



Dott. Ing. Franco Vigna

OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA DEL FORTE VILLAGE
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA – APPENDICE – NOV_2022
Pag. 1 di 24

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

PROGETTO DI FATTIBILITÀ (definitivo)

APPENDICE

Approfondimenti richiesti nel DGR 30/44

- 1 – SINTESI DELLE CONCLUSIONI DELLO STUDIO IDRAULICO MARITTIMO
 - 2 - VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ DEL PROGETTO CON I DISPOSITIVI PROGRAMMATICI VIGENTI
 - 3 – SINTESI DELLE SOLUZIONI ALTERNATIVE
 - 4 - ANALISI COSTI-BENEFICI
 - 5 - SICUREZZA PER LA BALNEAZIONE.
 - 6.1 - STUDIO PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO.
 - 6.2 - PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE (P.M.A.)
 - 6.3 - PIANO DI GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO
 - 7 - PIANO DI CANTIERE E VALUTAZIONE DEI RELATIVI IMPATTI.
 - 8 - SITI DI APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI DI CAVA
 - 9 - ZONE DI PRELIEVO DEI SEDIMENTI DALLA SPIAGGIA SOMMERSA
 - 10 - IMPATTO TRASPORTO MASSI SU RUOTA.
- ALLEGATI:
- 1 – Scelta materiali delle scogliere (Integrazione alla relazione Geologica)
 - 2 - Piano di caratterizzazione delle sabbie

Novembre 2022

COMMITTENTE:

“Progetto Esmeralda S.r.l.”

PROGETTISTI E CONSULENTI:

Dott.Ing. Franco Vigna

(coordinatore e responsabile delle progettazioni)

Dott.Ing. Andrea Ritossa

DHI s.r.l. Ing. Andrea Crosta

Dott.Geol.Giovanni Tilocca

1 – SINTESI DELLE CONCLUSIONI DELLO STUDIO IDRAULICO MARITTIMO

1.1 – Inquadramento dell'intervento

Gli interventi di mitigazione degli effetti erosivi in corrispondenza della spiaggia del resort, effettuati negli anni 2018 – 2019 – 2020 – 2021 – 2022, costituiti sostanzialmente dal ripascimento dell'arenile emerso utilizzando ogni anno la sabbia prelevata dai fondali antistanti, con volumi variabili di sabbia movimentata annualmente (sempre a ridosso della stagione balneare), di entità che annualmente non ha mai superato circa 14.000 m³ hanno portato benefici temporanei limitati alla sola stagione di esecuzione degli stessi.

L'esigenza di pervenire ad una soluzione più duratura di stabilizzazione dell'arenile nonché più efficace, ha orientato alla soluzione proposta costituita da opere strutturali di protezione della riva dall'energia ondosa che raggiunge con ripascimento strutturale della spiaggia, con volumi di sabbia da movimentare in un'unica soluzione di entità maggiore rispetto a quelli massimi impiegati fino ad ora.

Tale tipologia di soluzione "mista", oggi largamente impiegata negli interventi di difesa della costa, che non possono prescindere dall'impiego della risorsa "sedimento" quale primaria difesa contro i fenomeni erosivi, è stata selezionata sulla base di una dettagliata analisi delle caratteristiche di onda, corrente e trasporto di sedimenti dell'intero paraggio nella configurazione attuale e successivamente verificata sia in riferimento ai benefici attesi in corrispondenza del ripascimento protetto, sia riguardando l'influenza dell'intervento sui tratti di litorale adiacenti.

Quest'ultima attività, in particolare, si è resa necessaria al fine di fornire le migliori garanzie relative agli impatti dell'intervento sul litorale al contorno.

Le attività sono state predisposte con l'ausilio di opportuna modellistica numerica, utilizzando i software sviluppati da DHI e largamente impiegati a scala nazionale ed internazionale a supporto della progettazione di interventi di difesa costiera.

Per la caratterizzazione meteomarina al largo del sito di studio si è fatto riferimento al database Mediterranean Wind Wave Model (MWM), un complesso dataset di vento ed onda ad elevata risoluzione disponibile sull'intero bacino del Mar Mediterraneo, prodotto da DHI in collaborazione con HyMOLab (Hydrodynamics and Met-Ocean Laboratory), struttura del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Trieste.

Per la simulazione delle dinamiche costiere nel paraggio in esame è stato impiegato il modello monodimensionale di trasporto solido litoraneo LITDRIFT, del pacchetto LITPACK, ed i moduli bidimensionali MIKE 21 SW – Spectral Waves, MIKE 21 HD – Hydrodynamics e MIKE 21 ST – Sand Transport, (simulazione bidimensionale rispettivamente dei campi d'onda, dell'idrodinamica locale e della capacità di trasporto sedimentario).

La Relazione meteomarina e analisi del trasporto di sedimenti è articolata nei seguenti capitoli e Allegati:

- 1 - Premessa
- 2 - Inquadramento del sito
- 3 - Dati disponibili
- 4 - Propagazione delle onde dal largo a costa
- 5 - Modellazione del trasporto litoraneo
- 6 - Modellazione 2D del trasporto sedimentario – stato attuale
- 7 - Analisi e verifiche delle ipotesi progettuali
- 8 - Analisi di dettaglio degli effetti dell'intervento - modellazione dell'evoluzione della linea di riva
- 9 - Sintesi e conclusioni
- 10 - Bibliografia

ALLEGATO A - Mediterranean Wind Wave Model

ALLEGATO B - MIKE 21 - Spectral Waves (SW)

ALLEGATO C - Littoral Process FM

ALLEGATO D MIKE 21 - Hydrodynamics (HD)

ALLEGATO E MIKE 21 - Sand Transport (ST)

La serie storica di 42 anni di dati di moto ondoso al largo, ricavata dal database MWM, è stata utilizzata come condizione al contorno di un modello dedicato, predisposto con lo scopo di propagare il moto ondoso fino a costa, tenendo conto delle principali trasformazioni che l'onda subisce nella sua propagazione verso riva (rifrazione, shoaling, attrito col fondo, frangimento).

I dati di onda sottocosta, analizzati nei punti significativi per il paraggio in esame, unitamente all'acquisizione ed analisi dei dati sedimentologici, hanno permesso di stimare il trasporto litoraneo in termini di direzioni del trasporto prevalente ed identificare la profondità di chiusura del sistema, ossia la profondità oltre la quale il trasporto di sedimenti si può considerare trascurabile.

Sono stati inoltre selezionati alcuni eventi rappresentativi, in termini di altezza d'onda significativa e direzione media di propagazione, finalizzati a ricostruire con elevato dettaglio le correnti litoranee tipiche dell'area e la distribuzione del trasporto sedimentario potenziale e a delineare gli "scenari" meteoroclimatici di analisi.

I risultati di questo sistema modellistico integrato onde-correnti-trasporto, predisposto per la configurazione attuale, hanno permesso di interpretare le dinamiche di trasporto sedimentario e di testare diverse configurazioni fino a pervenire allo schema di progetto.

1.2 – Considerazioni sulla previsione degli impatti delle opere sul litorale non protetto al contorno e sull'intera unità fisiografica.

L'approccio metodologico adottato da DHI, basato sulla scelta ragionata dei software e dei codici di calcolo da impiegare nella modellazione, tra quelli più adatti al caso in esame e ampiamente utilizzati a livello internazionale sono tali da poter essere considerati "Best Available Techniques" della modellistica numerica di settore; la assunzione di scenari di input particolarmente cautelativi, che hanno previsto la rappresentazione di condizioni meteoroclimatiche estreme e prolungate nel tempo superiori a quelle derivanti dal "database" disponibile, fanno ritenere che eventuali ulteriori approfondimenti allo stato non possano fornire un grado di affidabilità dei risultati maggiore di quello ottenuto.

Risultati della modellazione numerica

Al largo, i settori di Scirocco e Libeccio risultano quelli più significativi per l'onda, sia in termini di frequenza che di intensità.

Le altezze d'onda risultano lievemente più alte dal settore di Scirocco (fino a 6 m), settore per il quale il tratto di costa risulta completamente esposto, e solo di poco inferiori dal settore di Libeccio (fino a 5.5 m).

La disponibilità di misure di moto ondoso sottocosta ha permesso la calibrazione del modello di propagazione, con particolare riferimento alla modifica dei parametri di scabrezza del fondale e di frangimento, da cui maggiormente dipende la dissipazione dell'onda sulle basse profondità.

Le onde da Scirocco si presentano sostanzialmente poco alterate rispetto al largo, sia in altezza, sia in direzione: la direzione del fronte d'onda, infatti, è in questo caso parallelo alle isobate, per cui l'effetto di dissipazione dell'energia ondosa dovuto alla rifrazione risulta minimo.

I dati di onda sottocosta, analizzati in alcuni punti significativi per il paraggio in esame, unitamente all'acquisizione ed analisi dei dati sedimentologici disponibili, hanno permesso di stimare, per cinque profili rappresentativi, il trasporto litoraneo in termini di direzioni del trasporto prevalente ed identificare la profondità di chiusura del sistema, ossia la profondità oltre la quale il trasporto di sedimenti si può considerare trascurabile.

I risultati del trasporto sedimentario longitudinale netto e lordo (potenziale) per i cinque profili hanno evidenziato valori di trasporto netto variabili tra 3.000 e 17.000 m³/anno, mentre i range del trasporto lordo sono compresi tra 29.000 e 59.000 m³/anno.

In tutti i profili presi a riferimento, il trasporto sedimentario netto longshore si presenta diretto da nord est verso sud ovest. La quasi totalità del trasporto è concentrata nei primi 4-5 m di profondità. Tale fascia, pertanto, può approssimativamente essere identificata come la profondità di chiusura del sistema.

La non trascurabilità del trasporto sedimentario longitudinale, comunque mediamente superiore ai 10.000 m³/anno nella zona di interesse, unitamente alla presenza di un'intensa e complessa circolazione in corrispondenza del Resort, in un'area caratterizzata dall'ampia presenza del substrato roccioso affiorante, hanno suggerito l'opportunità di privilegiare, nella definizione degli schemi progettuali volti a perseguire una maggiore e stabile ampiezza della superficie utile dell'arenile e interventi volti a ridurre l'energia ondosa incidente, responsabile della generazione delle forti correnti localizzate.

Le caratteristiche degli interventi sono state pertanto così definite:

Opere di protezione parallele alla costa finalizzate a ridurre l'energia ondosa incidente sul litorale poste ad opportuna distanza dalla battigia in modo da mitigare l'effetto di incremento di livello marino dovuto al frangimento (wave setup) e massimizzare il beneficio in termini di minore trasmissione del moto ondoso.

Un volume di ripascimento, iniziale funzionale a incrementare la profondità di spiaggia e ridurre la frequenza con la quale la risalita dell'onda è in grado di raggiungere le infrastrutture di retrospiaggia, limitando così il conseguente innesco di fenomeni di riflessione e scavo al piede.

Le diverse configurazioni esaminate hanno fatto ridurre al minimo le opere trasversali radicate a terra (pennelli) che in questo contesto, indurrebbero una rotazione della spiaggia sopraflutto con accrescimento dell'arenile fino al raggiungimento dell'orientazione di equilibrio e arretramento dell'arenile sottoflutto in assenza del materiale, trattenuto dal pennello.

Le soluzioni esaminate hanno previsto anche configurazioni di progetto meno invasive con due piccole "isole" di fronte alla riva e una scogliera soffolta intermedia ma i risultati ottenuti dalle simulazioni hanno evidenziato l'elevato rischio di formazione di intense correnti di rip in corrispondenza dei varchi con la possibile perdita di sedimento verso il largo.

Si sottolinea che, dopo alcune iterazioni anche modellistiche sull'efficacia della struttura, la posizione finale dell'isola centrale ha tenuto in opportuna considerazione la presenza di una prateria di Posidonia, collocata immediatamente al largo dell'isola stessa. L'impronta dell'isola centrale è stata pertanto prevista in modo da non insistere su tale biocenosi sensibile.

Il layout "ottimizzato" è stato infine oggetto di verifica in riferimento agli effetti sulle dinamiche evolutive della linea di riva a tergo delle opere ed in corrispondenza delle spiagge adiacenti, mediante la predisposizione di opportuna modellistica monodimensionale finalizzata alla simulazione dell'evoluzione della linea di riva.

Complessivamente, il layout di progetto “ottimizzato” risulta in grado di raggiungere i principali obiettivi di riduzione della perdita di sedimento e di minimizzazione dei ripascimenti manutentivi (oggi a frequenza annuale) senza determinare significativi impatti negativi.

Le strutture determineranno un certo grado di protezione diretta dal moto ondoso lungo l’arenile, che tenderà a ridurre e localmente “intrappolare” una parte del trasporto sedimentario, pur senza in alcun modo bloccarlo interamente.

È importante sottolineare che lo schema di difesa prevede un importante ripascimento strutturale iniziale, (stimato dell’ordine di grandezza di circa 15.000 m³) da calibrare in fase esecutiva in relazione allo stato dimensionale della spiaggia emersa durante la realizzazione delle opere di protezione;

si sottolinea in particolare che questo ripascimento è necessario in quanto contribuisce significativamente a minimizzare il rischio di impatti negativi sulle spiagge adiacenti dando alla spiaggia la configurazione di stabilità attesa, in modo che la sabbia che formerà i salienti sarà interamente disponibile proprio dai volumi iniziali “aggiunti” al bilancio sedimentario.

Effetti delle opere sulla spiaggia del Forte Village

In confronto ai tratti di litorale adiacenti, la porzione di arenile antistante il Forte Village Resort risulta lievemente più aggettante; a parità di altri fattori, il maggiore aggetto è già indicativo di una maggiore tendenza all’erosione, peraltro confermata dalle tendenze evolutive recenti; inoltre la stabilità della spiaggia è influenzata dalla presenza del substrato roccioso diffusamente emergente, che ha diretta influenza sull’effettiva capacità di trasporto sedimentario locale che in questo caso costituisce un elemento sfavorevole alla stabilità.

In virtù delle caratteristiche sopra illustrate, la spiaggia antistante il Forte Village Resort può aver esercitato in qualche misura la funzione di “sorgente” di sedimento per le spiagge adiacenti, anche se la sabbia dei ripascimenti effettuati nel corso degli ultimi cinque anni è andata a depositarsi in grande prevalenza negli stessi fondali di prelievo antistanti e solo in minima parte trasportata, verso le spiagge adiacenti alimentando così il bilancio sedimentario delle stesse.

Il trasporto sedimentario nelle zone schermate dalle due isole laterali, più vicine alla linea di riva, è atteso essere molto limitato, pertanto è largamente attesa, a tergo delle opere, la formazione di salienti stabili o tomboli, in grado di limitare significativamente la perdita di sedimento dalla spiaggia favorendone la stabilizzazione;

Il piccolo pennello previsto al limite orientale della zona di intervento è “permeabile” e il trasporto sedimentario è in grado di by-passare la piccola opera; si prevede, pertanto, un effetto limitato come “trappola” di sedimenti che contribuisce al mantenimento di una linea di riva localmente più stabile senza determinare effetti a più ampia scala;

Impatti sulla geomorfologia dell’unità fisiografica.

La modellazione di lungo periodo del trasporto litoraneo ha permesso di quantificare la capacità di trasporto nell’ordine di 20 mila m³/anno.

Il modello ha evidenziato estrema variabilità di questi valori da un anno all’altro in relazione diretta con la variabilità interannuale del moto ondoso; la prevalenza del trasporto è verso sud-ovest ma in alcuni anni la direzione del trasporto netto risulta invertita.

Il potenziale impatto dello schema di difesa in oggetto sul litorale adiacente è conseguentemente da considerarsi variabile da un anno all’altro.

Lo schema di difesa “ottimizzato” è in grado di garantire una maggiore stabilità della spiaggia attraverso una combinazione di effetti: la parziale schermatura dal moto ondoso esercitata dalle strutture e l’effetto “trappola” che le aree più protette a tergo delle strutture determinano sul sedimento;

La realizzazione delle sole opere di difesa, in assenza del previsto ripascimento strutturale, per l’effetto “trappola” sopra menzionato determinerebbe la decurtazione del sedimento dalle spiagge adiacenti, dal momento che esso sarebbe trattenuto maggiormente nella zona protetta dalle opere di difesa.

Il ripascimento strutturale previsto come parte integrante del progetto, ha il principale compito di evitare l’effetto negativo sopra menzionato oltre all’effetto di ricostruire un’adeguata superficie e profondità della spiaggia emersa.

Con una quantità di sedimento di ripascimento tale da garantire la formazione preventiva “anticipata” dei salienti, e della conformazione della spiaggia attesa nel lungo termine, il rischio di riduzione dell’apporto sedimentario alle spiagge adiacenti si riduce drasticamente.

E’ evidente però che qualunque opera tendente a stabilizzare un tratto di litorale è associata al rischio di produrre impatti sui tratti di costa adiacenti che si ritiene doveroso esaminare.

Con condizioni meteoclimatiche di trasporto litoraneo in direzione sud-ovest, (prevalente) il tratto di costa ipoteticamente più a rischio di impatto risulterebbe quello posto a breve distanza dal Forte Village immediatamente a ovest dell’isola di ponente; con il rischio di una possibile riduzione nell’alimentazione della spiaggia immediatamente a sud-ovest dell’isola di ponente.

Tale impatto potenziale è mitigato dal preventivo ripascimento che “anticipa” la configurazione di lungo termine riducendo il “richiamo” dei sedimenti a detrimento della spiaggia a ovest e dalla periodica inversione del trasporto litoraneo (sporadica e meno frequente).

La possibile formazione di limitati vortici a tergo delle strutture, nelle zone a tergo delle stesse, può determinare un potenziale incremento del rischio in termini di sicurezza della balneazione. Tuttavia, in virtù dello schema proposto, tale rischio è atteso molto ridotto, anche grazie alla posizione della struttura centrale più lontano da riva rispetto al layout di progetto “base”

Il rischio che, localmente, la formazione dei piccoli tomboli in corrispondenza delle isole laterali possa determinare un incremento della tendenza al deposito di foglie morte di Posidonia sull’arenile in alcuni periodi dell’anno non può essere del tutto esclusa anche se la continuità del flusso che secondo la modellazione idraulica resta garantito ne mitiga tuttavia significativamente il rischio.

