



Comune di Messina

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ing. Francesco Di Sarcina

A.T.I. IMPRESE

CAPOGRUPPO - MANDATARIA  
CAPOGRUPPO - MANDATARIA  
NUOVA  
**CO. E D. MAR.**



30015 Chioggia (VE) Tel. +39 041 4967 925  
Banchina F - Val da Rio Fax +39 041 4967 914  
www.coedmar.it info@coedmar.it

MANDANTE



40132 Bologna Tel. +39 051 3161 111  
Via Marco Emilio Lepido, 182/2 Fax +39 051 3161 888  
www.ccc-acam.it ccc@ccc-acam.it

CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI

A.T.I. PROGETTISTI INDICATI

**F&M**  
ingegneria

30035 Mirano (VE) Tel. +39 041 5785 711  
Viale Belvedere, 8/10 Fax +39 041 4355 933  
www.fm-ingegneria-com tremestieri@fm-ingegneria.com

**IDROTEC**

20148 Milano Tel. +39 02 8942 2685  
Via Caccialepori, 27 Fax +39 02 8942 5133  
mail@idrotec-ingegneria.it

Ing. Vincenzo Iacopino  
Studio Tecnico Falzea  
Arch. Claudio Lucchesi  
Ing. Manlio Marino  
Dott. Geol. Sergio Dolfin

Viale Regina Elena, 125 - Messina  
Via 1° Settembre, 37 - Messina  
Via Roma, 117 - Pace del Mela (ME)  
Via Placida, 6 - Messina  
Via Marina, 4 - Torre Faro (ME)

PROGETTO

**COMUNE DI MESSINA  
LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA  
LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO  
SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE**

EMISSIONE

**PROGETTO DEFINITIVO ADEGUATO IN OTTEMPERANZA  
ALL'ART.14 COMMA 6 DEL DISCIPLINARE DI GARA**

TITOLO

**PARTE GENERALE**  
Relazione di sintesi delle modifiche introdotte  
al progetto definitivo di gara

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
a	22/03/15	1044_A015R_1.doc	AGGIORNAMENTO STUDIO METEOMARINO	L.M.	T.T.
b	17/04/15	1044_A015R_2.doc	ADEGUAMENTO PROGETTO DEFINITIVO	L.M.	T.T.
c					
d					
e					

ELABORATO N.

**A015R**

DATA: 17/03/2015	SCALA: -	FILE: 1044_A015R_0.doc
J.N. 1044/15	DISEGNATO F. GRIMALDI	APPROVATO T. TASSI

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO IDRAULICO MARITTIMO.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>ATTRAVERSAMENTO DELLA SS 114 E DELLA FERROVIA (TORRENTE FAROTA-CANNETO) ...</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>INTERVENTI ANTI-INSABBIAMENTO DELLE DARSENE PORTUALI .....</b>	<b>12</b>
4.1	PREMESSA .....	12
4.2	TRAPPOLA NORD .....	14
4.2.1	Soluzione proposta.....	14
4.3	TRAPPOLA SUD.....	16
4.3.1	Soluzione proposta.....	16
4.3.2	Considerazioni sulla funzionalità della trappola (fase di esercizio).....	19
<b>5</b>	<b>MOLO FORANEO.....</b>	<b>22</b>
5.1	GEOMETRIA DEL MURO PARAONDE.....	22
5.2	LAYOUT DELL'ORMEGGIO ESTERNO .....	27
5.3	STRUTTURA DEL MOLO FORANEO .....	27
<b>6</b>	<b>BANCHINE DI RIVA .....</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>VIABILITÀ E PIAZZALI.....</b>	<b>31</b>
7.1	LAYOUT GENERALE.....	31
7.2	PAVIMENTAZIONI.....	32
<b>8</b>	<b>RIPASCIMENTO PROTETTO A NORD DEL PORTO ESISTENTE.....</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>SCOGLIERE IN MASSI ARTIFICIALI .....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>ASPETTI PAESAGGISTICO-AMBIENTALI.....</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE E GESTIONE DEI SEDIMENTI .....</b>	<b>51</b>
<b>12</b>	<b>MONITORAGGI.....</b>	<b>52</b>
<b>13</b>	<b>SICUREZZA .....</b>	<b>53</b>
<b>14</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>56</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Dominio di calcolo utilizzato per lo studio della propagazione locale del moto ondoso.....	9
Figura 2: planimetria dell'attraversamento nella nuova soluzione proposta .....	11
Figura 3: profilo dell'attraversamento nella nuova soluzione proposta.....	11
Figura 4: Planimetria degli interventi di gestione temporanea dell'approdo attuale (trappola Nord). .....	15
Figura 5: Sezione di dragaggio in corrispondenza del tratto più a Sud (sezione X-X'). .....	14
Figura 6: Sezione di dragaggio a ridosso del molo esistente (sezione Y-Y').....	14
Figura 7: Sezione di dragaggio a ridosso del molo esistente (sezione J-J').....	15
Figura 8: Sezione di dragaggio a ridosso della scogliera in tetrapodi (sezione Z-Z') .....	15
Figura 9: Planimetria degli interventi di controllo del trasporto solido in fase di esercizio (trappola Sud) .....	16
Figura 10: Sezione tipologica del dragaggio in prossimità del pennello (sezione A'-A').....	18
Figura 11: Sezione tipologica del dragaggio nel tratto meridionale (sezione A-A) .....	18
Figura 12: Sezione tipologica della testata del pennello (sezione C-C) .....	18
Figura 13: Sezione tipologica della foce del Torrente Canneto (sezione B-B) .....	18
Figura 14: Portate solide in grado di bypassare la testata del pennello di contenimento della trappola Sud in assenza di manutenzione (misure in metri cubi). .....	19
Figura 15: Risultati della simulazione in configurazione di esercizio, con trappola Sud. ....	20
Figura 16: Molo foraneo – Modifiche introdotte al muro paraonde. ....	22
Figura 17: Molo foraneo – Risagomatura del muro paraonde (a destra la modifica proposta) .....	23
Figura 18: Formulazione del “ <i>European Overtopping Manual</i> ” per la stima della portata di tracimazione .....	24
Figura 19: Tool di calcolo della portata di tracimazione reperibile nel sito ( <a href="http://www.overtopping-manual.com">http://www.overtopping-manual.com</a> ).....	24
Figura 20: Parametri geometrici impiegati nel calcolo .....	25
Figura 21 – Test su modello fisico di opera foranea a paramento verticale con muro paraonde arretrato. ....	26
Figura 22: Molo foraneo – bitte lungo camminamento esterno.....	27
Figura 23: Molo foraneo – sezione E-E. ....	29
Figura 24: Banchina di riva – sezione corrente.....	30
Figura 25: Layout viabilità e piazzali all'interno del porto. ....	32
Figura 26: Sezione tipologica viabilità ingresso/uscita.....	32
Figura 27: Pacchetto di pavimentazione piazzali e viabilità.....	33
Figura 28: Prove di carico eseguite presso l'area di progetto. ....	34

