, seppure in lenta erosione.

Si ritiene pertanto del tutto non fondata la preoccupazione che nel medio periodo si propongano analoghe proposte progettuali nello stesso ambito fisiografico.



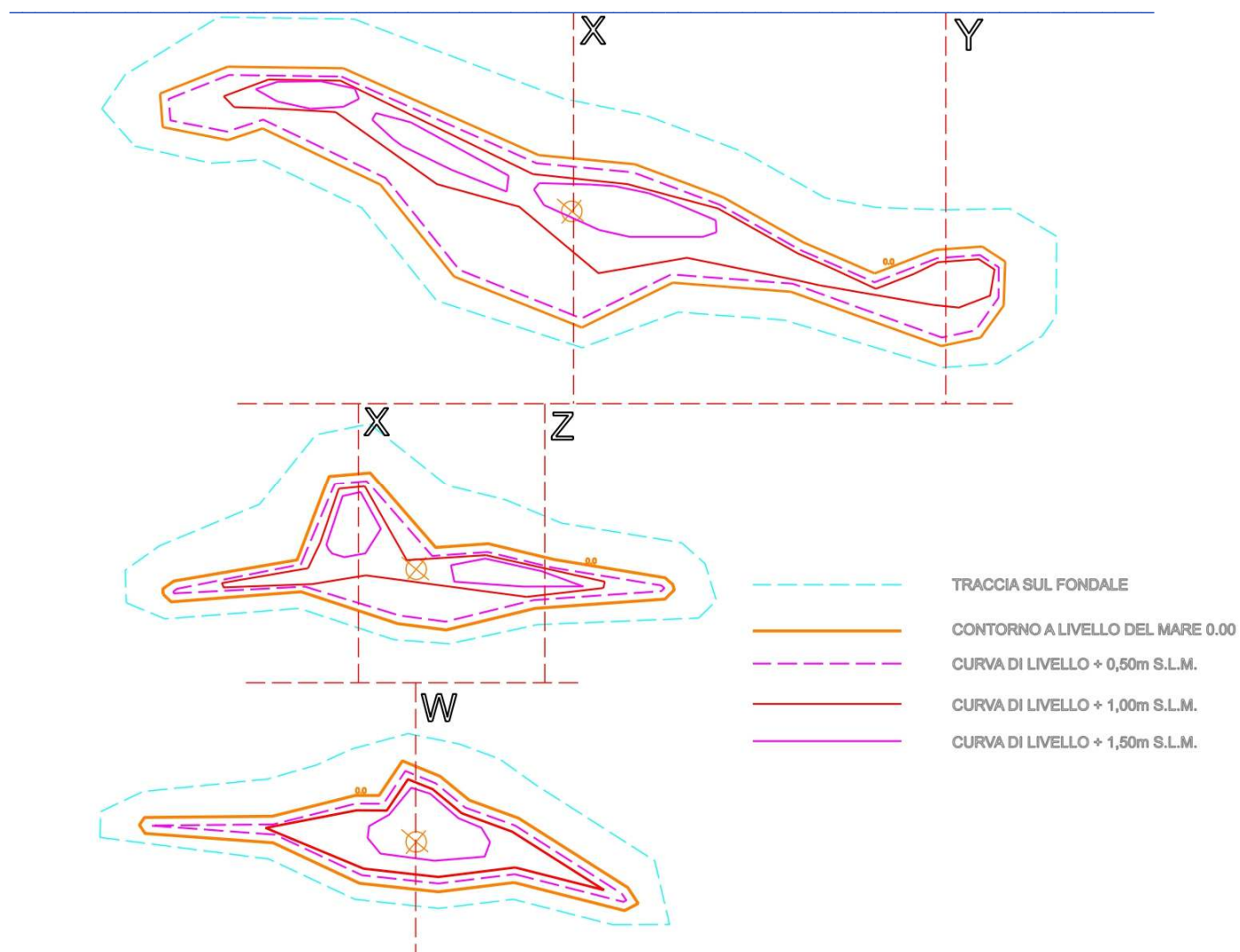
**Fig.10 - Rappresentazione dei punti di visibilità delle scogliere**