 D

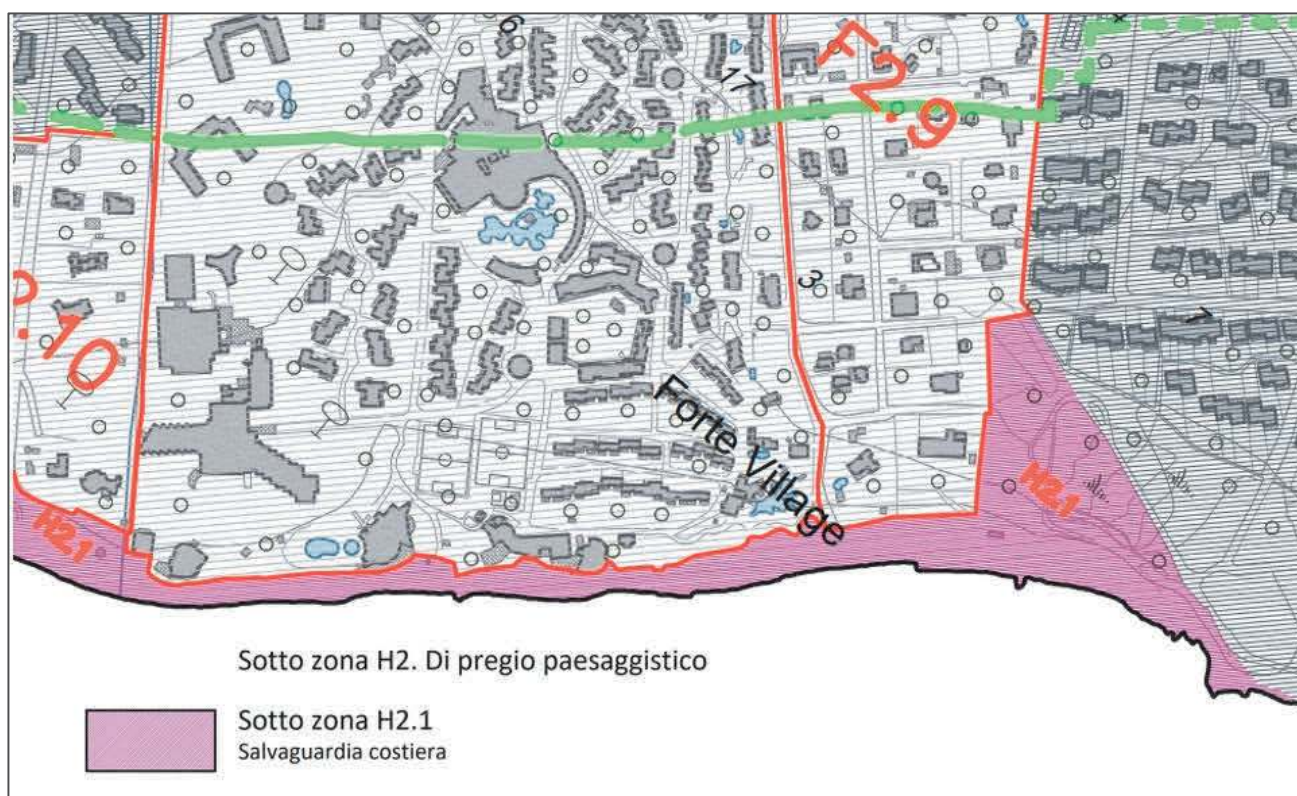
2 – VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ DEL PROGETTO CON I DISPOSITIVI PROGRAMMATICI VIGENTI

Piano Urbanistico Provinciale (P.U.P) in adeguamento al Piano Paesaggistico Regionale (P.P.R.).

La Normativa Statutaria della Città Metropolitana di Cagliari (comma 44, let b, art. 1 unico della legge 56/14) o pianificazione territoriale di coordinamento, nonché tutela e valorizzazione dell'ambiente, per gli aspetti di competenza (comma 85, let a, art. 1 unico della legge 56/14) stabilisce che la pianificazione territoriale debba essere esercitata attraverso il Piano Territoriale di Coordinamento Metropolitano, (Piano Urbanistico Provinciale) (PUP o PTC) di Cagliari, è stato adottato con Delibera di Consiglio Provinciale n. 55 del 31 luglio 2002, approvato con Delibera di Consiglio Provinciale n. 133 del 19 dicembre 2002, (vigente dal 19 febbraio 2004).

Allo strumento di pianificazione si applicano le modifiche, integrazioni e abrogazioni di cui all'articolo 75, comma 1, lettera a), della legge regionale 4 febbraio 2016, n. 2.

Piano Urbanistico Comunale in adeguamento al PPR e al PAI 15/03/2021



Stralcio PUC (Piano Urbanistico Comunale in adeguamento al PPR e al PAI 15/03/2021) Tav.PP2

Zona di pregio paesaggistico "H2"

Comprendono le aree dei beni individuati come "paesaggistici" e "identitari" nelle quali gli interventi sono mirati esclusivamente alla conservazione del bene.



Gli edifici esistenti all'interno della sottozona H2, legittimamente assentiti, a qualunque uso destinati, potranno essere funzionalmente riconvertiti a servizi turistici in genere, mediante interventi di ristrutturazione edilizia senza aumento di cubatura.

Sotto Zona di Salvaguardia Costiera "H2.1"

Comprende tutto il litorale inclusi il promontorio di Furcadizzu, l'intera area di S. Vittoria, il promontorio di Agumu e gli isolotti di S. Macario e Coltellazzo.

La pianificazione settoriale e locale deve orientare la gestione e la disciplina delle dune e dei litorali sabbiosi soggetti a fruizione turistica al mantenimento o al miglioramento del loro attuale assetto ecologico e paesaggistico, regolamentando l'accessibilità e la fruizione compatibile con la conservazione delle risorse naturali.

Non sono stati rilevati profili di incompatibilità del progetto con i dispositivi programmatici vigenti.

 /

3 – SINTESI DELLE SOLUZIONI ALTERNATIVE

Tipologie di intervento incluse nella soluzione progettuale prescelta

La soluzione progettuale adottata per la protezione e stabilizzazione del litorale è costituita da tre Scogliere "distaccate" dalla riva (barriera/isola), da un Pennello (semi-trasparente) trasversale alla riva e da opere di ripascimento.

Queste opere di difesa, possono avere svariate caratteristiche: dimensioni; orientamento emersi, sommersi, tracimabili, di diverse forme (a I, a Y, a L) e avere caratteristiche semipermeabili etc. Le opere di ripascimento possono essere del tipo "reconfiguration" ossia interventi di dragaggio e riporto finalizzati a modificare la formazione e direzione delle onde per rifrazione in modo da favorire una predeterminata configurazione della linea di riva.

Alternative progettuali esaminate

Prima di adottare la soluzione progettuale proposta è stata condotta una disamina completa delle possibili soluzioni alternative che hanno esaminato le seguenti alternative:

Configurazioni diverse

Prima di adottare la soluzione progettuale proposta è stata condotta una selezione di ottimizzazione mediante verifiche reiterate di diverse configurazioni progettuali ipotizzate e testate in riferimento ai benefici attesi e in base alla minimizzazione degli impatti dell'intervento sui tratti di litorale adiacenti.

La soluzione adottata si basa su un processo interattivo di ottimizzazione mediante verifiche reiterate di diverse configurazioni progettuali ipotizzate e testate in riferimento ai benefici attesi e in base alla minimizzazione degli impatti dell'intervento sui tratti di litorale adiacenti.

Sistemi attivi di gestione della spiaggia (Beach Management System)

Opere di riconfigurazione dei fondali e interventi di correzione granulometrica della sabbia

Nella relazione di progetto sono stati evidenziati i motivi che non rendono percorribili nel sito in esame l'impiego delle metodologie e delle tecniche di questi due punti.

Riallineamento gestito

In questo tratto di litorale, caratterizzato da un assetto geomorfologico tipizzato in una scarpata litoranea (retrospiaggia) piuttosto alta e ripida (da 1,50m fino a 3,00m), tali interventi non porterebbero alcun beneficio alle dinamiche geomorfologiche che riguardano gli aspetti dimensionali della spiaggia e non influirebbero in modo significativo sui fenomeni erosivi che riguardano la spiaggia.

Il "riallineamento gestito" comporterebbe opere di demolizione non solo di banali opere di recinzione, ma l'arretramento di importanti infrastrutture turistiche esistenti costituite in sintesi riduttiva da: 3 ristoranti, 4 piscine e dagli impianti di servizio relativi e da muri di sostegno della scarpata litoranea che in alcuni punti hanno una altezza superiore a 2,5m.

La demolizione e l'arretramento di tali opere oltre che estremamente onerosa, avrebbe impatti ambientali rilevanti e comporterebbero una diminuzione significativa degli standards dell'offerta turistico/ricettiva del resort.

Non si ritiene ragionevolmente necessaria una specifica analisi Costi/Benefici per scartare tale ipotesi.

Soluzioni alternative basate sui dati di monitoraggio

Gli studi di monitoraggio eseguiti in oltre dieci e i di monitoraggio raccolti nel corso del tempo hanno riguardato:



-
- L'Evoluzione della linea di riva;
 - La consistenza volumetrica dell'arenile;
 - Gli effetti delle opere di "ripascimento morbido" sulle biocenosi dei fondali sabbiosi mobili;
 - La evoluzione e la stabilità degli insediamenti di Posidonia e altre specie vegetali;
 - La qualità delle acque.

I luoghi oggetto dei monitoraggi hanno evidenziato un ambiente marino costiero privo di segni di degrado e un grado di naturalità dei luoghi elevato e indistinguibile da contesti litoranei non antropizzati.

Le ipotesi di "rinaturalizzazione dei luoghi" e di "mitigazione degli impatti tra le diverse matrici ambientali" non risultano pertanto pertinenti né applicabili alla fattispecie dei luoghi.

Dai monitoraggi effettuati non sono emerse indicazioni significative che possano orientare a soluzioni alternative idonee a ridurre gli impatti sulle componenti ambientali o a produrre effetti efficaci rispetto al contenimento dell'erosione e/o a indurre altre modificazioni delle caratteristiche geomorfologiche della spiaggia migliorative rispetto a quelle proposte.

 /

4 - ANALISI COSTI-BENEFICI

Nella Deliberazione 30/44 in esito alla procedura di Verifica di assoggettabilità alla VIA viene richiesta una analisi costi-benefici sulla base della quale la Proponente ha individuato la soluzione proposta (tra cui la “alternativa zero”) evidenziando ricadute socio-economiche in termini produttivi e occupazionali.

La finalità di una analisi Costi-Benefici sono orientate a stabilire l’efficienza economica di un progetto rispetto alle possibili alternative.

Costituiscono pertanto un importante strumento decisionale principalmente per il soggetto investitore , ma anche un importante strumento decisionale per gli Enti preposti a valutare gli impatti ambientali e le ricadute socio-economiche del progetto proposto.

Il “peso” analitico dei costi e dei benefici non riguarda solo l’aspetto meramente economico della attuazione del progetto ma riguarda anche aspetti diversi la cui quantificazione non ha solo caratteristiche di oggettività ma coinvolge anche valutazioni soggettive e discrezionali.

Per svolgere l’analisi costi benefici del progetto di cui trattasi è necessario individuare tutte le componenti che generano costi e benefici mettendole a confronto con i costi e i benefici generati dalle soluzioni alternative al progetto compresa “l’opzione zero”.

Una volta identificati tutti i costi e benefici generati, è poi necessario esplicitarne il valore in termini monetari o parametrici omogenei, al fine di poter disporre di grandezze espresse nella stessa unità di misura e quindi confrontabili tra loro. Si tratta di un’operazione complessa in quanto il progetto di cui trattasi tende a produrre oltre a effetti immediatamente evidenti anche costi e benefici la cui identificazione richiede un’indagine più approfondita e un quadro di riferimento modale, che inquadri gli effetti del progetto in un contesto culturale e financo ideologico con riferimento a visioni e previsioni a medio/lungo termine sul futuro dell’economia turistica nell’ambito, difficilmente esprimibili con parametri numerici con efficacia comparativa significativa.

Nel caso in esame non si ritiene particolarmente utile una capziosa disamina analitica delle diverse componenti Costi/Benefici del progetto e delle possibili varianti alternative e si propone una semplice elencazione, senza valutazioni analitiche del “peso” degli elementi di costo e dei benefici, nelle due ipotesi di realizzazione delle opere e di non realizzazione.

REALIZZAZIONE DELLE OPERE	
COSTI	BENEFICI
Costo economico (investimento)	Miglioramento delle condizioni di fruibilità balneare della spiaggia
	Valorizzazione dell'immagine iconica identitaria del resort
Modifica locale del paesaggio marino antistante il resort	Valorizzazione sinergica sulle attività delle altre infrastrutture del resort
	Consolidamento del ruolo del resort nel contesto socio-economico e occupazionale
	Miglioramento della biodiversità nell'ambiente marino



Dott. Ing. Franco Vigna

OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA DEL FORTE VILLAGE
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA – APPENDICE – NOV_2022
Pag. 12 di 24

NON REALIZZAZIONE DELLE OPERE	
COSTI	BENEFICI
Deterioramento delle condizioni di fruibilità balneare della spiaggia	Nessun costo economico (carico del proponente)
Impatto sul paesaggio dovuto al degrado erosivo della spiaggia	
Maggiori costi per la manutenzione annuale della spiaggia	
Degrado dell'immagine iconica identitaria del resort	Nessuna modifica sul paesaggio marino antistante il resort
Riduzione delle sinergie sulla fruizione delle altre infrastrutture del resort	
Riduzione progressiva del ruolo del resort nel contesto socio-economico e occupazionale	

 /



5 – SICUREZZA PER LA BALNEAZIONE.

Le finalità delle opere in progetto sono orientate alla protezione della spiaggia antistante il Forte Village resort dal moto ondoso e ricadono nella zona di mare entro la distanza di 200 metri dalla costa, destinata alla balneazione.

Tale tratto di mare è caratterizzato da un fondale naturale principalmente sabbioso degradante verso il largo alternato a aree di scogli sommersi a bassa profondità che fanno parte del substrato roccioso affiorante nell'area che si manifesta in particolare in uno scoglio posto a circa 80m dalla riva, affiorante anche in condizioni di alta marea.

Le opere a scogliera in progetto costituendo uno schermo all'azione del moto ondoso proveniente dal mare aperto determinano una zona di calma tra la riva e le scogliere con riduzione dei moti turbolenti di risacca e delle correnti (rip current) verso il largo e parallele alla costa.

La riduzione della risacca e delle correnti nello specchio acqueo compreso tra le opere e la riva è con ogni evidenza favorevole a migliorare le condizioni di fruizione balneare del tratto di spiaggia

La possibile formazione di limitati vortici nelle zone verso il largo delle strutture a scogliera, può determinare durante le mareggiate di media alta intensità un incremento del rischio in termini di sicurezza della balneazione. Tuttavia, lo schema proposto rende tale rischio molto ridotto, sia per la posizione della struttura centrale lontano da riva, e per la improbabile presenza a largo di bagnanti durante gli eventi meteomarinari di media-alta intensità.

La spiaggia, durante la stagione balneare, come definita dalla Ordinanza balneare emanata con specifica Determinazione dall'Assessorato regionale degli EE.LL. Finanze e Urbanistica che disciplina le attività esercitabili sul demanio marittimo della Regione Sardegna, è presidiata da uno specifico Servizio di salvamento sul quale l'Autorità Marittima ha facoltà di dettare specifiche prescrizioni sulle modalità di erogazione.

In particolare il limite delle Acque Sicure, corrispondente alla distanza dalla costa dove il fondale raggiunge la profondità di 1,60 metri, entro il quale possono bagnarsi i non esperti al nuoto, segnalato mediante gavitelli o galleggianti di colore bianco posizionati, parallelamente alla costa, collegati da una cima ad intervalli di circa 5 metri, che attualmente viene posizionato a circa 30m dalla battigia, per effetto delle opere sarà posizionato a maggiore distanza. La realizzazione delle opere favorisce l'aumento della superficie degli specchi acquei delle cosiddette "Acque Sicure".

 /

6.1 - STUDIO PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO.

Impatto acustico delle opere in progetto

La Valutazione Previsionale di Clima Acustico e la Valutazione Previsionale di Impatto Acustico sono obbligatorie, in determinate circostanze, per opere pubbliche o private che possono essere causa di inquinamento acustico.

Nello specifico, come stabilito dalla legge di riferimento (n. 447 del 26 ottobre 1995), si ha inquinamento acustico nel caso di "introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi". Secondo l'art. 8 - comma 3 - della legge 447/1995, la valutazione di clima acustico è obbligatoria nelle aree in cui dovranno essere realizzate: scuole e asili nido; ospedali; case di cura e di riposo; parchi pubblici urbani ed extraurbani; nuovi insediamenti residenziali posti nelle vicinanze di opere particolarmente rumorose appositamente individuate.

La Valutazione Previsionale di Clima Acustico dello specchio di mare antistante il Forte Village resort non presenta criticità che rendano necessarie specifiche rilevazioni fonometriche delle condizioni sonore esistenti, in quanto non sono presenti sorgenti di rumore antropiche o artificiali e l'unica sorgente naturale è costituita dal rumore del mare e in particolare dal frangimento delle onde di risacca sulla riva.

La Valutazione Previsionale di Impatto Acustico VPIA rispetto alla VPCA che serve a identificare l'impatto sonoro che potrà avere la nuova costruzione, rispetto alla situazione di partenza.

La natura delle opere in progetto è tale da non determinare alterazioni ai livelli di rumore esistenti.

Considerando che la funzione delle opere è quella di attenuare il moto ondoso che raggiunge la riva spostando il frangimento delle onde nel lato verso il largo delle barriere in progetto si può prevedere che le opere possano determinare in condizioni normali una lieve attenuazione del rumore del mare percepito dalla riva, e in condizioni di forti mareggiate l'allontanamento del fragore della risacca dalla riva alla linea di frangimento nel lato esposto delle scogliere in progetto.

Impatto acustico in fase di costruzione

Per quanto riguarda la Valutazione Previsionale di Impatto Acustico durante la realizzazione delle opere valgono le seguenti considerazioni:

I lavori di costruzione delle scogliere in progetto non comportano attività e/o impiego di tecnologie con che possono determinare potenziali impatti acustici nell'ambiente marino.

I livelli massimi di rumorosità che si possono produrre durante la posa dei massi e il transito dei mezzi sono di bassa intensità, riguardano durata limitata all'orario lavorativo giornaliero e sono circoscritti al periodo di svolgimento dei lavori, pertanto non determinano impatti acustici suscettibili di indurre danni fisiologici o stress comportamentale di specie marine, organismi acquatici e mammiferi marini.

Le attività di cantiere non prevedono l'impiego di macchinari e strumentazioni particolarmente rumorose; non sono previste attività in luoghi chiusi; non sono previste attività che comportino l'impiego contemporaneo di più di due mezzi d'opera in luoghi ravvicinati. Non sono previste attività e lavorazioni che presentino criticità dal punto di vista della rumorosità.

Le attività temporanea e/o mobili del cantiere si svolgeranno nel rispetto della legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447/1995 e dai regolamenti definiti a livello regionale e comunale.

/

6.2 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE (P.M.A.)