Figura 29: Planimetria di progetto del ripascimento protetto a Nord del porto esistente. ....	36
Figura 30: Sezione tipologica 3 – Tratto di raccordo del trasversale.....	36
Figura 31: Sezione tipologica 4 – Trasversale .....	36
Figura 32: Sezione tipologica 1 – Tratto emerso scogliera.....	37
Figura 33: Sezione tipologica 2 – Tratto sommerso scogliera.....	37
Figura 34: Nuova sezione tipo della scogliera a protezione dei piazzali a Sud su profondità -8.5 m s.l.m.m. (in prossimità della foce Canneto-Farota).....	39
Figura 35: Nuova sezione tipo della scogliera a protezione dei piazzali a Sud su profondità -10.0 m s.l.m.m.....	39
Figura 36: nuova sezione tipo della scogliera a protezione dei piazzali a Sud su profondità -12.0 m s.l.m.m. (in prossimità della paratia composta del nuovo molo di sopraflutto).....	40
Figura 37: nuova sezione della mantellata a protezione della sponda tra il nuovo scalo e la radice dell'esistente molo di sopraflutto.....	40
Figura 38: nuova sezione della mantellata a protezione dell'esistente molo di sopraflutto .....	40
Figura 39: Profilo schematico .....	42
Figura 40: Schema ringhiera .....	42
Figura 41: Schema barriera frangivento.....	43
Figura 42: Planimetria aree .....	46
Figura 43: Transetto Area 1 .....	47
Figura 44: Transetto Area 2 .....	48
Figura 45: Transetto Area 3 .....	49

## 1 INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione di sintesi illustra le modifiche del progetto definitivo di gara relativamente ai seguenti argomenti principali:

- **Attraversamento SS. 114 e ferrovia del torrente Farota-Canneto.** Le modifiche apportate (dettagliatamente descritte al punto 3 della presente) si rendono necessarie a seguito delle prescrizioni impartite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con parere n. 1610 del 19.09.2014, degli accertamenti svolti sull'effettivo stato dei luoghi e sui vincoli esistenti (in particolare la presenza di sottoservizi) nonché delle indicazioni ricevute da RFI e – non da ultimo - della considerazione di un maggiore tempo di ritorno (300 anni) della portata idrica di progetto, derivante dall'adeguamento ai criteri del PAI.
- **Aggiornamento dello studio idraulico-marittimo.** I recenti accadimenti e l'intervallo di tempo trascorso dalla redazione del progetto definitivo di gara hanno suggerito l'opportunità di aggiornare lo studio, potendo tra l'altro contare sulla disponibilità di nuove e più aggiornate fonti di dati (nello specifico, i dati del *wave hindcasting* dell'Università di Genova, disponibili dal 1979 al 2014). L'attenzione dello studio è stata focalizzata sull'analisi degli eventi estremi, in particolare di quelli utilizzati per il dimensionamento delle opere, e ha condotto a stime allineate con quelle degli studi a base di gara per quanto riguarda le altezze d'onda, mentre per quanto riguarda i periodi caratteristici delle mareggiate le stime sono risultate più elevate.
- **Interventi anti-insabbiamento delle darsene portuali.** Sono state introdotte migliorie che consentono di ridurre e gestire i fenomeni di insabbiamento delle due darsene a lavori completati rendendone più semplice ed efficace la manutenzione in fase di esercizio. Sono stati anche previsti interventi prioritari, da attuare in fase di costruzione delle nuove opere, per assicurare l'agibilità della darsena esistente fino al completamento dei lavori.

Il punto 4 della presente e l'allegato 2 (studio della dinamica litoranea) evidenziano i fatti nuovi che hanno comportato la necessità di realizzare le migliorie proposte: in particolare i fenomeni di insabbiamento, di intensità e frequenza mai registrata in precedenza, che hanno interessato la darsena esistente negli ultimi mesi impedendone l'esercizio per diverso tempo.

La presente documentazione e lo studio allegato riferiscono circa le valutazioni fatte sulle possibili concause di tali fenomeni. Si descrivono quindi, su tali basi, le motivazioni che rendono opportuno potenziare i provvedimenti già previsti dal progetto di gara, in modo da evitare che tali fenomeni si verificano in futuro e comunque da consentirne il controllo mediante i necessari interventi di manutenzione, resi il più possibile agevoli ed efficaci e da attuare sistematicamente sulla base di un organico piano di monitoraggio e manutenzione.

A tale scopo viene esteso verso mare e potenziato il pennello già previsto a Sud dello sfocio Farota-Canneto, associato ad una cosiddetta "trappola per sedimenti" posta immediatamente a Sud del pennello. La "trappola Sud" comporta l'escavo di un limitato tratto dell'arenile a Sud del pennello e non prevede opere rigide di confinamento.

Viene anche proposto un intervento prioritario ("trappola Nord", sostanzialmente consistente nel dragaggio anticipato di parte dei sedimenti comunque da asportare per la formazione della nuova darsena) destinato ad evitare che, a breve termine e nelle more della costruzione del nuovo porto, si verificano nuovi insabbiamenti della darsena esistente.