----- Posizione delle barriere      ○ Punti di visibilità



**Fig.11 - Caratteristiche dimensionali della protezione della spiaggia con barriere emergenti**



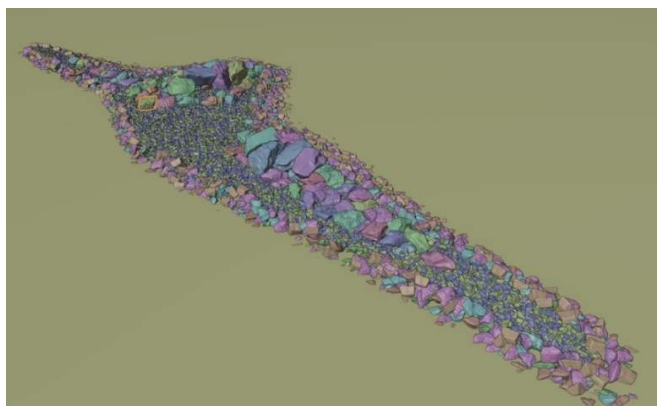


**Fig.12 - Modellazione delle barriere (curve di livello)**

## **4 -MODELLAZIONE –**

### **4.1 – Grafici preliminari**

Per completezza si riportano alcuni grafici preliminari e lo sviluppo delle attività grafiche di modellazione e inserimento nel paesaggio delle scogliere artificiali.



*Modellazione degli scogli con grandezze reali e prime prove di inserimento fotorealistico*