1 - Componenti ambientali oggetto dei monitoraggi di controllo

Le componenti ambientali oggetto del presente Piano di Monitoraggio Ambientale sono le seguenti:

- Popolamenti fito zoo-bentonici (posidonia e comunità bentoniche dei fondi molli);
- Linea di riva dell'intera Unità Fisiografica
- Consistenza volumetrica della spiaggia emersa estesa alla intera unità fisiografica
- Qualità delle acque nello specchio acqueo protetto
- Rilievi fotografici

Tutte queste componenti saranno rilevate ante operam con le modalità specificate al paragrafo successivo.

2 - Modalità di controllo

2.1 - Popolamenti fito zoo-bentonici (posidonia e comunità bentoniche dei fondi molli);

Preliminarmente alle attività di costruzione delle opere in progetto sarà effettuato il rilievo planimetrico della prateria e di Posidonia oceanica e saranno effettuate misure dirette di densità in 3 stazioni di campionamento poste nel posidonieto situato al largo al traverso della posizione delle barriere e in una stazione esterna in posizione non influenzata dalla realizzazione delle opere.

Sarà fatto un censimento della fauna marina (visus census) e delle comunità bentoniche dei fondi mobili (censimento su 3 riquadri campione)

2.2 - Linea di riva dell'intera Unità Fisiografica

Rilievo topografico georeferenziato (rilievo dei punti significativi con distanza minima 20m)

2.3 - Consistenza volumetrica della spiaggia emersa/sommersa esteso alla intera unità fisiografica

Rilievo batimetrico e topografico della spiaggia oggetto del progetto (circa 500m) mediante istituzione di 5 transetti trasversali di controllo estesi fino a 100m dalla linea di riva.

Rilievo batimetrico e topografico della spiaggia al contorno, esteso a tutta l'unità fisiografica (da Cala verde a Cala Bernardini circa 2.800m) mediante istituzione di 14 transetti trasversali di controllo estesi fino a 100m dalla linea di riva.

2.4 - Qualità delle acque nello specchio acqueo protetto

Prelievo di 2 campioni sulla colonna d'acqua per la determinazione del BOD, COD e della torbidità.

2.5 - Rilievi fotografici

I rilievi fotografici saranno effettuati mediante installazione di apparecchiature fotografiche a inquadratura fissa.

Le specifiche tecniche delle modalità di controllo saranno meglio precisate in fase esecutiva (Capitolato speciale esecutivo).



Dott. Ing. Franco Vigna

OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA DEL FORTE VILLAGE
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA – APPENDICE – NOV_2022
Pag. 16 di 24

3 - Frequenza dei controlli

Oggetto	Durata del monitoraggio e frequenza			
Popolamenti fito zoo-bentonici (posidonia e comunità bentoniche dei fondi molli);	ante operam	fine lavori	3 anni	ogni sei mesi
Linea di riva dell'intera Unità Fisiografica	ante operam	fine lavori	3 anni	2 annuali: agosto - febbraio
Consistenza volumetrica della spiaggia emersa estesa alla intera unità fisiografica	ante operam	fine lavori	3 anni	2 annuali: agosto - febbraio
Qualità delle acque nello specchio acqueo protetto	ante operam	fine lavori	3 anni	1 annuale (giugno)
Rilievi fotografici	ante operam	fine lavori	3 anni	4 annuali a inizio di ogni stagione

1

6.3 - PIANO DI GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il Piano di gestione riguarda le Terre e rocce da scavo relative alle OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA DEL FORTE VILLAGE sottoposte a VIA.

Terre e rocce da scavo da impiegare per la realizzazione delle opere.

N° Rif	Descrizione	Unità di misura	Quantità
1	SCAVO SUBACQUEO DI SABBIA MARINA NATURALE costituente lo strato superficiale dello spessore di circa 50cm del fondale antistante la spiaggia; eseguito con pompe draganti entro una profondità massima di -4,00m sotto il l.m.m. (<i>inferiore alla profondità di chiusura della spiaggia valutata pari a -5,00m</i>); DEPOSITO sulla spiaggia emersa delle sabbie marine naturali provenienti dallo strato superficiale del fondale antistante la spiaggia; eseguito mediante pompe draganti e tubazione refluyente della lunghezza di circa 400m per ricarica dell'arenile; RIPROFILATURA della spiaggia emersa mediante movimentazione delle sabbie di dragaggio refluite a terra, effettuata con impiego di mezzi terrestri gommati idonei alla stesura a strati secondo le pendenze di progetto;	m ³	15.000,00
2	SCOGLI NATURALI di natura granitica, del peso singolo compreso fra 100kg e 30.000kg, provenienti da idonea cava autorizzata, posti in opera secondo i disegni di progetto mediale mezzi marittimi, (pontone gru); TRASPORTO TERRESTRE dei massi di cava dal punto di estrazione (cava autorizzata) al punto di carico sul mezzo marittimo (pontone) utilizzato per la posa in opera TRASPORTO MARITTIMO dei massi di cava dalla banchina di carico al punto di posa in opera POSA IN OPERA DEGLI SCOGLI secondo i disegni di progetto mediale mezzi marittimi, (pontone gru) barca ausiliaria e operatori subacquei.	t (m ³)	9.900,00 (7.000,00)

Massi e pietrame di cava

In fase esecutiva sarà fornita la documentazione relativa ai massi di cava che saranno impiegati nei lavori, la documentazione comprenderà:

Documentazione relativa alle cave di prestito e dell'eventuale deposito intermedio (Port Canale di Cagliari)

Cronoprogramma delle attività di produzione e relativi atti di autorizzazione

Controllo in corso d'opera per la verifica delle caratteristiche di progetto (punti di campionatura e corrispondenti risultati analitici).

Riutilizzo di terre e rocce da scavo

I materiali da scavo sono le sabbie da utilizzare per l'assetto morfologico della spiaggia la cui provenienza è identificata dalle aree di prelievo identificate nella Tavola 05 di progetto e dalla profondità massima di prelievo pari a 50cm indicata in progetto.

Le operazioni di scavo sono finalizzate alla rimodellazione della spiaggia nel suo insieme mediante movimentazione nello stesso ambito (scavi e riporti)

Come si evince dalle relazioni tecniche allegate al presente progetto e al progetto 2019, le sabbie oggetto del prelievo in progetto, fanno parte dell'ampio banco di sedimenti del litorale di S.Margherita, di omogenee caratteristiche qualitative, che costituisce la spiaggia del Forte Village e che stagionalmente viene coinvolto in



importanti movimentazioni per effetto dell'azione del moto ondoso e delle correnti di trasporto da questo generate.

Tali movimentazioni, determinano una distribuzione variabile dei sedimenti nello stesso ambito alimentando alternativamente la spiaggia emersa e la spiaggia sommersa, dando luogo a conformazioni morfologiche stagionali diverse della spiaggia con .

Le aree di prelievo e le aree di destinazione delle sabbie sono indicate nelle tavole di progetto 04 e 05

CARATTERIZZAZIONE DELLE SABBIE

L'idoneità e la caratterizzazione di questi materiali è stata eseguita nell'ambito del progetto "Opere di ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village Resort (2018)" sottoposto a VIA con esito positivo D.G.R. n. 37/35 del 19/09/2019 e autorizzato dal Comune di Pula con Provvedimento Unico n.97 del 30/12/2019. I lavori a mare previsti in questo progetto sono stati ultimati nel mese di agosto 2022.

ALLEGATO 2 - Piano di caratterizzazione delle sabbie (12/12/2018)

 /

7 – PIANO DI CANTIERE E VALUTAZIONE DEI RELATIVI IMPATTI.

7.1 - ATTIVITÀ DI CANTIERE

Attività organizzative (mob./demob., tracciamento, controlli di conformità, allestimento aree e specchi acquei di cantiere; monitoraggi)

Approvvigionamento massi e pietrame (trasporto terrestre da cava a banchine di carico (10.000t ~7.000m³))

Costruzione scogliere (posa in opera massi con pontone e attrezzature marittime ausiliarie)

Ricarica della spiaggia e riassetto morfologico (dragaggio, refluimento e riprofilatura) (~20.000m³)

7.2 - TEMPI E METODI

Allestimento del cantiere

Comprende le attività di mobilitazione dei mezzi d'opera e le attività di tracciamento delle opere

Approvvigionamento massi e pietrame mediante trasporto terrestre da cava a banchine di carico

Quantitativo previsto (10.000t ~7.000m³)

L'approvvigionamento dei materiali d'opera (massi di cava) avverrà mediante trasporto con autocarro da 300q.li dalla cava autorizzata di produzione al punto di stoccaggio in prossimità della banchina di carico sul mezzo marittimo (motopontone gru) che sarà impiegato per il trasporto e la posa in opera.

Costruzione scogliere (posa in opera massi con pontone e attrezzature marittime ausiliarie)

L'approvvigionamento dei materiali d'opera (massi di cava) avverrà mediante trasporto con mezzi marittimi dal Porto Canale di Cagliari alla zona di posa (distanza circa 16Nm).

La posa in opera avverrà mediante il mezzo marittimo (motopontone gru) impiegato per il trasporto con l'ausilio di barche e operatori subacquei.

Ricarica della spiaggia e riassetto morfologico (dragaggio, refluimento e riprofilatura) (~20.000m³)

La movimentazione delle sabbie dalle zone di prelievo situate nella spiaggia sommersa all'arenile litoraneo (spiaggia emersa) sarà effettuato mediante pompa dragante aspirante e refluyente. La riprofilatura sarà effettuata con piccoli mezzi terrestri gommati (pale e escavatori da giardinaggio)

7.3 – IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

La valutazione degli impatti in fase di cantiere sono riepilogati nella seguente tabella.

Componenti ambientale		impatti				note
		nullo	basso	medio	alto	
1	Atmosfera					Le attività di costruzione e le modalità realizzative previste non comportano emissione di gas o polveri nell'atmosfera.
2	Acque marine					I lavori di costruzione delle barriere e i lavori di dragaggio possono determinare diffusione di torbidità. Durante la costruzione delle barriere saranno utilizzati sistemi di "panne galleggianti" estese fino al fondale per evitare la diffusione della torbidità.
3	Acque superficiali					Nessuna interferenza
4	Suolo e sottosuolo					Le attività di costruzione non comportano interventi sul suolo e sottosuolo.
5	Fondali marini					Le opere prevedono di operare su fondali marini che saranno trasformati in modo reversibile Le opere producono variazioni tipologiche dello stato attuale dei fondali per effetto dei vuoti tra i massi delle scogliere.
6	Flora e fauna					Le scogliere con massi e i vuoti introducono una fattispecie tipologica diversa dall'attuale con impatti positivi sulla biodiversità dell'ambito.
7	Rumore					Non sono previste attività continuative di particolare rilevanza ai fini della rumorosità
8	Campi elettromagnetici					Nessuna possibile interferenza
9	Paesaggio					Gli impatti in fase di cantiere sono i medesimi delle opere sul paesaggio (valutati medi in ragione della posizione e dimensione delle opere e della loro percezione visuale dai punti di vista possibili al contorno)
10	Interferenze con attività al contorno					Le attività 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.

7.4 - PROGRAMMA DEI LAVORI

Rif.	Attività	Tempo gg nat.cons.	settimane																		
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Organizzazione del cantiere	21																			
2	Attività di controllo e monitoraggio	133																			
3	Approvvigionamento massi (terra)	112																			
4	Posa in opera massi (pontone)	98																			
5	Ripascimento	98																			
6	Riprofilatura e opere di finitura	35																			
7	Smobilitazione cantiere	28																			
8	Ultimazione lavori e verifiche	35																			

/

8 – SITI DI APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI DI CAVA

Individuazione dei siti di approvvigionamento dei materiali di cava

La tipologia dei materiali da utilizzare è stata individuata univocamente nelle litologie granitiche afferenti alla varietà inquadrata come “Granito”, “Leucogranito”, “Monzogranito”, commercializzato con denominazioni commerciali diverse (Rosa Beta; Ghiandone Rosa; Rosa Limbara ; Rosa Nule; Giallo Sardo)

Le cave attive, autorizzate, che producono questa tipologia di materiali, sono dislocate nei comuni di:

Arzachena:	- Rosa Beta
Calangianus:	- Ghiandone Gallura
Luogosanto:	- Rosa Beta
Luras:	- Rosa Nule/Ghiandone Gallura/ Ghiandone Rosa Limbara
Olbia:	- Giallo Sardo/Rosa Beta
S.Antonio di Gallura:	- Ghiandone Gallura
Tempio Pausania:	- Rosa Beta

Protocollo di controllo in fase esecutiva

La rispondenza dei materiali previsti in progetto con i materiali impiegati in cantiere sarà effettuata secondo la sequenza seguente:

- Presentazione da parte dell'impresa del campione del materiale oggetto della fornitura.
- Verifica e approvazione della rispondenza del materiale alle caratteristiche mineralogiche del progetto e acquisizione dei certificati di origine dei materiali e di quattro campioni omogenei del materiale approvato.
- Controllo di accettazione dei materiali in ingresso al cantiere mediante acquisizione delle bolle di carico e trasporto e della certificazione di provenienza; verifica speditiva visuale delle caratteristiche qualitative dei materiali.
- Prelievo di campioni dei materiali eseguite ogni 2.500t di materiali forniti a piè d'opera e verifica di rispondenza qualitativa ai campioni approvati.

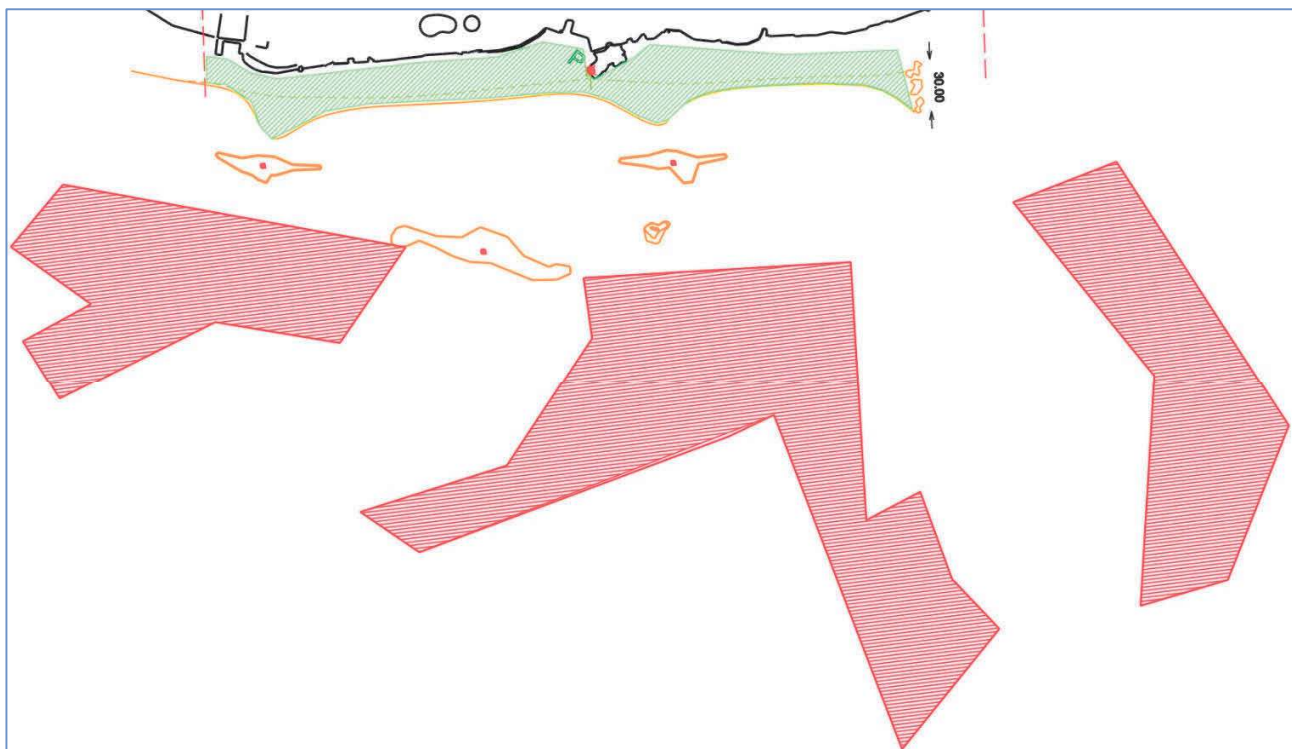
ALLEGATO 1: Materiali di costruzione delle scogliere (Integrazione alla relazione Geologica)

 /

9 – ZONE DI PRELIEVO DEI SEDIMENTI DALLA SPIAGGIA SOMMERSA

Individuazione delle zone di prelievo dei sedimenti dalla spiaggia sommersa “una tantum” e ricariche periodiche (modalità, quantità e frequenza) e relativi impatti.

Nelle figura sono rappresentate in rosso le aree di prelievo dei sedimenti e in verde l’area di spiaggia dove sarà effettuato il deposito.



Volumi dei sedimenti da movimentare

Il volume dei sedimenti da movimentare è stato determinato in relazione alla quantità necessaria all'ottenimento della configurazione della spiaggia attesa nel lungo termine in seguito alla realizzazione delle opere secondo le risultanze della modellazione numerica del trasporto solido.

Tale configurazione costituisce la spiaggia di progetto. Il ripascimento strutturale, previsto come parte integrante del progetto ha il compito di costituire preventivamente la conformazione della spiaggia attesa nel lungo termine, (spiaggia di progetto), in modo da ridurre drasticamente il rischio di riduzione dell’apporto sedimentario alle spiagge adiacenti.

Il quantitativo di sabbia da movimentare per ottenere la configurazione della spiaggia di progetto è stato stimato in via preliminare sulla base dei rilievi batimetrici eseguiti nel 2020. La stima preliminare riportata nel computo metrico di progetto è di circa 15.000m³.

I quantitativi di sabbia effettivi da movimentare, saranno determinati con maggior accuratezza in fase esecutiva in relazione all'assetto che avrà assunto la spiaggia esistente alla data di effettiva realizzazione delle opere.



Sulla base delle esperienze pregresse della variabilità della spiaggia e dei lavori di ricarica eseguiti negli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, si valuta che il massimo volume di sedimenti da movimentare sia, nella peggiore delle ipotesi valutabile pari a circa 30.000m³.

Pertanto le zone di prelievo dei sedimenti indicate in progetto, ricomprese in gran parte nelle aree già individuate e utilizzate per i lavori negli anni precedenti sono state dimensionate in modo da poter fornire un potenziale stimato di oltre 30.000m³.

Per quanto riguarda la valutazione degli impatti sono valutati nella TABELLA PARAGRAFO 7.3 con riferimento ai risultati dei monitoraggi effettuati (APPENDICE 2).

 /



10 – IMPATTO TRASPORTO MASSI SU RUOTA.

Impatto potenziale sul traffico derivante dal trasporto dei massi su ruota.

Il volume di materiali da trasportare su ruota è di circa 7.000m^3 (~10.000 t).

I materiali da trasportare sono massi naturali di granito sardo rosa, le cui cave principali si trovano in Gallura a una distanza massima di circa 350km dal pontile di imbarco individuato all'interno del Porto Canale di Cagliari.