- **Molo di sopraflutto.** Sono state introdotte alcune migliorie strutturali e funzionali, che sono dettagliatamente descritte al punto 5, e vengono di seguito così sintetizzate:
- *collegamento tra i pali frontali affiancati* che formano la parete verticale del molo, mediante l'introduzione di gargami metallici che, oltreché migliorare il collegamento tra i pali e consentire il loro perfetto allineamento, impediscono la migrazione di sedimenti attraverso la parete;
  - *utilizzo di pali in c.a. tipo "portanti"* disposti su tre file e di maggior lunghezza, per consentire un maggior ammassamento della struttura del molo negli strati di terreno più profondi, caratterizzati da migliori proprietà geotecniche meccaniche;
  - *utilizzo di pali in acciaio sovrappessorati tipo "portati"*, collegati mutuamente fra loro e ai pali "portanti" della fila lato mare mediante speciali gargami metallici, opportunamente pensati per le modalità realizzative del molo durante le fasi di cantiere;
  - *irrigidimento della sovrastruttura in c.a.* composta da elementi prefabbricati in calcestruzzo ad alta resistenza, mutuamente collegati da getti in opera eseguiti in più fasi. Tale soluzione consente una miglior distribuzione delle azioni esercitate dal moto ondoso sulla parete verticale e delle sollecitazioni in fase sismica;
  - *utilizzo di setti trasversali verticali in c.a. con struttura ad "I"* che abbracciano i pali e collegano la fila lato terra con la fila centrale, conferendo grande rigidità alla struttura del molo nei confronti dei carichi orizzontali;
  - *consolidamento del terreno in corrispondenza della punta dei pali posteriori* tale da aumentare la capacità portante del palo nei confronti delle azioni indotte dal sisma e dal moto ondoso estremo;
  - *protezione del fondale all'interno della banchina e sottostante l'impalcato:* la soluzione del progetto di offerta è stata potenziata prevedendo (ove necessario) l'escavo del terreno in sito nell'interspazio fra i setti in c.a., e la successiva posa di pietrame nella zona sottostante l'intero impalcato e per una fascia larga circa 10 m sul lato terra del filo banchina, al fine di garantire la protezione del fondale contro l'erosione dovuta all'azione delle eliche delle navi in fase di ormeggio e disormeggio;
  - *minimizzazione della capacità riflessiva e dell'agitazione ondosa residua:* la previsione di setti trasversali all'impalcato ma limitati alla sola campata lato terra consente la formazione di una unica "camera" retrostante la parete frontale. Si crea in tal modo una situazione parzialmente diversa da quella considerata nel progetto di offerta ma dotata di effetti dissipativi prevedibilmente almeno analoghi se non superiori (specie in presenza di onde oblique) grazie alla presenza dell'ampio spazio vuoto compreso tra i setti e la faccia interna della parete frontale del molo;
  - *risagomatura del muro paraonde, e sistema di ormeggio all'esterno del molo:* il muro è stato risagomato prevedendo una parte verticale sormontata in sommità da un "dente" aggettante ed arretrandolo di 2 m rispetto al paramento esterno del molo. La soluzione risulta migliorativa ai fini del controllo della tracimazione e consente di realizzare un passaggio praticabile alla quota dell'estradosso dell'impalcato, percorribile in sicurezza dagli ormeggiatori e lungo il quale verranno disposte le bitte a servizio dell'ormeggio esterno.
- **Banchine di riva.** Anche in questo caso sono state introdotte alcune migliorie strutturali. Le principali dettagliatamente descritte al punto 6, sono in sintesi le seguenti:

- Maggiorazione degli spessori della platea e delle pareti verticali delle celle antiriflettenti, al fine di conseguire una minore deformabilità della struttura;
  - Conseguente adozione di uno schema strutturale che configura la cella come “struttura monolitica” di collegamento della paratia di diaframmi alle fondazioni retrostanti.
  - Adozione di pali in c.a. in sostituzione dei diaframmi puntuali previsti per l’ancoraggio del sistema.
- **Viabilità interna ed organizzazione dei piazzali.** Il layout generale della viabilità e dei piazzali è stato riorganizzato, prevedendo l’eliminazione della sopraelevata d’ingresso, allo scopo di rendere più flessibile il sistema viabilistico portuale in rapporto alle possibili successive esigenze e rendendo così disponibile la copertura economica per le opere aggiuntive. È prevista anche una ottimizzazione dei pacchetti di pavimentazione flessibile a vantaggio della durabilità dell’opera, con miglioramento anche in termini ambientali. Per maggior dettaglio si rimanda al punto 7.
- **Ripascimento protetto** a Nord della darsena esistente. Le modifiche apportate (dettagliatamente descritte nel punto 8) si sono rese necessarie in funzione del nuovo stato dei luoghi, modificato a seguito del processo erosivo in atto, che ha determinato negli ultimi anni situazioni di ulteriore criticità. L’intervento prioritario proposto al punto 3, per evitare nuovi insabbiamenti della darsena esistente, prevede la realizzazione di tutte le scogliere e di una quota parte del ripascimento mediante dragaggio del materiale attualmente addossato al molo della darsena. Tale intervento è oggetto di progettazione esecutiva anticipata.
- **Ripascimento non protetto.** Il ripascimento non protetto verrà realizzato in prosecuzione verso Nord del tratto protetto. Anche a questo riguardo si terrà conto delle modifiche intervenute dello stato dei luoghi, nonché del bilancio complessivo dei sedimenti provenienti dal dragaggio;
- **Scogliere in massi artificiali.** La variabilità dei fondali, nonché il locale approfondimento degli stessi (in particolare nella zona di radice del nuovo molo) hanno reso necessaria la modifica della sezione tipologica e l’incremento delle profondità di imbasamento. Le modifiche principali, descritte nel dettaglio al punto 9, riguardano l’impiego di massi di dimensione maggiorata (da 3.9 a 5.0 metri cubi) e tipo modificato (da Core-loc™ ad Accropode™), l’incremento delle dimensioni della berma al piede, l’introduzione di un filtro e rinforzo sotto l’imbasamento del piede, l’incremento della pezzatura del materiale lapideo del nucleo.
- **Tutte le modifiche di cui ai punti precedenti sono state apportate coerentemente ed in alcuni casi a seguito delle risultanze di un’ampia campagna di indagini geognostico-geotecniche e geofisiche eseguite recentemente nel sito di intervento, incluse prospezioni subacquee lungo l’asse del costruendo molo.**
- **Aspetti paesaggistico-ambientali.** A seguito del parere CTVA n° 1610 del 19-09-2014, reso favorevolmente con alcune prescrizioni, il progetto ha ottenuto l’esclusione dalla procedura di VIA con provvedimento n° 0032833 del 13-10-2014. In particolare, nel progetto definitivo adeguato, sono state introdotte le modifiche/integrazioni di seguito descritte, conformemente alle prescrizioni prima citate (vedi descrizione di dettaglio al punto 10).
- Modifica planimetrica del gomito del torrente Farota in corrispondenza del piazzale portuale, al fine di consentire la massima fluidità idraulica.