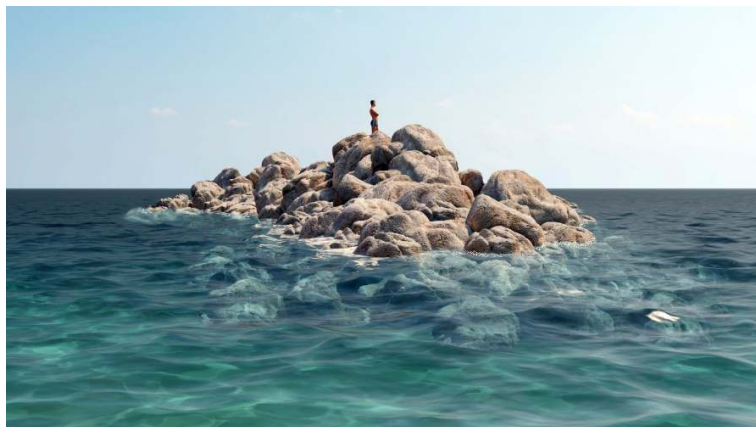


*foto 2 (simulazione)*



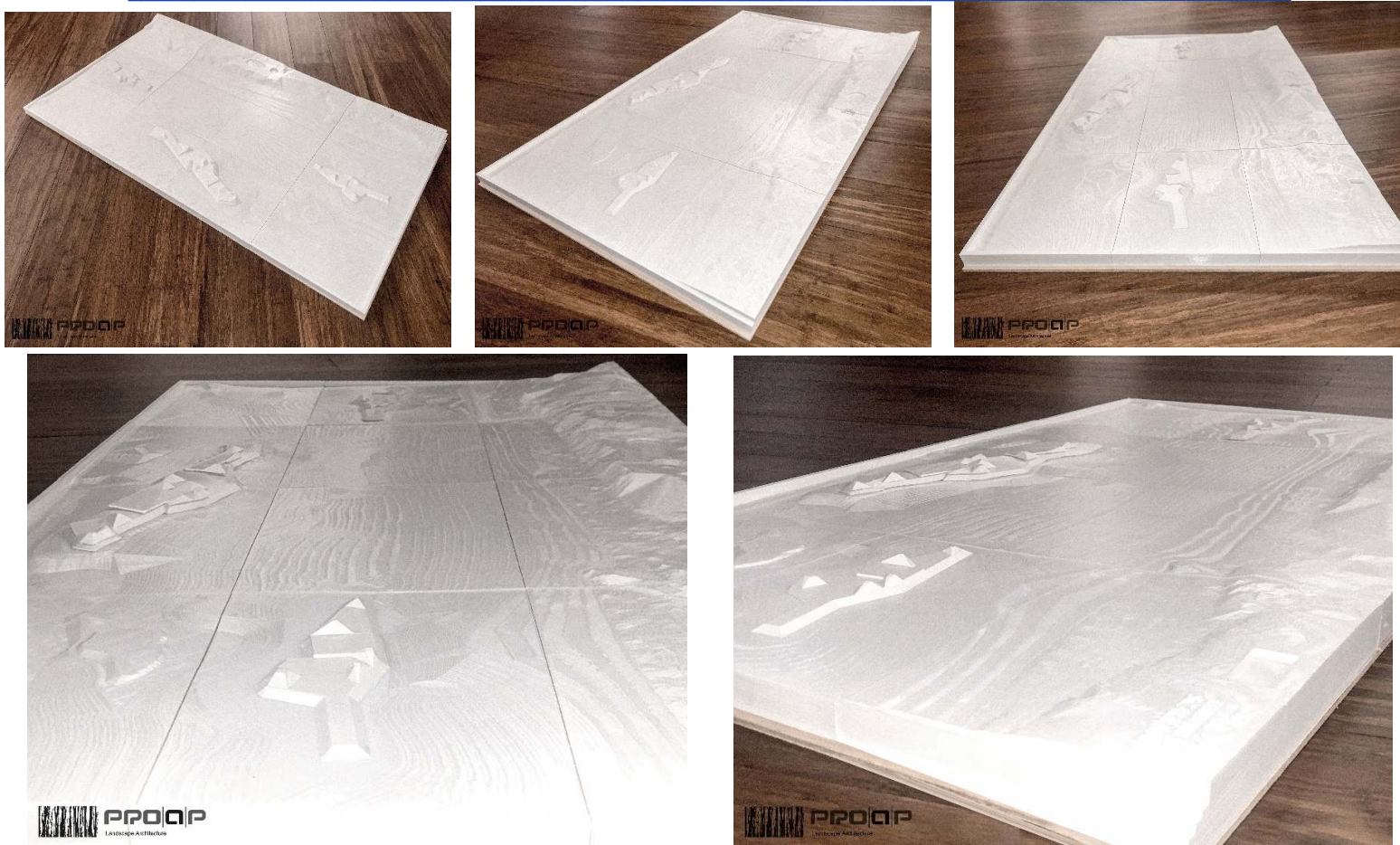
*foto 1 (simulazione)*

**Fig.13 – Elaborazioni grafiche preliminari**



**Fig.14 – Elaborazioni grafiche preliminari (altezza max + 2,50m sul livello del mare) prima della riduzione a +1,50m s.l.m.**