Per il trasporto su ruota del quantitativo di materiali previsto in progetto sono necessari circa $350 \div 400$ viaggi di autocarri con portata 300 q.li muniti di cassone roccia dotato di telo di copertura antipolvere.

La necessità giornaliera massima di materiali è determinata dal potenziale di carico del pontone (250t) che può effettuare al massimo un carico al giorno. Il massimo traffico giornaliero di autocarri è pertanto stimato in circa 9 viaggi/giorno.

Il numero massimo giornaliero dei viaggi di trasporto rientra nella normale frequenza di traffico veicolare sulle strade interessate e non è suscettibile di determinare specifici impatti sulla viabilità pubblica.

VEDI ANCHE PARAGRAFO 7

/

FORTE VILLAGE RESORT - OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA
DELLA SPIAGGIA
PROGETTO DI FATTIBILITÀ (definitivo)

APPENDICE

Approfondimenti richiesti nel DGR 30/44 PROGETTO DI FATTIBILITÀ (Definitivo)

ALLEGATO 1

SCELTA DEI MATERIALI DELLE SCOGLIERE
(Integrazione della Relazione Geologica)

Opere di protezione e stabilizzazione morfologica della spiaggia antistante il Forte Village Resort in Loc. Santa Margherita in Comune di Pula. Esmeralda S.r.l.

SCELTA DEI MATERIALI D'OPERA (Integrazione della Relazione Geologica)

PREMESSA

Nell'ambito dell'apporto geologico (Relazione Geologica – marittima) fornito al progetto definitivo concernente Opere di protezione e stabilizzazione morfologica della spiaggia antistante il Forte Village Resort in Loc. Santa Margherita in Comune di Pula, al cap. 10 ai fini della **Scelta dei materiali per le scogliere** erano state indicate n.3 famiglie litologiche, ossia:

- Trachiti terziarie
- Basalti Plio-quadernari
- Graniti del complesso intrusivo carbonifero-permiano.

Si tratta di rocce geneticamente ascrivibili alle **Rocce Eruttive o Magmatiche** o Ignee o **Vulcaniche** tutte merceologicamente piuttosto caratterizzate, tanto sotto il profilo minero-petrografico quanto sotto quello geomeccanico. I primi due casi (Trachiti e Basalti) rientrano nel campo delle rocce effusive (o Vulcaniti); il terzo caso, in quello delle rocce intrusive (o Plutoniti). Di ciascuna di esse, non solo non era stata formulata alcuna specifica preferenza, ma non erano state indicate in precedenza né la destinazione specifica rispetto a ciascuna opera di difesa e neppure era stato dato corso all'illustrazione di elementi di dettaglio quali-quantitativi attinenti alle caratteristiche tecniche, salvo quanto riassunto nelle Figg. 36, 39 e 40 della Relazione Geologica.

Ciò in conseguenza del fatto che al momento non si era ancora ragionevolmente certi dell'effettivo impiego dell'una piuttosto che dell'altra, in quanto non è stato possibile predeterminarne le effettive disponibilità, fermo restando che almeno potenzialmente le litologie denominabili come Graniti sono di gran lunga commercialmente (oltre che in termini strettamente geolitologici) più reperibili nel territorio sardo, rispetto alle Trachiti e ai Basalti. Tale oggettiva difficoltà derivava non tanto da ragioni di adeguatezza tecnica dei singoli materiali in elenco rispetto alle finalità dell'opera di difesa (essendo questo un dato certo ed inoppugnabile dal punto di vista strettamente tecnico-funzionale), quanto piuttosto dalle ovvie nonché assai comprensibili incertezze sussistenti (sulla scelta finale dei materiali rocciosi) sotto il profilo dell'impatto strettamente paesaggistico, con ovvio riferimento in primo luogo alla colorazione e in secondo luogo alla foggia stessa dei singoli massi. La scelta delle tre tipologie, al netto dei necessari ulteriori più generali requisiti tecnici, era stata orientata del resto, soprattutto da un criterio di affinità cromatica con le rocce del sostrato che controlla geologicamente la morfodinamica della spiaggia, ovvero le **Arenarie della Formazione terziaria del Cixerri**. Tali rocce di colore violastro, non affiorano se non di rado, a seguito di intense mareggiate che spogliano le coperture sabbiose e ciottolose della spiaggia), nel compendio emerso di Forte Village (affiorano semmai più a Nord verso Cala Verde) mentre sono ben visibili nel settore sommerso. Tale visibilità è dunque relativa all'ambiente subacqueo e la colorazione percepita deriva per un verso dal contrasto cromatico con le sabbie circostanti molto più chiare e dagli effetti di rifrazione e riflessione della luce solare rispettivamente nel e sul corpo idrico che sommerge la spiaggia. Va aggiunto che in ambiente emerso, lateralmente al compendio di Forte Village, assume rilevanza anche un'ulteriore copertura detritica d'età Pleistocenica, di colore arancione-rossastro che caratterizza praticamente tutta l'Unità Gestionale di 3° ordine in cui è stata fatta ricadere la spiaggia di S.M di Pula, da Cala Verde, fino al limite meridionale a Sud di Pinus Village, al cui interno ai fini del progetto definitivo erano state individuate n.2 Sub Unità Gestionali (Figg. 7 e 11 della Relazione Geologica). Questa presenza costituisce un'ulteriore elemento del quadro paesaggistico e anche con esso occorre dunque raccordarsi.

La Deliberazione di Giunta Regionale n. 30/44 del 30.09.2022 recante *Opere di protezione e stabilizzazione morfologica della spiaggia antistante il Forte Village Resort in Loc. Santa Margherita in Comune di Pula. Proponente: Progetto Esmeralda S.r.l. Procedura di Verifica di assoggettabilità alla valutazione d'impatto ambientale (V.I.A.). D.Lgs. n. 152/2006, e s.m.i., a pag. 4 e 5/10, fa osservare a tale riguardo il seguente passaggio:*

non è chiaro se le tre tipologie, che con ogni evidenza presentano caratteristiche mineralogico-petrografiche differenti, verranno utilizzate in alternativa l'una all'altra, ovvero se sia previsto il loro contemporaneo utilizzo, per il quale è necessaria una specifica valutazione sul grado di alterazione del paesaggio dell'area d'intervento.

e conclude che lo S.I.A., necessario nell'ambito della procedura di V.I.A. a cui il progetto è stato assoggettato dalla RAS, dovrà (punto 8 a pag. 9 di 10) fra le altre cose:

"individuare univocamente i siti di approvvigionamento dei materiali per la costruzione delle opere di difesa rigide, al fine di predisporre, di concerto con la Città Metropolitana di Cagliari e con l'Arpas - Dipartimento di Cagliari e Medio Campidano, un protocollo da applicarsi in fase esecutiva, per la verifica della rispondenza dei materiali forniti alle specifiche richieste".

La seguente nota, pertanto, è finalizzata ad affinare la sopra richiamata univoca individuazione dei siti di approvvigionamento dei materiali necessari alla realizzazione delle barriere in massi di rocce naturali.

LA SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI MATERIALI: GENERALITA'

A tale riguardo si è ritenuto prioritario e necessario pervenire ad una prima semplificazione: individuare un'unica litologia di riferimento (quanto meno per i materiali superiori della scogliera o comunque emergenti al di sopra del livello del mare e per i pennelli).

A tal fine, assodato quanto esposto sui delicati aspetti del colore dei materiali, si è considerato in primo luogo il criterio della certezza della disponibilità/reperibilità dei volumi potenzialmente necessari, proprio al fine di non dover incorrere, per cause di forza maggiore, a rischi di frazionamenti e parcellizzazioni degli approvvigionamenti da più cave. Cosa questa che ad avviso di chi scrive, è potenzialmente possibile sul fronte sia delle Trachiti che soprattutto dei Basalti (in questo caso poiché la reperibilità di Basalto con sfumature rosa è commercialmente limitata ai soli massi non artificializzati da tagli), data la limitatezza complessiva dell'offerta.

D'altro canto con tale decisione si raggiunge il duplice obiettivo di evitare, da un lato, ulteriori eccezioni e obiezioni da parte delle istituzioni competenti e, dall'altro, di assicurare omogenei comportamenti e prestazioni, sotto ogni punto di vista, ai manufatti in progetto. Quest'ultimo aspetto ha un chiaro intento conservativo perché in tal modo si scongiura o quanto meno si rende del tutto improbabile, qualunque scenario indesiderato e inappropriato, sia in termini funzionali che paesaggistici, conseguente a differenziali tessiturali, geomeccanici, cromatici.

La scelta è dunque caduta sull'impiego di Litologie granitiche afferenti alla varietà generica inquadrabile come "Granito Rosa"

INTRODUZIONE AL CONCETTO DI GRANITI

Premesso che per Graniti in senso commercialmente lato, s'intende un vasto spettro o una vasta gamma di rocce intrusive con qualità tecniche ed estetiche simili ma non necessariamente identiche occorre chiarire, in quali termini si è utilizzato fino ad ora e si intende continuare ad utilizzare il concetto di Graniti in questa sede. Da un lato è infatti noto che la normativa italiana UNI8458 del 1983 stabilisce e definisce in primo luogo i termini tecnici, dall'altro esiste una ricca e dettagliata tassonomia su base scientifica che in Sardegna trova vasta rappresentazione nel **Complesso Intrusivo Ercinico** del blocco sardo-corso.

Il Complesso Magmatico Ercinico o Varisico della Sardegna che è parte del più ampio "batolite Sardo Corso", si estende per circa 6000Km² del territorio, ossia per circa il 25% di esso, soprattutto nel settore

Nord e Centro Orientale, fornendo in tal modo un'impronta morfostrutturale inequivocabile alla geografia della Sardegna (Fig. I).

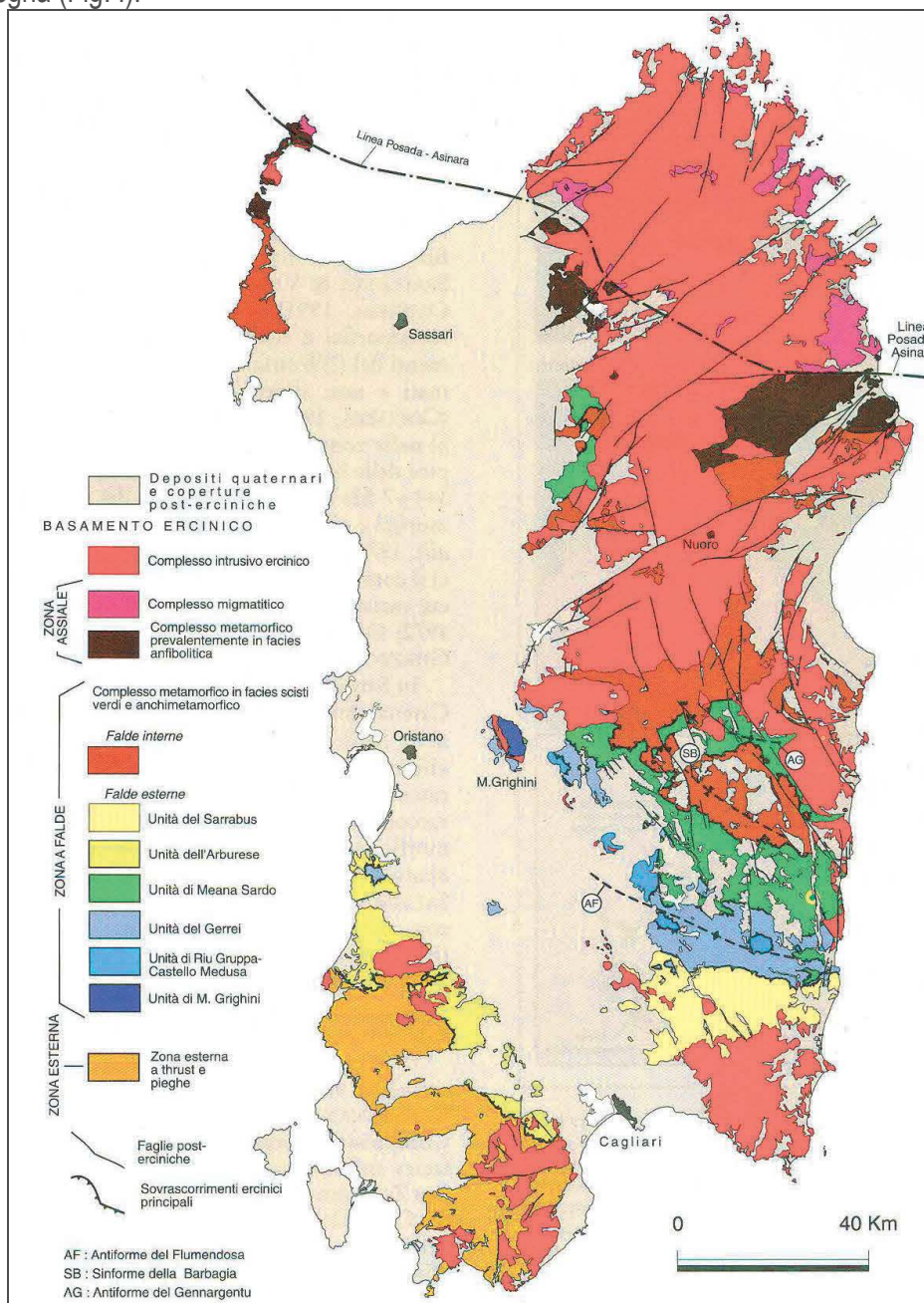


Fig. I - Principali elementi strutturali del basamento ercinico della Sardegna (da: Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia. Vol. 60/2001)

GENERALITÀ TECNICHE E SCIENTIFICHE SUI GRANITI

La Normativa tecnica classifica in primo luogo i prodotti lapidei impiegati nell'edilizia" come "rocce da costruzione e da decorazione", distinguendoli dai prodotti di frantumazione o dai granulati naturali quali ghiaia e sabbia. I materiali vengono classificati in 4 categoria commerciali. Fra di esse quella denominata "Granito" viene così definita:

Roccia fanero-cristallina, compatta lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da materiali di durezza Mohs dell'ordine di 6 a 7".

Su di un piano più strettamente scientifico, Granito è la denominazione data a rocce magmatiche leucocratiche a grana, in genere, microscopicamente grossa, contenenti Quarzo e Feldspato in

prevalenza e nelle quali, il Feldspato alcalino (Fig. II) sia ricompreso fra il 35% e il 90% rispetto al Feldspato totale (Mackenzie W.S. et al., 1990; Zanichelli).

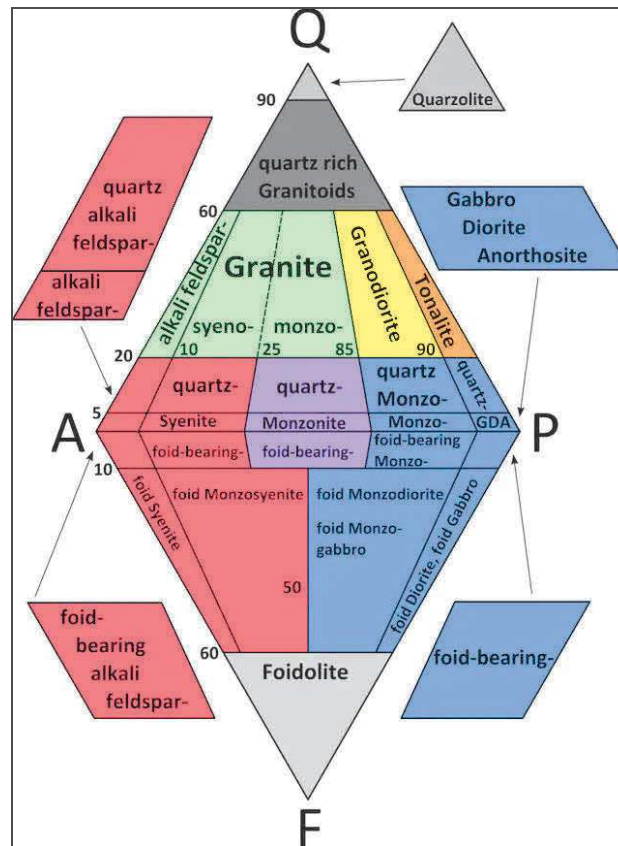


Fig. II - Classificazione o Diagramma di Streckeisen (o diagramma QAFP; ossia in base al contenuto modale di Quarzo, n base al loro contenuto di quarzo (Q), alcali-feldspati (A), plagioclasa (P) e feldspatoidi (F).

Ciò premesso, come accennato, sul piano **Tecnico-commerciale** per **Granito** si intende invece una vasta gamma di rocce eruttive Intrusive la cui composizione mineralogica comprende in varia proporzione soprattutto Quarzo e Feldspati, associati a minori quantità di minerali femici (in genere Biotite o altre Miche e Orneblenda fra gli Anfiboli). All'interno di questa compagine, come vedremo avanti, in Sardegna si sogliono distinguere varietà e sotto varietà commerciali, in funzione soprattutto delle qualità cromatico-tessuturali.

Sempre in Sardegna, nello specifico, i cosiddetti Graniti o per meglio dire i **Granitoidi tardo ercinici del complesso intrusivo** rientrano anch'essi in un quadro composito di litologie ricomprese soprattutto nel campo scientifico delle **Granodioriti** (da equigranulari a inequigranulari a tonalitiche), dei **Monzograniti** (da equigranulari a inequigranulari) e dei **Leucograniti** equigranulari. **L'età della messa in posto di tale complesso è ricompresa fra 321-286 Ma** entro due principali eventi magmatici, il primo fra 321 e 313 Ma, l'ultimo, comprendente la maggior parte del batolite sardo, tra 310 e 286 Ma. L'ampiezza dell'arco di tempo della messa in posto giustifica evoluzioni del quadro geodinamico tali da generare la varietà dei caratteri composizionali e strutturali delle diverse intrusioni magmatiche.

DEFINIZIONE DELLA TIPOLOGIA ROCCIOSA D'INTERESSE AI FINI PROGETTUALI: IL **GRANITO ROSA**

Unitamente al colore giallastro e tenuamente rosastro della sabbia il paesaggio costiero è dominato dalle sfumature del blu e del celeste dello specchio acque e da quelle arancioni e rossastre del sostrato roccioso di controllo rispettivamente su spiaggia emersa e su spiaggia sommersa. Nel primo caso si tratta della formazione detritica di versante (*Sub sintema di Portoscuso* ; Pleistocene sup.) su cui è

scolpita la ripa che limita la berma ma che ospita i corpi dunari sovrapposti. Nel secondo caso si tratta delle rocce del sostrato della Formazione del Cixerri (Eocene medio-Oligocene).