- Rinaturalizzazione delle dune nelle fasce retrostanti il ripascimento al fine di facilitare il processo di consolidamento della spiaggia emersa e favorire la stabilizzazione dell'ambiente dunale.
- Realizzazione di fasce a verde lungo la ferrovia lungo la viabilità di progetto e interventi di recupero naturalistico di alcuni tratti delle aste dei torrenti, il tutto finalizzato alla minimizzazione degli impatti determinati dalla costruzione dell'opera; i suddetti interventi saranno dettagliati in un apposito progetto paesaggistico da concordare con la regione Sicilia.
- **Caratterizzazione e gestione dei sedimenti:** è stata eseguita la caratterizzazione dei sedimenti da dragare nell'ambito del bacino portuale ed in accordo con ARPA è stata individuata la modalità di gestione dei sedimenti, dopo averne stabilito l'idoneità fisico – chimico – biologica per i ripascimenti ai sensi del DM 24-01-1996 ed in base ai criteri previsti nel quaderno ICRAM. I risultati ottenuti (vedi punto 11) evidenziano limitate differenze rispetto alle previsioni del definitivo di offerta.
- **Monitoraggi:** il progetto di monitoraggio, da concordarsi con ARPA, deriva anch'esso dalle prescrizioni apposte in sede di procedura di VIA, ed è relativo:
  - **Alla componente atmosfera** nell'area periportuale, interessata dal traffico portuale: il monitoraggio dovrà iniziare prima dell'avvio dei lavori, proseguire durante l'attività di cantiere e la fase di esercizio del porto e dovrà misurare i principali inquinanti da traffico veicolare, tra cui ossidi di azoto, monossido di carbonio, polveri sottili e ozono;
  - **Alla componente rumore** nell'area periportuale, interessata dal traffico portuale: il monitoraggio dovrà iniziare prima dell'avvio dei lavori, proseguire durante l'attività di cantiere e per due anni durante la fase di esercizio del porto, con particolare riferimento ai ricettori localizzati in prossimità delle aree considerate critiche.
  - **Alla componente ambiente idrico**, finalizzato a valutare l'eventuale impatto delle attività portuali sulla qualità delle acque di balneazione (D.P.R. 470/82 ed s.m.i.) nonché alla individuazione delle misure di mitigazione eventualmente necessarie. L'attività di monitoraggio dovrà essere avviata prima dell'inizio dell'attività di cantiere e dovrà essere estesa alla fase di esercizio del porto; il monitoraggio dovrà riguardare la colonna d'acqua, sedimenti ed il biota, mentre i punti di campionamento devono comprendere le spiagge a nord ed a sud del porto. Il programma di monitoraggio, da concordare con ARPA, sarà finalizzato alla verifica dello stato ambientale del porto nella fase di cantiere e di esercizio.
- **Sicurezza.** Nelle more della redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento, che sarà allegato ai documenti del Progetto Esecutivo (così come previsto dal D.P.R. 207/'10 e nel rispetto dell'allegato XV del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81) è stato effettuato l'aggiornamento delle linee guida per la sicurezza, ed è stata sviluppata una preliminare quantificazione degli oneri della sicurezza.



## 2 AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO IDRAULICO MARITTIMO

I recenti accadimenti meteomarini hanno posto l'attenzione sul tema della significatività dei dati di base, anche alla luce della variabilità del clima e dell'incrementata frequenza di fenomeni parossistici.

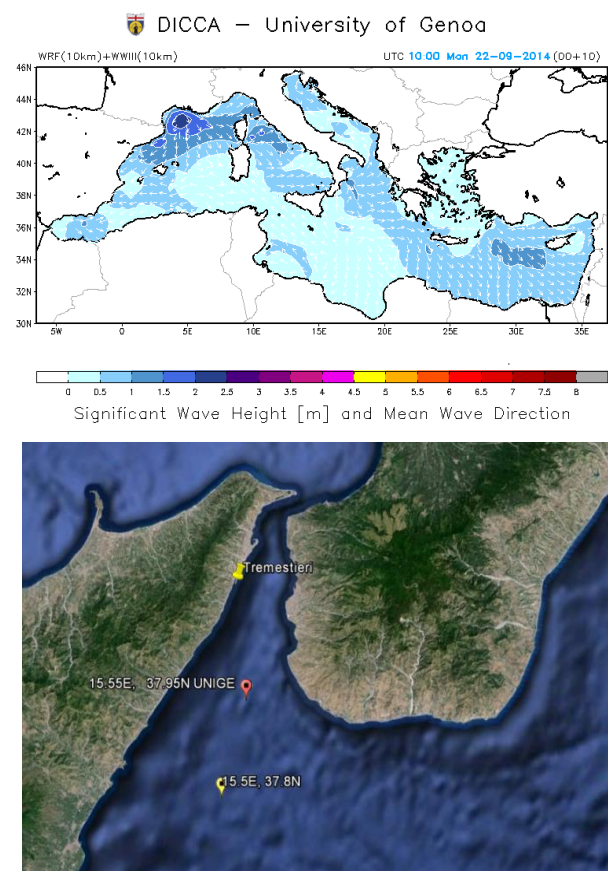
Rispetto all'epoca di redazione del progetto preliminare e definitivo di gara sono stati resi pubblici, anche se a titolo oneroso, serie di dati meteomarini di maggiore accuratezza ed affidabilità, ricavati con la procedura del "wave hindcasting" (ricostruzione dello stato del mare sulla base di dati meteorologici, mediante l'utilizzo di modelli numerici). In particolare, sono stati presi in considerazione i dati risultanti da un'attività di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) dell'Università di Genova. I dati (<http://www.dicca.unige.it>) sono ottenuti da una reanalisi delle condizioni meteomarine estesa da gennaio 1979 a giugno 2014.