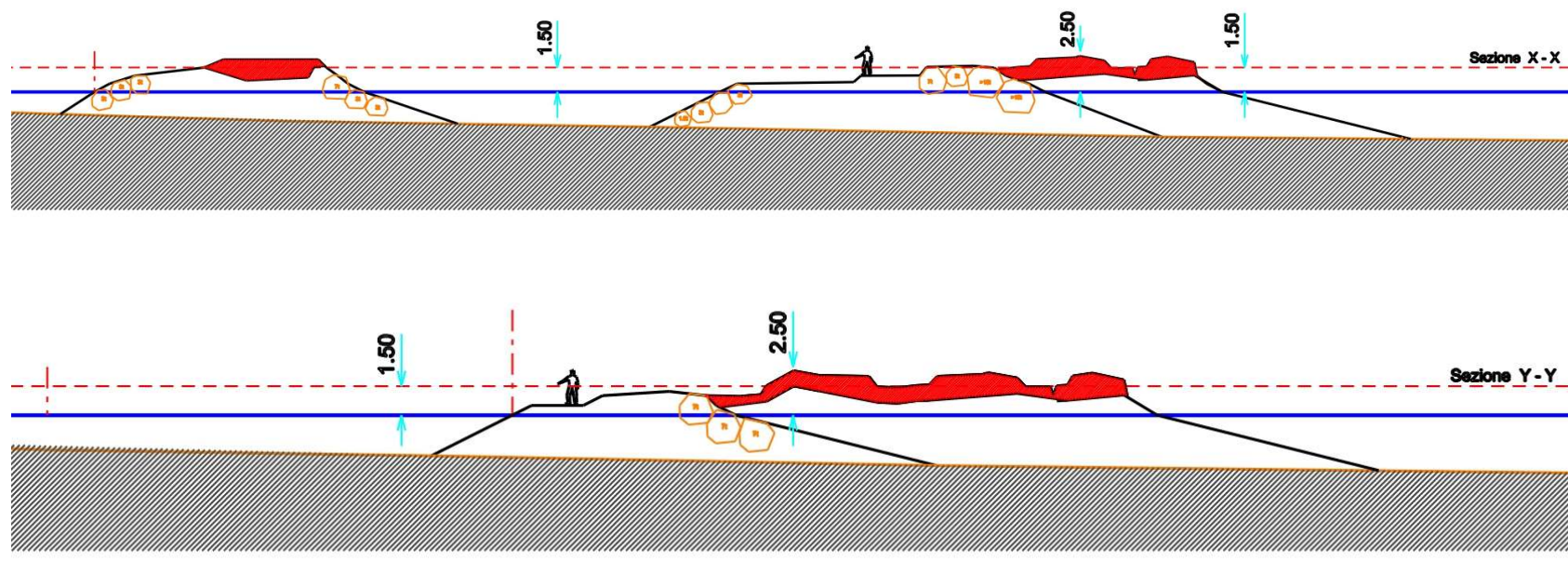


**Fig.15 – Modello fisico della simulazione di volumi realizzato dallo Studio PROAP Arch. João Nunes**

#### 4.2 –Sezioni con evidenziata la riduzione delle altezze (NOV 2023)

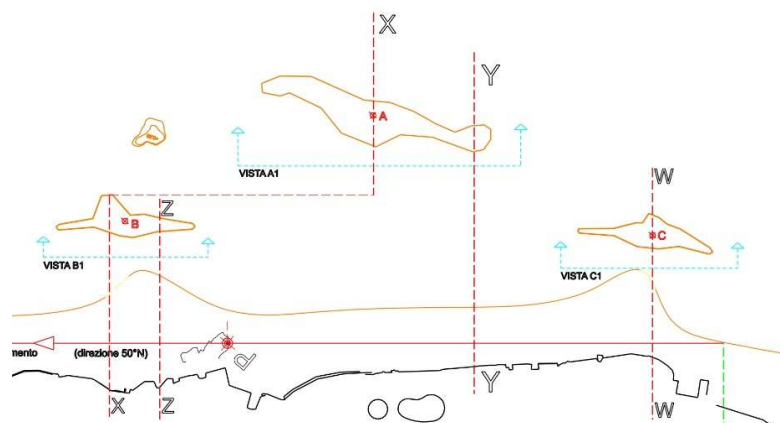
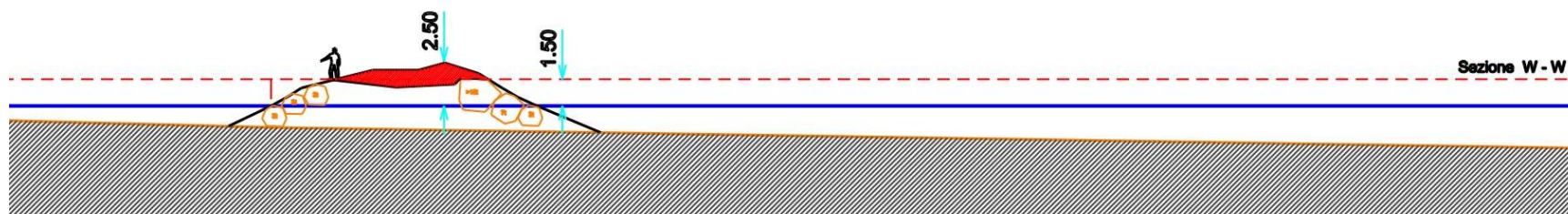
In seguito alle osservazioni espresse dal Servizio tutela del paesaggio Sardegna Meridionale con nota nota prot. 30215 del 21.06.2023 sono state ridotte le altezze delle scogliere artificiali limitando l'altezza massima sul livello medio del mare a +1,50 metri

Si riportano di seguito le sezioni con evidenziata la parte di scogliera eliminata rispetto al progetto presentato nel 2022.



**PARTE ECCEDENTE L'ALTEZZA S.L.M. +1,50  
ELIMINATA NELLA REVISIONE PROGETTO NOVEMBRE 2023**





*Pianta chiave con sezioni*