Fig. III -SUG3 vista da Cala Marina verso Nord. Sullo sfondo la formazione detritica pleistocenica costituente la ripa. Le varietà cromatiche dominanti della componente geomorfologica sono il colore arancione brunastro da un lato, quello biancastro lievemente rosa della sabbia e quello blu-celeste dello specchio acqueo

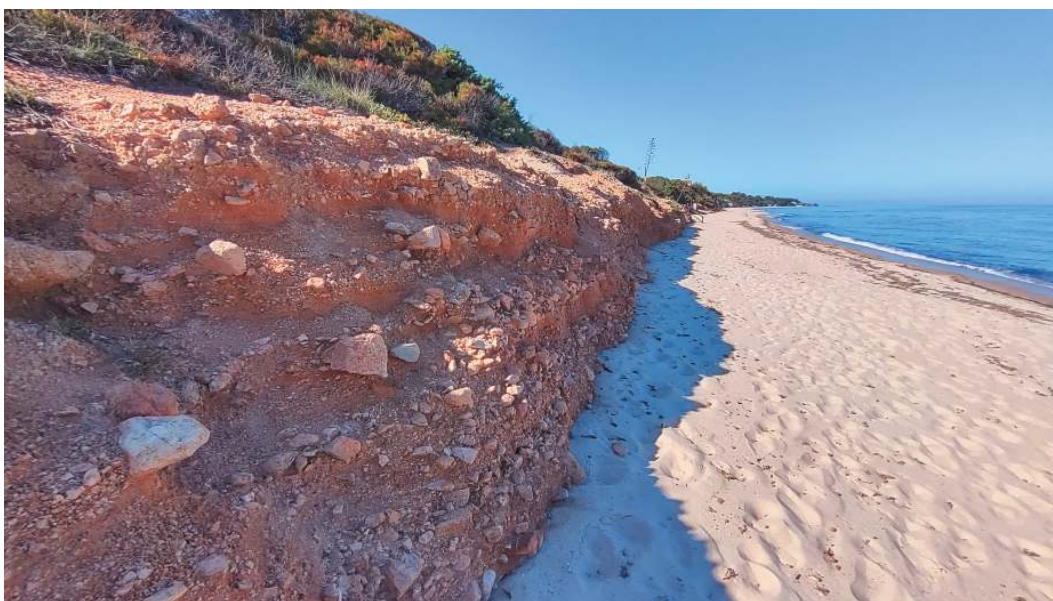


Fig. IV – Dettaglio cromatico e tessiturale della formazione detritica pleistocenica costituente la ripa

Stante quindi il quadro riferibile alle rocce lapidee più reperibili in Sardegna, le litofacies che ad avviso di chi scrive possono considerarsi idonee a garantire alle opere di difesa attiva del progetto, tonalità cromatiche e possibilmente anche forme (quanto meno per le parti emergenti sul l.m. m.) compatibili per quanto più possibile con il colore del paesaggio costiero, rientrano in linea generale in tutte quelle varietà tipologiche dominate o caratterizzate da una colorazione Rosa più o meno decisa, in forza della presenza abbondante e diffusa del **K-Feldspato** o Feldspato alcalino e delle dimensioni medie dei suoi cristalli.

Da un punto di vista industriale e commerciale, peraltro, è ben noto, a tale riguardo, che la gran parte del Granito latu sensu provenga dal territorio Nord Orientale della Sardegna, un tempo facente parte della provincia di Ol-Tm ed in particolare dai 3 noti bacini produttivi:

- Bacino di Budduso-Alà dei Sardi

- Bacino di Tempio-Calangianus
- Bacino di Arzachena-Luogosanto

Aliquote minori derivano storicamente da diverse località della Sardegna centrale (Orani, Gavoi, Ovodda e Orosei), Meridionale (Villasimius) e da settori della stessa Gallura strutturalmente in discontinuità dai precedenti.

Pur nella variabilità tipologica, solo all'interno di ognuno dei tre bacini sopra menzionati si registra un'omogeneità cromatica e tessiturale significativa mentre nelle altre situazioni sussiste una maggiore variabilità, a cui corrispondono o hanno corrisposto in passato produzioni più parcellizzate.

In particolare, dal bacino di Buddusò-Alà dei Sardi, provengono Graniti di colorazione grigia e bianca, commercializzati secondo varie denominazioni merceologiche (*Bianco Sardo, Bianco Fiore, Grigio Sardo, Luna Perla, Grigio Malaga, Grigio Perla, Grigio Champagne, Grigio Sardo Perlato*).

Nel bacino estrattivo di Tempio-Calangianus, si estrae invece la varietà Ghiandone, ben caratterizzata da cristalli di Feldspato rosa di grandi dimensioni tessituralmente in risalto sul fondo a grana minore, che conferiscono a tale varietà una evidente colorazione rosa. Anche in questo caso a tale varietà vengono fatte corrispondere denominazioni merceologiche diverse correlate a sottovarietà rispondenti, più che a reali differenze, soprattutto a strategie di marketing e ai luoghi d'estrazione (*Ghiandone Limbara, Ghiandone Gallura, Rosa Karim, Ghiandone Rosa Limbara, Ghiandone Luras, Ghiandonetta, Ghiandone Silonis* ecc.). Va detto che sempre in tale bacino estrattivo sussiste la presenza di un'altra varietà rosa di Granito, del tutto minoritaria, denominata appunto Rosa distinto in *Rosa Nule* e *Rosa Cinzia*.

Dal bacino di Arzachena-Luogosanto comprendente anche Bassacutena, deriva la produzione della varietà litoide più conosciuta fra tutte, ossia il cosiddetto Rosa Beta. Di colore grigio, tessitura inequigranulare a grana medio-fine e con cristalli di K-Feldspato idiomorfi non superiore ai 2cm che conferiscono la tipica tonalità rosa, tale litologia ricade nella famiglia dei Monzograniti della Unità intrusiva Arzachena, nella cosiddetta *facies Arzachena*. Da essa deriva la denominazione principale e quella delle sottovarietà commerciali *Rosa Beta, Rosa Beta Castello, Beta Thomas* e *Grigio Beta* con ulteriori distinzioni e sigle in base a grana (MG, MF, MA ecc.), tonalità cromatiche (*Rosa Cinzia; Rosa Scalia; Rosa Antico; Rosa Gamma; Rosa Sardo; Rosa Corallo* ecc.).

Inoltre in Comune di Orosei, noto per il distretto marmifero, viene estratto da una sola cava il cosiddetto Rosa Ferula, un leucogranito a grana media e medio-fine, di una colorazione rosa più vivace rispetto agli altri graniti rosa.

(Si omettono per brevità le varietà di Granito Giallo)

Infine va sottolineato come i dati medi di caratterizzazione fisico-meccanica in letteratura tecnica e quelli estratti da una recente tesi di dottorato (Cuccuru S.- *Studio geologico - strutturale dei granitoidi varisici come lapidei ornamentali: problematiche inerenti la caratterizzazione, la coltivazione dei giacimenti e nuovi utilizzi in campo industriale*. Università degli studi Sassari. XXI Ciclo. pp. 154) riscontrino di rocce con buone qualità funzionali

- PV = 2,65g/cmc
- Assorbimento d'acqua a pressione atmosferica = 0,37%
- Porosità aperta = 1%
- Assorbimento d'acqua per capillarità = 0,94 g/(m²·s)
- Resistenza alla compressione semplice = 133,86 MPa (valore medio delle medie di 2 direzioni di misura)
- Resistenza alla flessione = 9,27 MPa
- Velocità onde ultrasoniche = 4258 m/s

CONCLUSIONI

Dal sintetico quadro esposto (che ha omissso per brevità una serie collaterale di varietà di graniti di qualità non rispondente a priori ai caratteri desiderati) emerge quindi che:

1. le litologie più affidabili per ragioni legate alla reperibilità e alla disponibilità rientrano nel vasto campo delle rocce granitoidi del Complesso intrusivo della Sardegna.
2. Fra queste, quelle che per ragioni squisitamente cromatiche, oltre a quelle geomeccaniche e in generale tecniche ampiamente verificate in campo industriale (cfr. Figg. 39, 40 e 41 della Relazione Geologica di cui al progetto definitivo), possono considerarsi geo-litologicamente idonee a garantire alle opere di difesa attiva del progetto, tonalità cromatiche e possibilmente anche forme (quanto meno per le parti emergenti sul l.m. m.), compatibili per quanto più possibile con il colore del paesaggio costiero, attengono ai cosiddetti Graniti Rosa ossia di colore rosa particolarmente caratterizzato per varia combinazione di presenza percentuale ma soprattutto di dimensioni e di tessitura del K-Feldspato.
3. Fra queste varietà si ravvisano migliori caratteri di idoneità i tipi afferenti al Granito definito Rosa Beta e Rosa Ferula e in sub ordine il Ghiandone Rosa Limbara
4. Il Rosa Beta è un Monzogranito rosa da opaco ad acceso reperibile in varie cave del Bacino di Arzachena (SS).
5. Il Rosa Ferula è un Leucogranito esclusivo proveniente da una sola cava in comune di Orosei (Nu).

Sassari, 08/11/2022

Dott. Geol. Giovanni TILOCCA



La firma è scritta in inchiostro scuro, con uno stile fluido e personale. Il nome 'Giovanni' è ben leggibile, seguito da 'Tilocca'.

FORTE VILLAGE RESORT - OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA
DELLA SPIAGGIA
PROGETTO DI FATTIBILITÀ (definitivo)

APPENDICE

Approfondimenti richiesti nel DGR 30/44 PROGETTO DI FATTIBILITÀ (Definitivo)

ALLEGATO 2

Caratterizzazione delle sabbie



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

COMUNE DI PULA

SANTA MARGHERITA DI PULA

OPERE DI RIPRISTINO MORFOLOGICO

DEL TRATTO DI LITORALE ANTISTANTE

IL FORTE VILLAGE RESORT

C

Piano di caratterizzazione

RIF. ELABORATO:

REVISIONI	DATA		OGGETTO
	00	12-12-2018	
	01		
	02		
	03		
RED.: FP VER.: FR APPR.: AR			

PROGETTISTI:

MARTECH S.R.L. (Coordinamento):

Ing. Andrea Ritossa

Ing. Franco Vigna

SARLAND S.R.L.S.:

Ing. Alessandro Lai

Ing. Alice Scanu

Dott. Geol. Giovanni Tilocca



PROGETTISTA:

Ing. Andrea Ritossa



COMMITTENTE:

PROGETTO ESMERALDA S.R.L.

Il presente progetto, o parte di esso, non può essere riprodotto in alcuna forma, in alcun modo e per nessuno scopo, senza autorizzazione.
Ogni infrazione sarà perseguita a termini di legge.

Comune di Pula

(Provincia di Cagliari)

*" Progetto di manutenzione
periodica del litorale antistante il
Forte Village Resort"*
Campagna di indagini per il prelievo
e la caratterizzazione dei
sedimenti marini delle
aree interessate dal ripascimento

Lithos S.r.l. - Via Municipale, 92 - Tissi (SS) - tel./fax 0792678014 - cell. 3463514050 - e-mail: geo.lithos@gmail.com

Tavola:

A_01

Elaborato:

Piano di indagini

Pratica:

Revisione:

Data:

Ott. 2017

Committente:

Forte Village Resort

Consulenza:

Lithos S.r.l.

Dott. geol. Alessandro Muscas



SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI AREA DI ESCAVO	3
2.1 PERCORSO DI CARATTERIZZAZIONE	3
2.1.1 <i>Disegno di campionamento</i>	3
2.1.2 <i>Stazioni di campionamento</i>	3
2.2 MODALITÀ DI PRELIEVO, CONSERVAZIONE ED ANALISI DEI CAMPIONI	4
2.2.1 <i>Procedure di campionamento</i>	4
2.2.2 <i>Preparazione del campione</i>	4
2.2.3 <i>Accorpamento campioni</i>	5
2.2.4 <i>Conservazione del campione</i>	5
2.2.5 <i>Qualità del dato</i>	6
2.2.6 <i>Relazione tecnica</i>	6
2.3 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE ECOTOSSICOLOGICA	7
2.3.1 <i>Batteria di saggi biologici</i>	7
2.3.2 <i>Classificazione ecotossicologica</i>	9
2.4 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE CHIMICA	10
2.4.1 <i>Caratterizzazione chimica</i>	10
2.4.2 <i>Caratterizzazione chimica dei materiali</i>	11
2.5 CARATTERIZZAZIONE FISICA.....	13

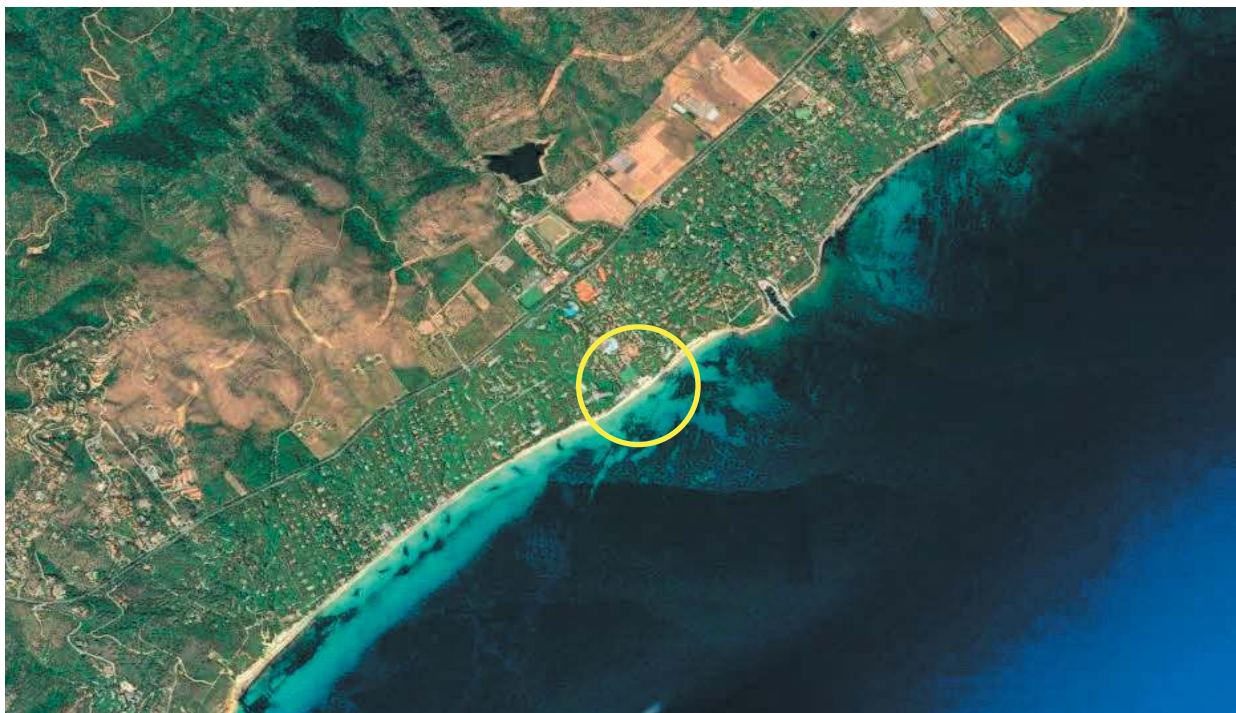
ALLEGATI

- TAV. 01 - INQUADRAMENTO SU BASE CTR
- TAV. 02 - AREA DI ESCAVO E PROGETTO DI CAMPIONAMENTO IN STAZIONI UNITARIE
- APPENDICE 2A
- APPENDICE 2B
- APPENDICE 2C

1. PREMESSA

In relazione al “Progetto di manutenzione periodica del litorale antistante il Forte Village Resort” mediante un ripascimento definibile come “intervento di media entità” come regolato dal recente Decreto 15 luglio 2016, n. 173, “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”, la presente relazione illustra la metodologia di indagine per la determinazione delle caratteristiche granulometriche, ecotossicologiche, chimiche e microbiologiche, così come richiesto nel “Caso 2: Interventi di media entità” del capitolo “3.1.2. Area di spiaggia da sottoporre a ripascimento” del citato Decreto, quando queste non siano disponibili o non siano rappresentative dello stato recente dei luoghi (ultimi 10 anni).

L'area interessata dal progetto di ripascimento stagionale è inserita lungo un tratto di costa sabbiosa di direzione SW-NE di poco meno di tre chilometri e facente parte del territorio comunale di Pula (CA). La porzione più propriamente interessata dal progetto riguarda un tratto di circa 500 metri prospiciente, come già indicato, il “Forte Village Resort”.



Nello specifico il progetto prevede la movimentazione di circa 27.000 metri cubi di sedimento che consentiranno di effettuare un avanzamento effettivo a regime di circa 15 metri rispetto alla linea di riva della passata stagione 2017 riportando pertanto il tratto di spiaggia a condizione di tipo ordinario di regime estivo come da trend degli ultimi anni di osservazione.

I sedimenti saranno prelevati dagli specchi acquei antistanti, con l'utilizzo di una mezzo marittimo dotato di pompa aspirante e refluyente, da un'area avente una superficie pari a circa 70.000 metri quadri, prelevando pertanto esclusivamente uno strato superficiale di sedimento.

2. CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI AREA DI ESCAVO

2.1 PERCORSO DI CARATTERIZZAZIONE

Il progetto in esame è regolato nel capitolo “3.1.2. Area di spiaggia da sottoporre a ripascimento” dell'allegato tecnico del Decreto 15 luglio 2016, n. 173 e, in particolare, dal “Caso 2: Interventi di media entità” con cui sono disciplinati gli interventi annuali di entità complessiva superiore a 5.000 m³ e fino a 40.000 m³ di materiale dragato.

Per tale tipo di operazione può essere utilizzato solo materiale di “Classe A”, secondo quanto riportato nel Capitolo “2.7 Classificazione di qualità dei materiali di escavo”. In sintesi i sedimenti dovranno risultare con una “Classe di pericolo ecotossicologico” “assente” o “basso” ed una “Classe chimica” con [C] ≤ L2 nella prima ipotesi e [C] ≤ L1 nella seconda ipotesi con limiti di riferimento previsti dalla “Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali”.

2.1.1 Disegno di campionamento

Non essendo disponibili recenti indagini di caratterizzazione chimica ed ecotossicologica, al fine di determinare la classificazione del materiale è stata programmata una indagine che, per estensione dell'area interessata dal ripascimento, prevede il prelievo e l'analisi di 2 campioni superficiali di sedimento rappresentative del livello 0-10 cm, all'interno dell'area interessata al ripascimento, e ulteriori 2 campioni di controllo all'esterno di essa, prelevati mediante infissione di un liner monouso che consenta di prelevare i sedimenti dalla spiaggia sommersa per uno spessore compreso tra un minimo di 50 cm ed un massimo di 100 cm.

La posizione dei campioni della spiaggia sommersa sono stati ubicati in funzione del tipo di intervento e delle correnti prevalenti nell'area, uno a monte ed una a valle della medesima area di intervento.