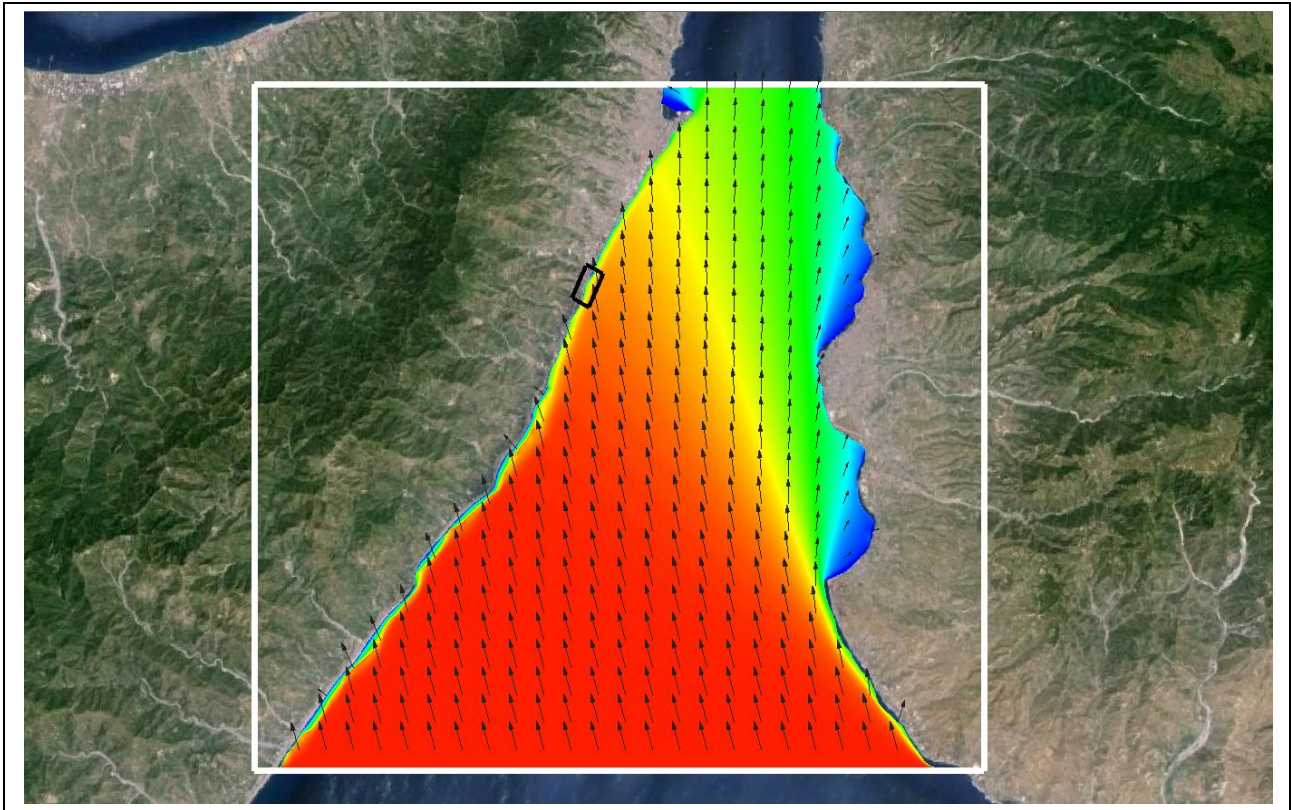
La reanalisi è stata condotta impiegando i dati meteorologici NOAA (<http://cfs.ncep.noaa.gov>), rielaborati attraverso il modello WRF-ARW versione 3.3.1 (Skamarock et al., 2008) per ottenere i campi di vento a 10 m di quota con risoluzione di circa 10 km. Le condizioni di moto ondoso sono state ricavate attraverso l'impiego di un modello di generazione tipo WavewatchIII, versione 3.14 (Komen et al., 1994; Tolman, 2009), anch'esso con risoluzione spaziale di 10 km e temporale di 1 ora (dominio nella figura a lato).

Rispetto ai dati UKMO precedentemente utilizzati è stata considerevolmente estesa la qualità del dato, la dimensione del campione (da 11 a 35 anni) e la significatività del punto di riferimento (figura a lato); quest'ultima circostanza è resa possibile dalla maggiore risoluzione impiegata nei modelli). Il dato è riferito al punto di coordinate 15.55°E, 37.95°N; le condizioni di moto ondoso estreme (tempo di ritorno superiore ai 50 anni) di fronte alle opere in progetto è stato ricavato mediante studio della propagazione locale con il modello numerico STWAVE.

I dati al largo sono risultati essere significativamente superiori a quelli UKMO, soprattutto per quanto riguarda i periodi delle mareggiate di Scirocco; la propagazione locale all'interno dello Stretto abbatte considerevolmente le altezze d'onda, che si riportano a valori simili a quelli degli studi precedenti. Va comunque osservato che, in termini di dimensionamenti, il maggiore periodo comporta un aumento delle sollecitazioni e dei requisiti di stabilità per le mantellate.

In Figura 1 è rappresentato il dominio di calcolo utilizzato nello studio della propagazione locale delle mareggiate estreme (la frontiera meridionale del dominio passa per il punto di coordinate 15.55°E, 37.95°N).





**Figura 1: Dominio di calcolo utilizzato per lo studio della propagazione locale del moto ondoso**

### 3 ATTRAVERSAMENTO DELLA SS 114 E DELLA FERROVIA (TORRENTE FAROTA-CANNETO)

L'**allegato 1** riporta lo studio dell'attraversamento del torrente Farota, redatto sulla base delle prescrizioni impartite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con parere n. 1610 del 19.09.2014, della documentazione acquisita, dell'aggiornata situazione dei luoghi e delle indicazioni ricevute da RFI.

Il dimensionamento dell'opera è stato condotto con un tempo di ritorno della portata idrica di progetto di 300 anni per adeguarsi ai criteri riportati nella Relazione Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia.

Gli approfondimenti svolti hanno portato alle seguenti considerazioni che si ripercuotono sulla scelta progettuale della soluzione da perseguire:

- La presenza dell'importante sottoservizio fognario per il recapito dei liquami all'adiacente stazione di pompaggio, interferisce con la realizzazione dell'opera di attraversamento.
- Infatti l'eventuale tubazione spinta dovrebbe sottopassare lo scatolare fognario in arrivo al sollevamento, con necessità di approfondire in maniera non fattibile il pozzo di arrivo del tubo spinto.
- Gli spazi per la realizzazione del pozzo di arrivo sono notevolmente ridotti in virtù della presenza dell'edificio in sinistra orografica e della vasca di arrivo dei liquami.
- L'attraversamento a 90° del rilevato ferroviario interferirebbe con il passaggio preesistente (idraulicamente sottodimensionato e pertanto non riutilizzabile), non consentendo la posa di una tubazione con tecniche *no-dig* al di sotto delle linee.