2.1.2 Stazioni di campionamento

Qui di seguito si riportano le “Coordinate WGS84 Geografiche” e le “Coordinate WGS84 Piane” dei punti di campionamento, la quota batimetrica, la profondità in metri da raggiungere rispetto al fondo o dalla superficie per i campioni della spiaggia emersa.

Punto	Quota o Batim. (m)	Prof. (m)	Coordinate WGS84 GEOGRAFICHE		Coordinate UTM - WGS84 PIANE	
SM_01	+0.4	0.1	38° 55' 54.52"N	8° 55' 56.24"E	4309211.976 N	494131.304 E
SM_02	+1.1	0.1	38° 55' 59.69 "N	8° 56' 03.82 "E	4309371.307 N	494313.877 E
SM_03	-1.5	0.5	38° 55' 51.54 "N	8° 55' 55.46 "E	4309120.192 N	494112.512 E
SM_04	-4.5	1.0	38° 55' 59.23 "N	8° 56' 14.89 "E	4309356.896 N	494580.502 E

2.2 MODALITÀ DI PRELIEVO, CONSERVAZIONE ED ANALISI DEI CAMPIONI

2.2.1 *Procedure di campionamento*

La tecnica di campionamento che verrà utilizzata è quella del carotaggio con liner monouso infisso manualmente che dovrà consentire un recupero del 100% del campione ed il prelievo di sedimento per quanto possibile indisturbato. Non saranno utilizzati liquidi per agevolare il carotaggio o l'estrusione della carota né il ricorso a sostanze detergenti.

Per il prelievo delle carote della spiaggia sommersa sarà utilizzato un liner con un diametro interno di circa 80 mm e di lunghezza di 2,00 m idoneo al campionamento dei sedimenti costituiti in prevalenza da sabbie medio-fini. Il campionamento potrà essere ripetuto nella stessa posizione al fine di ottenere sufficiente campione da analizzare.

Per i campioni della spiaggia emersa sarà sufficiente l'infissione di un corto liner per circa 10 cm, ripetuto più volte nell'ambito ristretto di un quadrato di 100 cm di lato, sino ad ottenere un quantitativo di sedimento sufficiente per tutte le analisi da effettuare

Nel caso del punto di campionamento SM_04, prevedendosi un raggiungimento di uno spessore di 1.00 m, la o le carote estruse andranno suddivise negli spezzoni da 50 cm partendo dalla sommità coincidente con il fondale e poi miscelate tra i campioni corrispondenti sino ad ottenere un campione omogeneo rappresentativo del livello 0-50 cm e di quello 50-100 cm.

La profondità di carotaggio indicate nel capoverso precedente dovranno essere necessariamente raggiunte a meno che il carotiere non vada "a rifiuto", nel qual caso si interromperà il carotaggio ad una quota inferiore rispetto a quella prevista annotando la quota raggiunta dal carotiere.

Per i campionamento dei fondali si utilizzerà un sommozzatore che raggiungerà le stazioni di campionamento della spiaggia sommersa direttamente dalla battigia. Le carote saranno trasportate a riva sulla quale verrà attrezzata un tavolo per il campionamento.

Le carote di sedimento saranno preventivamente decorticate della parte più esterna a contatto con le pareti interne al liner, per evitare la contaminazione da trascinamento, fotografate e predisposto il log stratigrafico. Le attrezzature utilizzate che prevedono il contatto con il sedimento devono essere accuratamente pulite prima del loro reimpiego.

Per ciascuna carota saranno individuate sezioni di 50 cm o sezioni residue di almeno 20 cm rappresentative del livello più profondo.

2.2.2 *Preparazione del campione*

Da ciascuna sezione sarà prelevata una aliquota di sedimento in modo tale da garantire la massima rappresentatività del campione. Il campione prelevato sarà omogeneizzato e suddiviso nelle aliquote previste per le diverse analisi.

La quantità di materiale prelevata per ciascun campione sarà sufficiente a garantire tutte le analisi mineralogiche, granulometriche, chimiche ed ecotossicologiche, compresa l'aliquota di riserva da conservare per eventuali approfondimenti e/o verifiche.

Dal campione, prima delle analisi, saranno rimosse manualmente e registrate in campo (scheda di campo) e/o in laboratorio (rapporto di prova), le componenti di origine antropica (es.: frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni comunque superiori a 5 mm. Questi aspetti saranno evidenziati nella scheda di campo di descrizione macroscopica del campione, corredata di foto. Sarà riportata anche una stima sommaria della percentuale in peso delle componenti di origine antropica.

Qualora il campione così ottenuto fosse costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche potranno essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di contaminazione. In questo caso, la classe di qualità del materiale corrisponde alla migliore tra quelle previste dalla classe di tossicità rilevata (Tabella 2.8 dell'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173).

All'atto del campionamento l'apposita "Scheda di campo" conterrà anche le informazioni identificative della stazione di prelievo (coordinate proiettate UTM WGS84) e dei campioni da avviare alle successive analisi.

2.2.3 Accorpamento campioni

Come previsto dall'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173, per la tipologia di progetto risulterebbe possibile formare campioni composti per le successive analisi, ottenuti miscelando i campioni singoli provenienti da aree unitarie contigue aventi caratteristiche macroscopiche similari.

Nel caso specifico, dato il numero di campioni e per ottenere una maggiore rappresentatività della qualità e delle caratteristiche granulometriche/mineralogiche del sedimento, tutti i campioni prelevati saranno sottoposti alle analisi previste senza nessun accorpamento.

2.2.4 Conservazione del campione

Le modalità di trasporto e di conservazione dei campioni saranno le seguenti:

PARAMETRO	CONTENITORE	TRASPORTO (°C)	CONSERVAZIONE (°C)
Granulometria/Mineralogia	plastica o vetro	4 – 6	4 – 6
Sostanza Organica o TOC	vetro o polietilene	4 – 6	≤ - 20 ⁽¹⁾
Chimica organica	vetro o polietilene	4 – 6	≤ - 20 ⁽¹⁾
Metalli e Inorganici	polietilene o vetro	4 – 6	≤ - 20 ⁽¹⁾
Ecotossicologia⁽²⁾	polietilene o vetro	4 – 6	4 – 6

(1) solo per campioni che non siano stati liofilizzati

(2) da eseguire sul campione fresco (paragrafo 2.3.1).

Il periodo di conservazione dell'aliquota di materiale destinata a eventuali controanalisi e/o verifiche non sarà inferiore a 3 mesi dal termine delle attività di gestione dei materiali.

Le metodologie analitiche utilizzate per la determinazione dei parametri fisici, chimici, microbiologici ed ecotossicologici saranno conformi a protocolli nazionali e/o internazionali standardizzati o riportati su Manuali e Linee Guida del Sistema Nazionale delle Agenzie.

2.2.5 Qualità del dato

A garanzia della qualità del dato:

- saranno garantite le prestazioni di qualità di cui al D.Lgs 219/2010, come recepimento della Direttiva 90/2009/EC;
- le analisi saranno condotte da un laboratorio privato accreditato da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05 per i parametri utilizzati ai fini della classificazione di qualità dei materiali di cui al presente capitolo in possesso di certificazioni nazionali e/o internazionali relative all'inserimento in circuiti di calibrazione specifici, che diano dimostrazione della qualità delle analisi;
- i risultati delle analisi e delle relative misure di controllo qualità per ciascun parametro fisico, chimico, ecotossicologico, saranno riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori e nella Relazione tecnica che conterrà anche i dati relativi all'analisi delle comunità bentoniche e delle biocenosi presenti redatti da tecnico qualificato, secondo le indicazioni riportate nei paragrafi specifici.

2.2.6 Relazione tecnica

Tutti i dati relativi al campionamento, alla caratterizzazione, alle prestazioni analitiche (QA/QC¹), alla classificazione saranno riportate in una relazione tecnica con allegate:

- La “Scheda di inquadramento dell'area di escavo” con conferma del rispetto delle indicazioni progettuali in merito a posizionamento dei punti di campionamento;
- Le “Schede di campo”;
- La “Caratterizzazione fisica” di cui al capitolo 2.5;
- I rapporti di prova di laboratorio chimico e relazione sulle analisi ecotossicologiche.

Oltre ai verbali cartacei compilati al momento del campionamento, tutta la documentazione fotografica ed i dati raccolti durante le attività di campionamento saranno organizzati e strutturati in modo da poter essere restituiti, alla fine delle operazioni di campionamento, in formato digitale, con la possibilità del loro inserimento all'interno di un Sistema Informativo Geografico.

¹ Quality Assurance/Quality Control – Assicurazione e controllo qualità

In particolare, i dati relativi ai campionamenti saranno resi disponibili in un'unica tabella nel formato Excel, che verrà fornita dall'Esecutore agli Enti di Controllo.

La tabella seguirà le specifiche di formattazione delineate di seguito. Le coordinate saranno riferite al datum WGS84 e saranno essere espresse in metri. Ad ogni campione sarà associato un unico record della tabella che conterrà tutte le informazioni richieste. I campi relativi alle tipologie di analisi che prevedono risultati di tipo descrittivo (descrizione del campione, qualità organolettiche, ecc.) saranno di tipo alfanumerico.

I campi relativi alle informazioni e alle tipologie di analisi che prevedono dati di tipo numerico (ad es. coordinate, profondità, ecc.) saranno unicamente di tipo numerico. La precisione sarà adeguata al parametro descritto ed allo strumento adoperato. Il separatore decimale sarà il punto. Non sarà presente alcun separatore di migliaia.

2.3 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE ECOTOSSICOLOGICA

2.3.1 *Batteria di saggi biologici*

I saggi biologici saranno eseguiti su tutti i campioni destinati alle analisi, singoli o accorpati. I risultati saranno riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori, indicando, oltre ai dati grezzi, il metodo ed i parametri statistici necessari, a supporto della affidabilità del dato, così come riportato in Appendice 2A dell'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 che, ad ogni buon conto, si allega, nella versione commentata, in calce alla presente. In particolare:

- nel caso di utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B (allegata anch'essa nella versione commentata in calce alla presente), i risultati saranno espressi come effetto misurato nel campione (\pm scarto tipo 6) e nel controllo negativo (\pm scarto tipo 6), riferito alla massima concentrazione del campione testata (compatibilmente al metodo del saggio impiegato);
- nel caso della classificazione ecotossicologica secondo il criterio tabellare ottenuto nell'ambito della batteria di saggi biologici utilizzata, i risultati saranno espressi come EC20 e/o EC50 con i relativi limiti fiduciali o come effetto (\pm scarto tipo 6) rispetto al controllo negativo (riportando il dato anche di quest'ultimo) e riferito alla massima concentrazione del campione testata in relazione al metodo del saggio impiegato.

I medesimi risultati, inclusi i dati relativi ai controlli positivi (rapportati alla carta di controllo del laboratorio), in forma riepilogativa tabellare, saranno comunque riportati e discussi nella Relazione tecnica.

Salvo specifiche indicazioni del metodo adottato, il sedimento intero o la frazione solida del sedimento sarà saggiata a fresco (non congelata, non essiccata né liofilizzata) prima possibile e comunque non oltre 15 giorni di conservazione a 4 – 6 °C al buio; la frazione liquida (acqua

interstiziale o elutriato 1:4 p/v) sarà preparata entro 10 giorni dal sedimento tal quale conservato a 4°C al buio e, se non saggiata entro le 24 h dalla preparazione, conservata a -20°C fino al momento dell'analisi. I contenitori con la matrice di prova non presenteranno spazio d'aria. La batteria di minima sarà composta da almeno 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben distinti, scegliendo una delle combinazioni di cui alla Tabella 2.3 riportata di seguito. Per ciascuna delle tipologia 1, 2 e 3 sarà selezionato un saggio biologico a scelta tra quelli indicati con il segno "X". La combinazione sarà la stessa per la totalità dei campioni previsti nell'ambito della medesima istruttoria.

A titolo esemplificativo una combinazione potrebbe essere la seguente:

1^a tipologia: saggio sulla fase solida. Bioluminescenza con *Vibrio fischeri* su sedimento privato dell'acqua interstiziale;

2^a tipologia: saggio su fase liquida. Inibizione di crescita algale con *Pheodactylum tricornutum* o *Dunaliella tertiolecta* o *Skeletonema costatum* su elutriato;

3^a tipologia: saggio con effetti cronici/sub-letali/a lungo termine e di comprovata sensibilità. Embriotossicità con *Paracentrotus lividus*, *Mytilus galloprovincialis* o *Crassostrea gigas* su elutriato.

Proposta ISPRA-ISS-CNR – Allegati Tecnici art 109, D.Lgs 152/06

Tabella 2.3 – Saggi biologici utili per l'allestimento della batteria. Con la "x" vengono indicati i possibili saggi alternativi per ciascuna tipologia

Gruppo	Batteri		Alghe	Crosteacei					Molluschi Bivalvi		Echinodermi		
Specie	Vibrio fischeri (Bacteria)		Dunaliella tertiolecta Pheodactylum tricornutum Skeletonema costatum (Algae)	Amphibalanus amphitrite (Crustacea)	Corophium spp (Crustacea)	Acartia tonsa (Crustacea)		Tigriopus fulvus (Crustacea)	Crassostrea gigas (Bivalvia)	Mytilus galloprovincialis (Bivalvia)	Paracentrotus lividus (Echinodermata)		
Matrice	fase liquida	fase solida	fase liquida	fase liquida	Sed. intero	fase liquida		Sed. intero	fase liquida	fase liquida	fase liquida	fase liquida	
Endpoint	Bioluminescenza		Crescita algale	Mortalità	Mortalità	Mort. (48 h)	Mort. (7 gg)	Sviluppo larvale	Mortalità	Sviluppo larvale	Sviluppo larvale	Fecon- dazione	Sviluppo larvale
1ª tipologia		XA			XA			XC					
2ª tipologia	XA		XC	XA		XA			XA			XA	
3ª tipologia							XC			XC	XC		XC

A = saggio acuto

C = saggio cronico/a lungo termine/subcronico/risp. subletale

2.3.2 Classificazione ecotossicologica

Completata la fase di campionamento e analisi, sulla base delle risultanze ottenute si procede con la classificazione ecotossicologica di ciascun campione di sedimento basata sull'utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'**Appendice 2B** allegata alla presente.

Tuttavia, nell'ambito di indagini con elevata numerosità campionaria, come può essere inteso il caso in esame in cui ci sono numerosi campioni in rapporto ad una superficie relativamente ristretta, nella quale tutti i campioni risultino non mostrare effetti, è possibile semplificare la procedura di classificazione avvalendosi del criterio tabellare riportato in Figura 6.

In particolare, il criterio tabellare sarà applicato quando, nel nostro caso, tutti i campioni analizzati siano compresi nel seguente caso:

- a) tutti i campioni analizzati mostrino Tossicità “assente” per l'intera batteria di saggi biologici impiegati e le concentrazioni chimiche dei medesimi campioni risultino < L2 (Capitolo 2.4, tabella 2.5);

Tossicità Assente	==	Tutti i saggi hanno EC20 > 100% o Effetto < 20% o effetto ormetico < 100%
Tossicità Bassa	==	Solo un saggio presenta una EC20 < 100% ma EC50 > 100% o un effetto netto compreso tra 20 e 50% o un effetto ormetico > 100%
Tossicità Media	==	Due o più saggi presentano EC20 < 100% ma EC50 > 100% o effetti compresi tra 20 e 50 %, oppure un solo saggio con EC50 < 100% o effetto > 50%
Tossicità Alta	==	Due o più saggi con EC50 < 100% o effetto > 50%

Figura 6 - Classificazione ecotossicologica tabellare ottenuto nell'ambito della batteria di saggi biologici utilizzata. L'effetto ormetico è esclusivamente riferito alla biostimolazione nei saggi algali.

2.4 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE CHIMICA

2.4.1 Caratterizzazione chimica

La caratterizzazione chimica di tutti i sedimenti campionati sarà effettuata in relazione ai seguenti parametri chimici.

Tabella 2.4 - Parametri chimici da analizzare

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE ²
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Cr _{tot.} , Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe*	0,03 mg kg ⁻¹ (Cd, Hg); 1 mg kg ⁻¹ (altri)
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene e loro sommatoria	1 µg kg ⁻¹
IDROCARBURI C>12*		5 mg kg ⁻¹
PESTICIDI ORGANOCLORURATI	Clordano, Aldrin, Dieldrin, Endrin, α-HCH, β-HCH, γ-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro, epossido,	0,1 µg kg ⁻¹
POLICLOROBIFENILI	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria	0,1 µg kg ⁻¹
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria, (espressi come Sn organico)	1 µg kg ⁻¹ (riferito alla singola sostanza)
CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE		0,1%
SOMMAT. T.E. PCDD,PCDF (DIOSSINE E FURANI) E PCB DIOSSINA SIMILI*	Elenco di cui alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs 172/2015	D.Lgs 172/2015

* da considerare come sostanze aggiuntive di cui si presume la pericolosità ambientale e/o sanitaria. Nel caso in esame tali analisi non verranno eseguite a meno che di indicazioni differenti da parte degli Enti di Controllo.

Qualora il campione sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di contaminazione.

² I limiti di quantificazione riportati sono considerati come obiettivi a cui tendere. Viene ritenuto accettabile un LOD fino al 30% del valore di L1 (tabella 2.5), analogamente a quanto previsto dalla WFD rispetto agli SQA. Valori diversi di LOD non invalidano il dato, ma condizionano negativamente la stima del pericolo chimico HQ

I risultati delle analisi chimiche saranno riportati su rapporti di prova rilasciati dal laboratorio prescelto. Le seguenti informazioni:

- percentuale di recupero rispetto a materiali standard certificati;
- limite di quantificazione (garantendo quelli di cui alla Tabella 2.4);
- incertezza estesa;
- valutazioni di QA/QC;

potranno essere inserite sui medesimi rapporti o riportate nella Relazione tecnica. I medesimi risultati, in forma riepilogativa tabellare, saranno riportati e discussi nella Relazione tecnica.

Il laboratorio chimico che sarà utilizzato per le attività sarà accreditato per le analisi chimiche presso “ACCREDIA”, l'Ente Italiano di Accreditamento, e sarà in possesso dell'accreditamento per almeno l'80% delle prove chimiche elencate nella tabella 2.4 - Parametri chimici da analizzare.

2.4.2 Caratterizzazione chimica dei materiali

La classificazione chimica dei materiali è basata sui livelli chimici di riferimento (L1 e L2), di cui alla Tabella 2.5 riportata qui di seguito.

Qualora per le analisi ecotossicologiche siano stati applicati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B, si seguirà il medesimo criterio anche per le analisi chimiche, la cui procedura è descritta in **Appendice 2C** allegata alla presente. Il tool applicativo per eseguire automaticamente tale elaborazione dei dati è scaricabile dal sito istituzionale dell'ISPRA.

Qualora non siano stati utilizzati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B per le analisi ecotossicologiche, i risultati delle analisi chimiche saranno confrontati con i Livelli chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 riportata nella pagina seguente.

Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali

PARAMETRO	L1	L2
Elementi in tracce	[mg kg⁻¹] p.s.	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,80
Cromo	50	150
Cr VI	2	2
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,80
Nichel	30	75
Piombo	30	70
Zinco	100	150

PARAMETRO	L1	L2
Contaminanti organici	[$\mu\text{g kg}^{-1}$] p.s.	
Composti organostannici	5 ⁽¹⁾	72 ⁽²⁾
Σ PCB ⁽³⁾	8	60
Σ DDD ⁽⁴⁾	0,8	7,8
Σ DDE ⁽⁴⁾	1,8	3,7
Σ DDT ⁽⁴⁾	1,0	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 ⁷
Dieldrin	0,7	4,3
Endrin	2,7	10
α -HCH	0,2	10 ⁷
γ -HCH	0,2	10 ⁷
γ -HCH (Lindano)	0,2	1,0
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 ⁷
Idrocarburi C>12	Non disponibile	50000
Σ IPA(16)(5)	900	4000
Antracene	24	245
Benzo[a]antracene	75	500
Benzo[a]pirene	30	100
Benzo[b]fluorantene	40	500 ⁷
Benzo[k]fluorantene	20	500 ⁷
Benzo[g,h,i]perilene	55	100 ⁷
Crisene	108	846
Indenopirene	70	100 ⁷
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391
Pirene	153	1398
Σ T.E. PCDD,PCDF (6) (Diossine e Furani) e PCB diossina simili	2×10^{-3}	$1 \times 10^{-2*}$

⁽¹⁾ riferito al solo TBT

⁽²⁾ riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT Espresso come Sn organico totale;

⁽³⁾ come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180;

⁽⁴⁾ come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;

⁽⁵⁾ come sommatoria dei 16 IPA di maggior rilevanza ambientale indicati dall'USEPA (Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;

⁽⁶⁾ L'Elenco dei congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e l'elenco congeneri PCB Diossina simili (WHO, 2005) e quello riportato alle note della tabella 3/A di cui al D.Lgs.172/2015.

⁽⁷⁾ Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso;

* relativa alla sommatoria di PCDD e PCDF

2.5 CARATTERIZZAZIONE FISICA

La descrizione delle caratteristiche fisiche è riportata nella seguente Tabella 2.6.

Tabella 2.6 – Parametri fisici e relative specifiche

PARAMETRI FISICI		UNITÀ DI MISURA
DESCRIZIONE MACROSCOPICA	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica	-
GRANULOMETRIA	Frazioni granulometriche al $1/2\phi$ Dove $\phi = -\log_2$ (diametro in mm/diametro unitario in mm)	%
MINERALOGIA	Principali caratteristiche mineralogiche	-

La descrizione macroscopica dei campioni sarà particolarmente accurata, sia per l'area di prelievo che per le eventuali aree di deposizione. Questo in previsione del fatto che l'opzione di gestione dei materiali da dragare è quella del ripascimento costiero. In particolare per la descrizione del colore saranno utilizzate tavole cromatiche (Tavole di Munsell) con la medesima scala per entrambi i siti. Inoltre saranno annotati odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica.

La descrizione macroscopica sarà riportata nella “scheda di campo”, assieme ai dati di campo ritenuti più significativi, tra i quali, si ribadisce, l'allontanamento della frazione granulometrica superiore ai 5 mm, come riportato nel paragrafo “2.2.2 Preparazione del campione”.

Sempre in previsione dell'utilizzo dei sedimenti di dragaggio per il ripascimento costieri, di tutti i campioni sarà prodotta la curva di distribuzione granulometrica cumulata e la ripartizione delle differenti frazioni secondo il sistema di classificazione granulometrica definita come la scala di Wentworth (o Udden-Wentworth)

Intervallo dimensionale (metrico)	Classi granulometriche (Wentworth)
4 - 2 mm	Ghiaia molto fine (Granule)
2 - 1 mm	Sabbia molto grossolana (Very coarse sand)
1 - 1/2 mm	Sabbia grossolana (Coarse sand)
1/2 - 1/4 mm	Sabbia media (Medium sand)
1/4 - 1/8 mm	Sabbia fine (Fine sand grain)
1/8 – 1/16 mm	Sabbia molto fine (Very fine sand grain)
1/16 – 1/256 mm	Silt (Silt)
< 1/256 mm	Argilla (Clay particle)

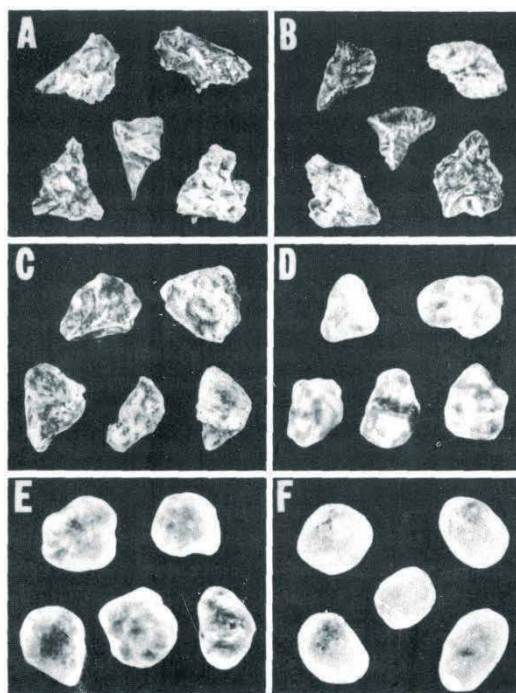
L'analisi granulometrica sarà effettuata mediante setacci e crivelli, per via umida, e risulterà compresa la raccolta del campione in sacchetti delle singole frazioni trattenute ai setacci e la loro restituzione per l'effettuazione delle analisi mineralogiche.

Inoltre sulla porzione passante al silt dovrà essere effettuata l'analisi granulometrica per sedimentazione compresa la determinazione del peso specifico dei granuli.

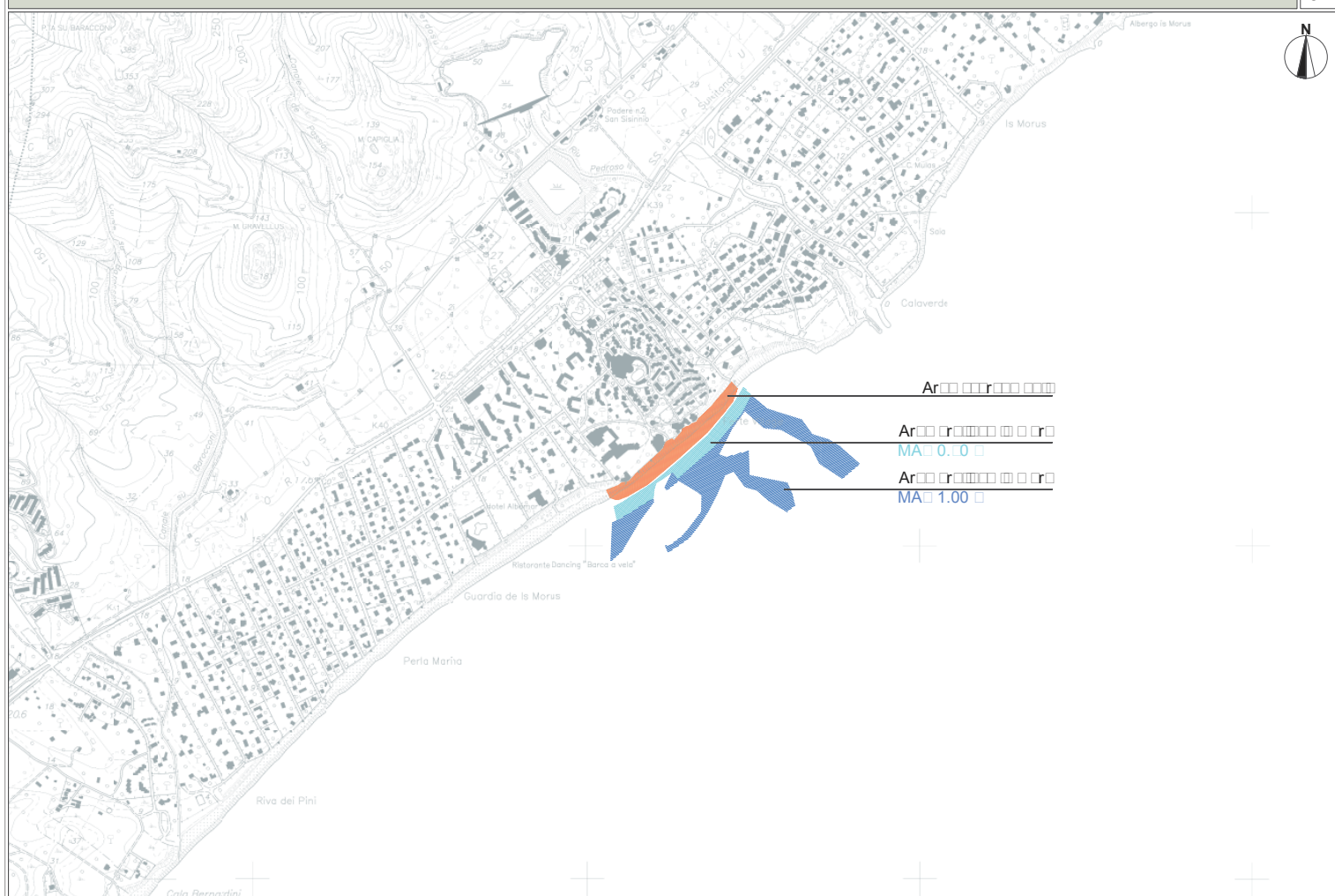
Le varie frazioni restituite saranno descritte singolarmente con l'ausilio di un microscopio ottico binoculare per la caratterizzazione petrografia. In particolare sarà esaminata la presenza di frammenti litoidi, cioè clasti provenienti dalla frammentazione di rocce preesistenti, di costituenti monomineralogici, in particolare il quarzo, e di bioclasti, includendo in questa classe sia parti di gusci e di dermascheletro sia organismi calcarei, con particolare riferimento ai piccoli gasteropodi ed ai foraminiferi.

Di ogni costituente abiotico selezionato sarà inoltre essere specificato il grado di arrotondamento (da Powers, 1953, modif. in Shepard, 1963) suddividendolo nelle seguenti sei classi:

- A. molto angolosi;
- B. angolosi;
- C. subangolosi;
- D. subarrotondati;
- E. arrotondati;
- F. ben arrotondati.

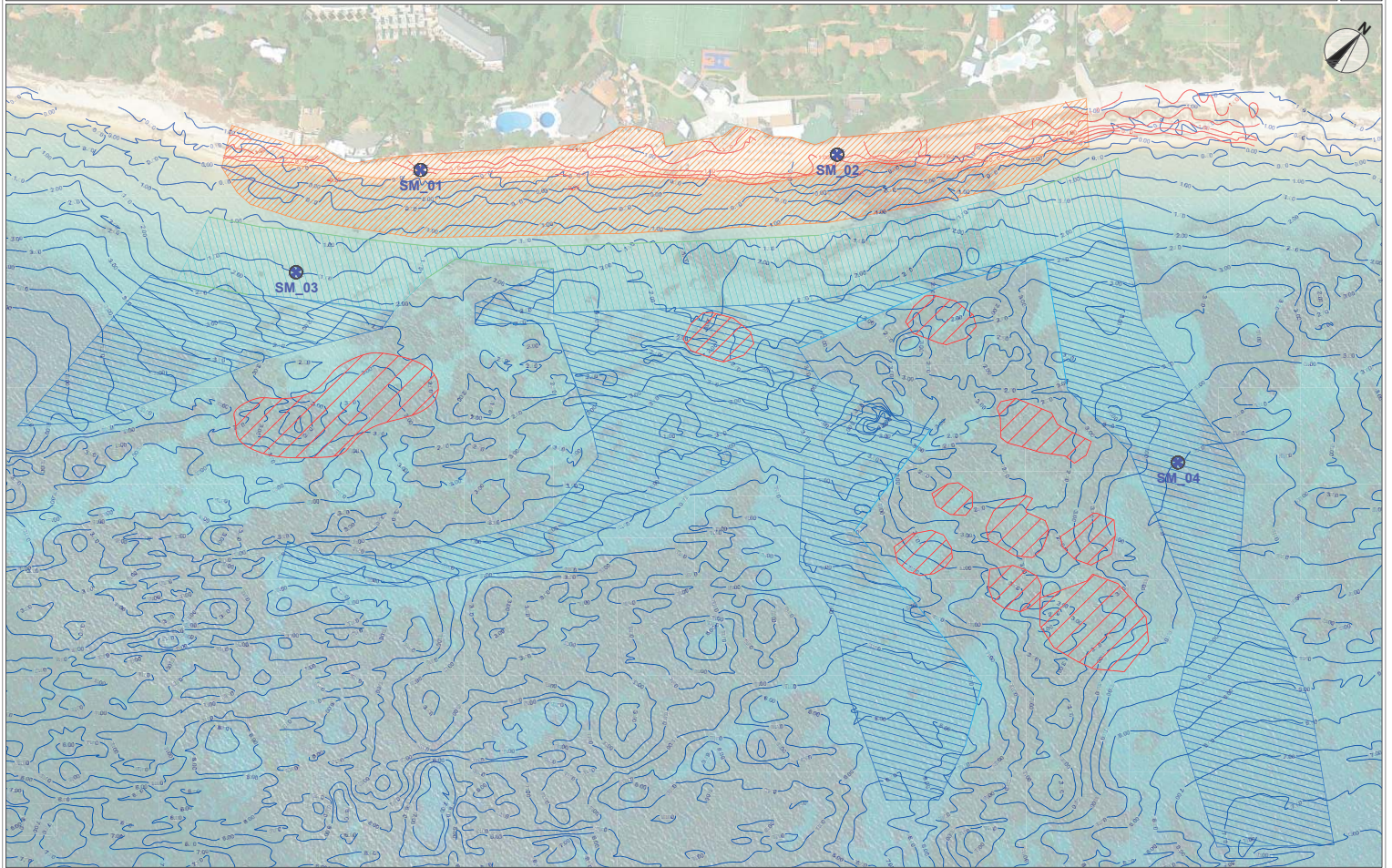


Successivamente saranno calcolate sia le percentuali di ciascuna classe granulometrica in confronto al totale del campione sia quella dei vari costituenti selezionati in confronto alla classe granulometrica. Le percentuali delle classi saranno riportate su degli istogrammi e, cumulate, su diagrammi semilogaritmici per un immediato raffronto tra le varie sezioni ed i vari campioni nonché una verifica del grado di cernita del sedimento.



S 12.000

Ar d r d r 02



APPENDICE 2A: INFORMAZIONI DA RIPORTARE NEI RAPPORTI DI PROVA RELATIVI ALLE INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE

Commento [f61]: I campi riportati nella scheda di seguito riportata sono orientativi, in quanto dipendenti dalle specifiche metodologiche previste dallo specifico saggio biologico.

Campione	
Data campionamento	
Matrice	
Concentrazione/i testata/e:	
Organismo test	
Metodo utilizzato	
End point misurato	
Sostanza tossica di riferimento (controllo positivo)	
EC50 e limiti fiduciali (controllo positivo)	
Range di riferimento e/o carta di controllo	
Acqua usata per il test come controllo/diluente	
Parametri di controllo (es. salinità, pH, Temperatura)	
Nr. repliche	
Tempo di esposizione	
EC20 con limiti fiduciali	
EC50 con limiti fiduciali	
Effetto percentuale medio alla conc. max	
Dev. St. delle repliche alla conc. max	
Per il saggio in fase solida con <i>Vibrio fischeri</i>	
Tossicità misurata (TU50) ± Lim fiduc. (95%)	
R ²	
Sediment Toxicity Index (STI)	

Dati da utilizzare per l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata

¹ Misura dell'endpoint	Media	Deviazione standard	Nr. repliche
Controllo negativo	Media delle letture delle repliche alla massima concentrazione testata	Deviazione standard tra le repliche alla massima concentrazione testata	Nr. Repliche alla massima concentrazione
Campione (trattato)	Media delle letture delle repliche alla massima concentrazione testata	Deviazione standard tra le repliche alla massima concentrazione testata	Nr. Repliche alla massima concentrazione

Commento [f64]: Del controllo

Commento [c62]: Non considerare

Commento [c63]: Non considerare

Commento [c65]: Non considerare

Solo per saggio in fase solida mediante <i>Vibrio fischeri</i>			
	Media	Deviazione standard	Nr. repliche
Controllo negativo	Soglia Tossicità Naturale stimata (TU50)	CV delle letture di controllo I_q [(dev. Std. I_q / media I_q controllo] * 100) espresse in TU proporzionali rispetto alla Soglia di Tossicità Naturale	Numero repliche controllo
Campione (trattato)	Tossicità misurata riferita al peso secco (TU50)	¼ dei limiti fiduciali della tossicità misurata riferita al peso secco	2

Commento [f66]: E' disponibile sul sito ISPRA uno specifico foglio di calcolo per l'automatizzazione dei calcoli.

Commento [f68]: I_t

Commento [f69]: I_t

Commento [f70]: I_t

Commento [f67]: Calcolata secondo la seguente funzione:
Soglia Tox Nat (TU) = $3.13 * Pelite(\%) + 25.36$
Come da foglio di calcolo reperibile sul sito web ISPRA.

Commento [f71]: Anche nel caso in cui il saggio sia stato eseguito in singolo.

¹ Test algale: densità cellulare o tasso di crescita; test di fecondazione/ sviluppo lavale: % fecondati/sviluppati; test di mortalità/immobilizzazione: numero sopravvissuti; test con *Vibrio fischeri* su fase liquida: % bioluminescenza.

APPENDICE 2B: CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER LA VALUTAZIONE DELLE RISULTANZE ECOTOSSICOLOGICHE

I criteri di integrazione ponderata considerano aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei saggi biologici inclusi nella batteria utilizzata, tra cui la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo (contemplando la variabilità tra le repliche, sia nel controllo, sia nel campione); la severità dell'effetto (inteso come gravità del danno biologico misurato dallo specifico end-point); la tipologia di esposizione (acuta o a breve termine, cronica o a lungo termine); la rappresentatività ambientale della matrice testata.

Per ciascuno dei saggi previsti nelle diverse tipologie di batterie utilizzabili è indicata una "soglia" di effetto che rappresenta la variazione minima ritenuta biologicamente significativa per ciascuna condizione sperimentale (Tabella A1); vengono anche riportati i "pesi" attribuiti a ciascun saggio in funzione della rilevanza biologica dell'end-point misurato, della durata dell'esposizione, della matrice testata (Tabella A2).

Commento [c72]: B

Commento [c73]: B

Tabella A1 – Valori di soglia attribuiti ai saggi biologici previsti nelle batterie.