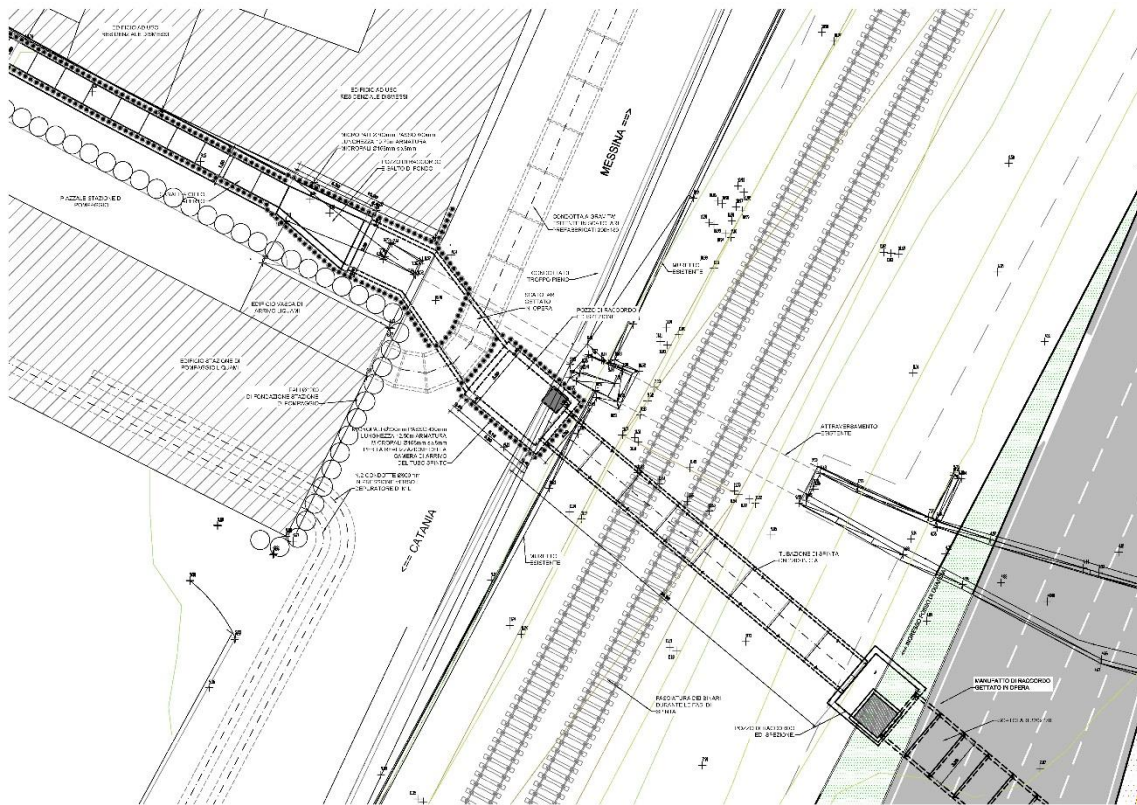
Alla luce delle considerazioni sopra riportate, delle indicazioni ricevute da RFI e dei vincoli imposti dalla presenza di manufatti e sottoservizi, si adotta la soluzione progettuale di seguito descritta.

- Realizzazione dell'attraversamento della SS 114 con una sezione scatolare gettata in opera da 350.x.150 cm, impostata a quota superiore al tombotto fognario, con scavo a cielo aperto e gestione del traffico stradale a senso unico alternato. Tale dimensione è la massima consentita dagli spazi delimitati dai vincoli presenti nella zona (edificio, vasca liquami e condotta fognaria di arrivo).
- I sottoservizi acquedottistici, del gas, di telefonia ed elettrici, potranno essere gestiti mediante la realizzazione di cavallotti con passaggio delle condotte sotto il nuovo scatolare di tombinamento del torrente Farota.
- Realizzazione dell'attraversamento della SS 114 con tubazione spinta DN 2200, infissa da valle verso monte, con realizzazione di un pozzo di arrivo con scavi protetti da una paratia di micropali. Il pozzo di arrivo fungerà anche da manufatto di raccordo tra condotta scatolare e tubazione spinta. Durante l'infissione della condotta le linee ferroviarie verranno rinforzate mediante fasciatura dei binari.
- Previsione di un angolo di 12° dell'asse dell'attraversamento rispetto alla perpendicolare alla linea ferroviaria, in accordo con le prescrizioni di RFI.

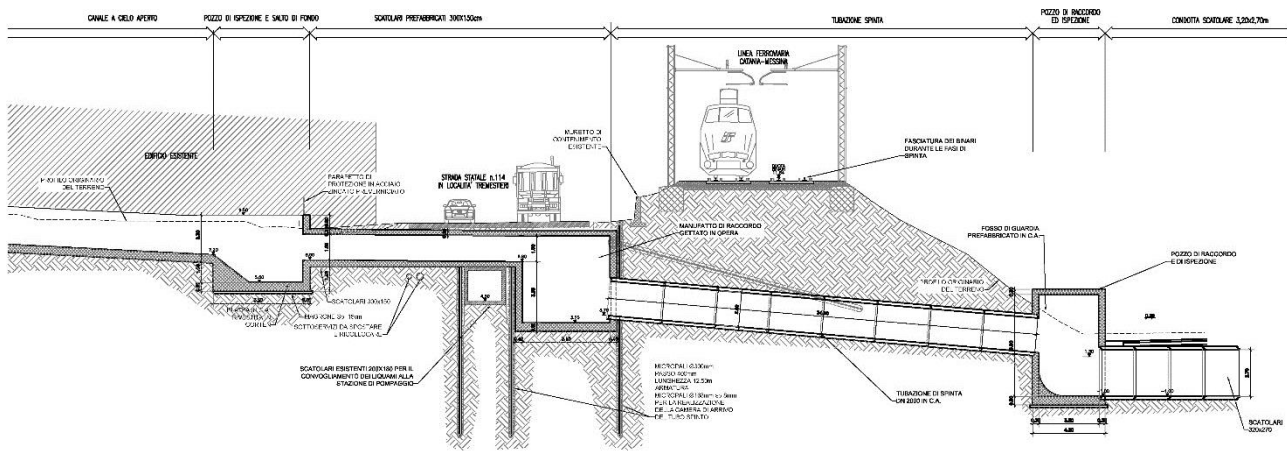
La soluzione proposta consente:

- di convogliare con ampia sicurezza portate corrispondenti ad eventi trecentennali di piena;

- di risolvere le interferenze con i sottoservizi, con gli edifici e con gli impianti tecnologici presenti;
- di rispettare le prescrizioni di RFI;
- di avvicinarsi il più possibile alle prescrizioni impartite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con parere n. 1610 del 19.09.2014, in congruenza con i vincoli emersi;
- di limitare, monitorare ed eliminare gli eventuali accumuli di sedimenti nell'opera.