Commento [c74]: B

Species	Endpoint (E)	Soglia (%)	Esposizione (T)	Matrice (M)
	Sviluppo larvale	20	Cronica/sub.let	a, d
<i>Acartia tonsa</i>	Mortalità	15	Acuta	b, c
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	Mortalità	10	Acuta	b, c
<i>Corophium insidiosum</i>	Mortalità	15	Acuta	a, d
<i>Corophium orientale</i>	Mortalità	15	Acuta	a, d
<i>Crassostrea gigas</i>	Sviluppo	15	Cronica sub let.	c
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	Crescita algale	10	Cronica sub let.	b, c
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Sviluppo	15	Cronica sub let.	b, c
<i>Paracentrotus lividus</i>	fecondazione	15	Acuta	b, c
	Sviluppo	15	Cronica	b, c
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	Crescita algale	10	Cronica	b, c
<i>Skeletonema costatum</i>	Crescita algale	10	Cronica	b, c
<i>Tigriopus fulvus</i>	Mortalità	10	Acuta	b, c
<i>Vibrio fischeri</i>	bioluminescenza	15	Acuta	b, c
		25		a, d

a = sedimento intero; b = acqua interstiziale; c = elutriato; d = sedimento umido (privato di acqua interstiziale).

Tabella A.2 – Pesi attribuiti in funzione della rilevanza dell’endpoint biologico, la matrice, il tempo di esposizione ed utilizzati per il calcolo del coefficiente W_2 . Vengono riportati anche i valori per la biostimolazione algale.

ENDPOINT BIOLOGICO (En)		MATRICE (M)	
fecondazione	1.5	Sedimento intero (tal quale)	1
Sviluppo	1.9	Acqua interstiziale	0.8
Crescita algale	2.1	Elutriato	0.7
Bioluminescenza	2.4	Sedimento umido (es. centrifugato)	0.6
Mortalità	3		
ESPOSIZIONE (T)		BIOSTIMOLAZIONE ALGALE	E _i
Acuta	1	$E \leq 40\%$	0
		$40 < E \leq 100\%$	1.25
Cronica	0,7	$E > 100\%$	1.5

Commento [c75]: B

Commento [f76]: Comprensivo della biostimolazione nei confronti di *Vibrio fischeri*

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l’integrazione dei risultati e la formulazione del giudizio di tossicità di cui è riportato uno schema complessivo nella Figura A1:

- dopo la verifica dei dati, per ciascun saggio biologico viene calcolato l’effetto (E_i), inteso come variazione percentuale dell’endpoint misurato e compensato tramite la correzione di Abbott rispetto alle variazioni osservate nel controllo (eq. 2 del flow-chart di Figura A1);
- l’effetto E_i viene corretto in base alla significatività statistica della variazione rispetto ai controlli, applicando il coefficiente Z che viene calcolato in funzione del valore ottenuto dal test T per dati con varianza disomogenea (punto 3 del flow-chart di Figura A1). Il coefficiente Z ha un valore pari a 1 (nessuna riduzione dell’effetto) quando il campione risulta significativamente diverso dal controllo ($p < 0.05$); esso decresce con il diminuire della significatività, passando in maniera lineare da 1 a 0.5 quando p cresce da 0.05 a 0.06. Per valori di p superiori a 0.06, il coefficiente Z diminuisce rapidamente in maniera non lineare fino a 0.2, quando p tende a 1. Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un saggio non statisticamente significativo, ma non ne elimina completamente il contributo alla batteria;
- ciascun effetto (E_i) moltiplicato per il suo coefficiente Z, viene rapportato con la “soglia” specifica per quel saggio (eq. 4 del flow-chart di figura A1); l’effetto corretto (E_{iw}) così ottenuto indica di quante volte la variazione misurata in un saggio supera quella ritenuta biologicamente rilevante;
- solo per i saggi algali, in caso di un effetto di biostimolazione, viene assegnato un valore di E_{iw} pari a 0 se l’effetto è $< 40\%$, 1.25 se l’effetto è $> 40\%$ ma $< 100\%$, pari a 1.5 se l’effetto è $> 100\%$;
- l’indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, $HQ_{Batteria}$) viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati (E_{iw}) dei singoli saggi (eq. 5 del flow-chart di figura A1), ulteriormente corretti secondo il fattore W_2 che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati in funzione della rilevanza biologica dell’endpoint considerato,

Commento [c77]: B

Commento [c78]: B

Commento [c79]: B

Commento [f80]: e per il saggio con *Vibrio fischeri* in fase liquida.

Commento [c81]: B

della rilevanza ecologica della matrice testata, della esposizione acuta o cronica degli organismi (Tabella A2).

- per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici, il valore ottenuto per l'indice $HQ_{Batteria}$ è normalizzato ad una scala compresa tra 0 e 10 (eq. 6 del flow-chart di figura A1), dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria (cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi della batteria mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia) e 10 corrisponde al valore massimo della batteria (quando tutti i saggi mostrano il 100% di effetto). A seconda del valore dell' $HQ_{Batteria}$ normalizzato, il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se < 1 ; Basso/azzurro se $HQ_{Batteria} \geq 1$ e < 1.5 ; Medio/giallo se $HQ_{Batteria} \geq 1.5$ e < 3 ; Alto/rosso se $HQ_{Batteria} \geq 3$ e < 6 ; Molto Alto/nero se $HQ_{Batteria} \geq 6$ (Tabella A3).

Commento [c82]: B

Commento [c83]: B

Commento [c84]: B

Tabella A.3 – Classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ (Hazard Quotient) della batteria di saggi.

Commento [c85]: B

HQ BATTERIA DI SAGGI	CLASSE DI PERICOLO
< 1	Assente
$\geq 1 - 1.5$	Basso
$\geq 1.5 - 3.0$	Medio
$\geq 3.0 - 6.0$	Alto
$\geq 6.0 - 10.0$	Molto alto

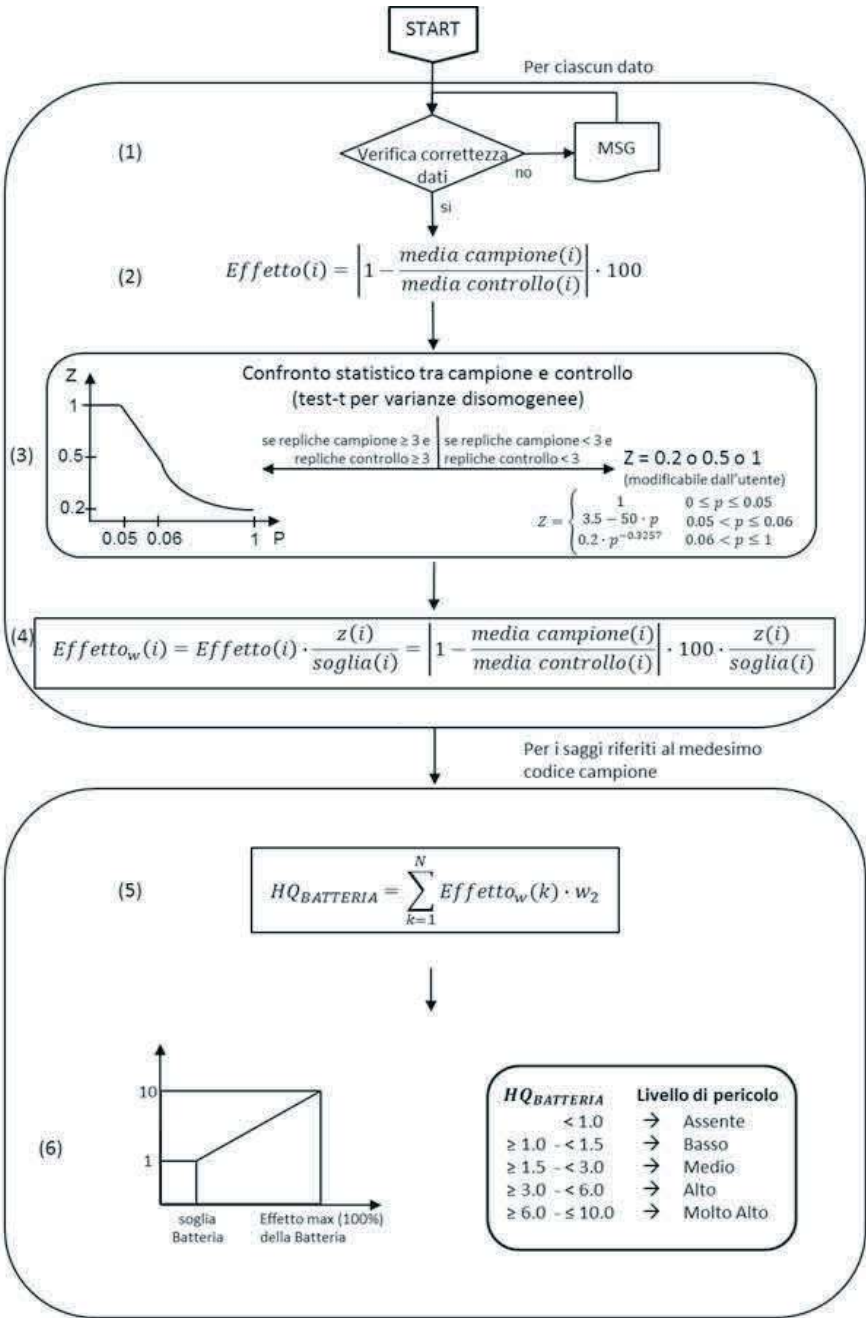


Figura A1 – Procedura per l’elaborazione dei dati dei saggi ecotossologici.

Commento [c86]: 8

APPENDICE 2C: CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI CHIMICI

I criteri di integrazione ponderata considerano la tipologia dei parametri, il numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, nonché l'entità di tali sforamenti rispetto ai limiti previsti. Viene dunque abbandonata la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro, come principio fondamentale per la classificazione chimica.

Tutti i parametri chimici di cui è prevista l'analisi, hanno un "peso" (da 1 a 1.3) a seconda che non siano contemplati dalla Direttiva 2013/39/UE (peso 1), o che al contrario siano inseriti nella lista delle sostanze "prioritarie" (peso 1.1) o in quella delle sostanze "pericolose e prioritarie" (peso 1.3), o siano annoverati nella convenzione di Stoccolma sui POP (peso 1.3). Il diverso peso assegnato ai vari composti ha lo scopo di conferire una maggiore rilevanza nella classificazione chimica dei sedimenti alla variazione di quegli inquinanti che siano caratterizzati da una più elevata tossicità, tendenza al bioaccumulo e persistenza nell'ambiente o che debbano essere soggetti ad una progressiva riduzione nell'ambiente secondo gli obiettivi posti dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Tabella C1).

Tabella C.1– Lista dei parametri e dei relativi pesi previsti per l'elaborazione dei dati chimici

SOSTANZE CHIMICHE	Peso	Numero CAS	SOSTANZE CHIMICHE	Peso	Numero CAS
As	1	7784-42-1	PCB-81	1.3	70362-50-4
Cd	1.3	7440-43-9	PCB-101	1	37680-73-2
Cr totale	1	7440-47-3	PCB-118	1.3	31508-00-6
Cu	1	7440-50-8	PCB-126	1.3	57465-28-8
Hg	1.3	7439-97-6	PCB-128	1	38380-07-3
Ni	1.1	7440-02-0	PCB-138	1	35065-28-2
Pb	1.1	7439-92-1	PCB-153	1	35065-27-1
Zn	1	9029-97-4	PCB-156	1.3	38380-08-4
Acenafteene	1	83-32-9	PCB-169	1.3	32774-16-6
Antracene	1.3	120-12-7	PCB-180	1	35065-29-3
Benzo(a)antracene	1	56-55-3	ΣPCB	1.3	n.a.
Benzo(a)pirene	1.3	50-32-8	Aldrin	1.3	309-00-2
Benzo(b)fluorantene	1.3	205-99-2	α-Esaclorocicloesano	1.3	319-84-6
Benzo(k)fluorantene	1.3	207-08-9	β-Esaclorocicloesano	1.3	319-85-7
Benzo(g,h,i)perilene	1.3	191-24-2	γ-Esaclorocicloesano	1.3	581-89-9
Crisene	1	218-01-9	Esaclorocicloesano totale	1.3	n.a.
Dibenzo(a,h)antracene	1	53-70-3	Clordano	1.3	57-74-9
Fenantrene	1	85-01-8	ΣDDD	1.3	72-54-8 + 53-19-0
Fluorene	1	86-73-7	ΣDDE	1.3	82413-20-5 + 72-55-9
Fluorantene	1.1	206-44-0	ΣDDT	1.3	50-29-3 + 789-02-6
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	1.3	193-39-5	ΣDDD_DDE_DDT	1.3	n.a.
Naftalene	1.1	91-20-3	Dieldrin	1.3	60-57-1
Pirene	1	129-00-0	Endrin	1.3	72-20-8
ΣIPA	1.3	n.a.	Eptacloro epossido	1.3	1024-57-3
PCB-28	1	7012-37-5	Σ composti organostannici (Sn)	1.3	n.a.
PCB-52	1	35693-99-3	Esaclorobenzene (HCB)	1.3	118-74-1
PCB-77	1.3	32598-13-3	Σ PCDD, PCDF (TE-I)	1.3	n.a.
			Σ PCDD, PCDF, dioss.-simile PCB (TE-I)	1.3	n.a.

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l'integrazione dei risultati e la classificazione chimica; lo schema complessivo è riassunto nella Figura C1.

L'elaborazione dei dati chimici inizia con il confronto delle concentrazioni misurate nei sedimenti con L1 e L2 di cui alla Tabella 2.5 (e suoi successivi aggiornamenti); il confronto può essere effettuato con "riferimenti" sito-specifici (ad esempio L1_{loc} e L2_{loc}), qualora tali livelli siano stati definiti a livello locale secondo i criteri di cui all'**Appendice 2D**.

In funzione del riferimento, per ciascun parametro chimico analizzato, viene calcolata la variazione rispetto al limite, ovvero il Ratio To Reference (RTR) (eq. 3 del flow-chart di Figura C1); il valore di RTR viene corretto in funzione del "peso" del contaminante per ottenere un valore di RTR_w (eq. 4 del flow-chart di figura C1), al fine di enfatizzare l'importanza delle variazioni osservate per i contaminanti più pericolosi.

Il calcolo dell'indice di pericolo quantitativo (Hazard Quotient), specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti (HQ_c), è ottenuto dalla media di tutti gli RTR_w dei parametri con RTR ≤ 1 (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato con la sommatoria Σ degli RTR_w di tutti i contaminanti con RTR > 1 (eq. 5 del flow-chart di figura C1):

$$HQ_c = \frac{\sum_{j=1}^N RTR_w(j)_{RTR(j) \leq 1}}{N} + \sum_{k=1}^M RTR_w(k)_{RTR(k) > 1}$$

dove N and M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente ≤ o > 1, mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte.

Con tale procedura di calcolo, l'indice di pericolo chimico (HQ_c) varia in funzione del numero di parametri che superano i riferimenti (i cui RTR_w sono addizionati nella sommatoria Σ), dell'entità del superamento e della tipologia dei contaminanti.

L'indice chimico HQ_c è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se HQ_c < 0.7; Trascurabile/verde se 0.7 ≥ HQ_c < 1.3; Basso/azzurro se 1.3 ≥ HQ_c < 2.6; Medio/giallo se 2.6 ≥ HQ_c < 6.5; Alto/rosso se 6.5 ≥ HQ_c < 13; Molto Alto/nero se HQ_c ≥ 13 (eq. 6 del flow-chart di Figura C1 e Tabella C2).

Poiché la procedura di calcolo non cambia in funzione del tipo di riferimento scelto per il confronto, i dati chimici vengono elaborati contemporaneamente per ottenere un valore di HQ_c ed una classe di pericolo chimico nei confronti di tutti i riferimenti adottati.

Tabella C.2 - Classi di pericolo chimico rispetto ai valori di HQ_c

HQ _c	CLASSE DI PERICOLO
0 – < 0.7	Assente
0.7 – < 1.3	Trascurabile
1.3 – < 2.6	Basso
2.6 – < 6.5	Medio
6.5 – < 13.0	Alto
≥ 13.0	Molto Alto

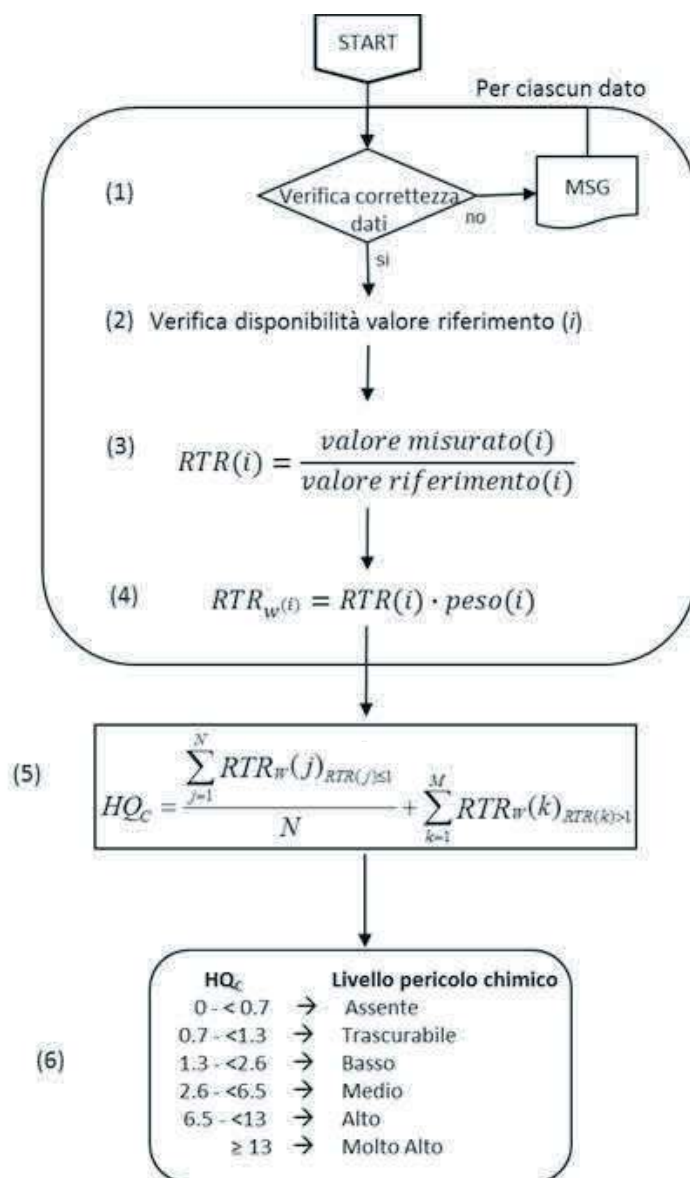


Figura C1 - Procedura per l'elaborazione dei dati di caratterizzazione chimica dei sedimenti.