**Figura 2: planimetria dell'attraversamento nella nuova soluzione proposta**



**Figura 3: profilo dell'attraversamento nella nuova soluzione proposta**

**Per maggiori dettagli vedere l'allegato no.1**

## 4 INTERVENTI ANTI-INSABBIAMENTO DELLE DARSENE PORTUALI

### 4.1 PREMESSA

L'**allegato 2** riporta lo studio relativo al trasporto solido litoraneo ed agli interventi previsti per controllarne gli impatti potenzialmente negativi per l'esercizio del porto, nel seguito sinteticamente chiamati "trappole".

In particolare vengono analizzate le problematiche relative all'insabbiamento dell'esistente struttura portuale ed individuate le possibili linee di condotta ("**trappola Nord**") per garantire l'operatività dello scalo esistente in attesa della realizzazione della nuova infrastruttura nonché a garantire, in fase di esercizio, l'operatività del nuovo scalo - oltreché, ovviamente, anche di quello attuale – mediante la "**trappola Sud**".

Lo studio si basa sui dati di base utilizzati per la progettazione definitiva, che sono in buona sostanza quelli della progettazione preliminare posta a base di gara, nonché su dati, fatti nuovi (tra cui i lavori recentemente eseguiti nel litorale a Sud) ed evidenze subentrati dal 2010 ad oggi, in particolare gli insabbiamenti dello scalo esistente – di entità mai riscontrata in precedenza - che si sono verificati nel novembre 2014 e nel febbraio 2015, in occasione di forti mareggiate, e che hanno reso il porto non operativo. Questi eventi (in particolare quello del novembre 2014 in base alle conoscenze disponibili al momento) hanno provocato anche vistosi fenomeni di ulteriore erosione del litorale a Sud ed a Nord del porto di Tremestieri.

Lo studio affronta in via qualitativa e quantitativa anche il tema della strategia di gestione dell'opera, da attuarsi attraverso periodiche movimentazioni di sedimenti associata alla ottimizzazione ed al potenziamento delle opere rigide già previste dal progetto definitivo.

È evidente che interventi di dragaggio dei bacini portuali, eseguiti a posteriori di fenomeni di insabbiamento (specie se provocati da violente mareggiate, di cui non è prevedibile l'occorrenza e l'entità) costituiscono una "**strategia passiva**", assai poco efficace per garantire l'operatività dello scalo, richiedendo comunque tempi di affidamento ed esecuzione dei lavori durante i quali se ne deve interrompere l'esercizio. In questo modo, inoltre, non si interviene sui fattori che rendono lo scalo esistente (e potenzialmente anche quello nuovo) vulnerabile ai fenomeni di insabbiamento, cioè l'assetto della spiaggia sopraflutto (nel nostro caso, la costa posta a Sud delle opere) e la conformazione plano-altimetrica sia della spiaggia emersa immediatamente adiacente alle opere foranee sia dei fondali prospicienti.

Risulta invece necessario adottare una "**strategia attiva e preventiva**" di gestione della dinamica costiera, che consenta cioè di prevenire i fenomeni indesiderati di insabbiamento delle darsene portuali mediante la sinergia tra interventi strutturali, costante monitoraggio del comportamento del sistema e sistematica attività di manutenzione degli accumuli, **da attuarsi prima che i sedimenti si introducano all'interno del porto ed all'esterno di esso** mediante il trasferimento con mezzi marittimi nelle zone in erosione poste a Nord dello scalo esistente.

In linea di principio, le soluzioni progettuali e gestionali individuate a supporto di tale strategia prevedono interventi (le cosiddette "trappole") tali da far depositare significative quantità dei sedimenti in transito in aree dedicate e sufficientemente discoste dalla/e imboccatura/e, così da disporre del tempo necessario alla loro rimozione prima che gli stessi si introducano negli specchi acquei portuali per superamento della/e testata/e dei moli o per fenomeni di tracimazione, responsabili anch'essi di parte dell'insabbiamento dello scalo attuale.

Gli interventi previsti per la "trappola Sud", ed in particolare l'estensione verso mare del pennello in riva destra dello sfocio Canneto-Farota, consentono di accentuare – se necessario, in presenza di

eventi di particolare intensità e/o di situazioni transitorie delle attività di manutenzione - la dispersione verso alti fondali dei sedimenti in transito (meccanismo già previsto dal progetto preliminare e da quello definitivo proposto in sede di gara) ma soprattutto di potenziare la capacità di accumulo di sedimenti della trappola vera e propria, ottenuta mediante dragaggio di un tratto dell'arenile sopraflutto, di dimensioni ed impatto assai ridotti. E' infatti evidente l'interesse di ridurre al minimo la dispersione dei materiali trasportati lungo costa, risorsa preziosa per fronteggiare le criticità del litorale a Nord del porto esistente.

La sistematica manutenzione mediante il dragaggio degli accumuli all'esterno del porto ed il loro trasferimento via mare (*by pass*) verso le zone in erosione a Nord prima che possano interessare i bacini portuali resta in definitiva la strategia operativa più corretta e gli interventi previsti la rendono logisticamente più agevole e, grazie al *buffer* rappresentato dalla trappola, consentono più agevoli tempi di intervento.

La corretta gestione della manutenzione non potrà naturalmente prescindere dalla intrinseca aleatorietà degli eventi meteomarinari (mareggiate di particolare intensità ma anche eventi alluvionali che determinano consistenti apporti solidi alla foce dei corsi d'acqua, non prevedibili se non nel loro andamento medio) e dovrà quindi essere adeguatamente flessibile nonché subordinata ad un accurato piano di monitoraggio e manutenzione delle opere e del loro intorno.

Si osserva infine che gli interventi previsti (in particolare la "trappola Sud") sono stati studiati con riferimento alla situazione attuale ed alle conoscenze disponibili circa lo stato dei luoghi: gli interventi antropici potrebbero tuttavia in futuro mutarne le caratteristiche e la dinamica evolutiva.

È peraltro del tutto evidente che sarebbe altamente auspicabile la formulazione e l'attuazione di un piano complessivo di interventi relativo all'intera unità fisiografica, che tenga conto in maniera integrata e coerente delle esigenze portuali come di quelle di protezione e stabilizzazione del litorale e di fruizione delle spiagge.

La implementazione – anche parziale e progressiva nel tempo - di un tale piano potrebbe comportare una significativa riduzione del trasporto solido litoraneo che attualmente interessa il paraggio di Tremestieri, riducendo da un lato i rischi di insabbiamento del nuovo porto e, d'altro lato, comportando potenziali rischi di abbassamento dei fondali antistanti le opere foranee e scalzamento delle stesse.

Per tener conto anche di questa eventualità, si è ritenuto opportuno – come detto - ridurre al minimo (compatibilmente con le funzioni previste e le valutazioni oggi possibili) le dimensioni della trappola Sud e delle relative opere fisse, nonché il loro impatto sul territorio. La mancanza di opere fisse sui lati Ovest e Sud della trappola ne consente un esercizio particolarmente flessibile: le sue stesse dimensioni potranno infatti essere agevolmente aumentate qualora la concreta esperienza lo rivelasse necessario, oppure ridotte (e/o rallentata la rimozione degli accumuli) qualora gli apporti dovessero in futuro diminuire, ad esempio a seguito dell'attuazione del piano di cui sopra.

Il piano di monitoraggio dovrà essere esteso anche al fondale antistante le opere foranee, onde poter intervenire tempestivamente per asportare i sedimenti che, superata la "trappola Sud" si depositassero in queste zone o per apportare materiali qualora si riscontrassero eventuali scalzamenti pregiudizievoli per la stabilità ed il comportamento della scogliera a protezione del terrapieno e del molo.

## 4.2 TRAPPOLA NORD

### 4.2.1 Soluzione proposta

Per la gestione delle problematiche relative all'insabbiamento dell'esistente struttura portuale, nelle more della costruzione del nuovo porto, si propone l'esecuzione di un intervento prioritario, oggetto di specifico progetto esecutivo anticipato, consistente nel dragaggio di parte dei sedimenti depositati a ridosso del molo esistente, che sono comunque da asportare per la formazione della nuova darsena. Nell'ambito dello stesso intervento verranno realizzate tutte le scogliere previste per il ripascimento protetto a Nord del porto esistente e i sedimenti provenienti dal dragaggio verranno impiegati per la realizzazione di una quota parte del ripascimento protetto.

Tale intervento prioritario prevede la movimentazione dei sedimenti depositati di fronte al molo per oltre 130.000 m<sup>3</sup> circa, in massima parte prelevati mediante dragaggio a Sud della scogliera in tetrapodi recentemente realizzata (nell'ambito dei lavori urgenti di riparazione del tratto terminale del molo sopraflutto dell'approdo esistente) e in minima parte derivanti dal dragaggio del tratto di fronte alla scogliera e a Nord della stessa e dagli sbancamenti della spiaggia emersa per abbassarne la quota entro i +1.0 m s.l.m.m. nell'area di fronte al molo sopraflutto.

Si sottolinea che i dragaggi e gli sbancamenti previsti ricadono per intero nell'area da scavare per la realizzazione del nuovo porto, di cui costituiscono quindi solo una quota parte, pari a circa un quinto del volume complessivo.

Il prelievo dei sedimenti prevede un arretramento della linea di riva (in fase di sbancamento) di circa 60 m per uno sviluppo di 150 m nel tratto più a Sud e un arretramento medio variabile tra i 50 e i 40 m per l'ulteriore tratto di 120 m, fino alla scogliera in tetrapodi. Il profilo di sbancamento verrà risgomato dall'azione del moto ondoso determinando gradualmente una leggera riduzione dell'arretramento effettivo. Nel tratto più a Nord, i sedimenti verranno rimossi fino a ridosso della scogliera in tetrapodi e, nel tratto terminale, a ridosso del molo.

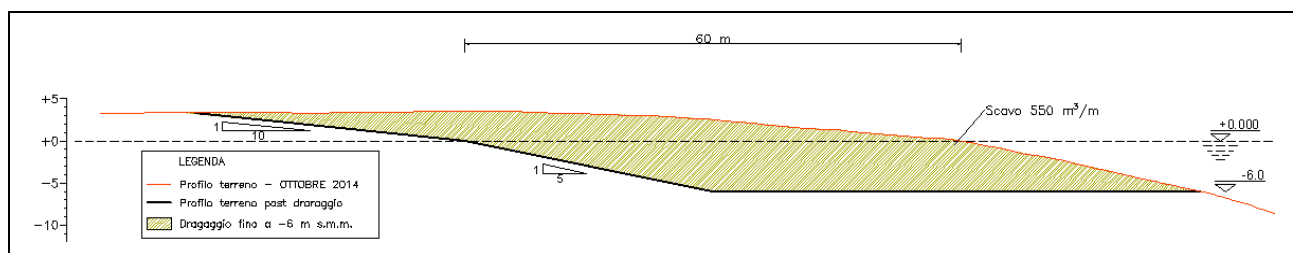


Figura 4: Sezione di dragaggio in corrispondenza del tratto più a Sud (sezione X-X').

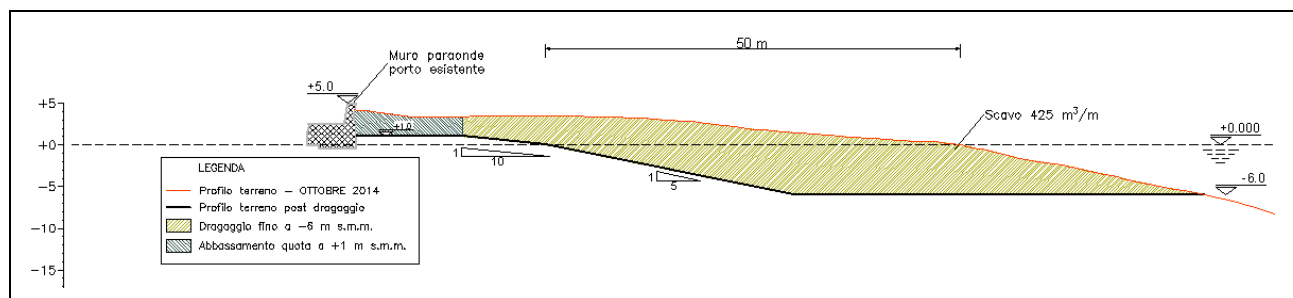


Figura 5: Sezione di dragaggio a ridosso del molo esistente (sezione Y-Y')



Figura 6: Planimetria degli interventi di gestione temporanea dell'approdo attuale (trappola Nord).

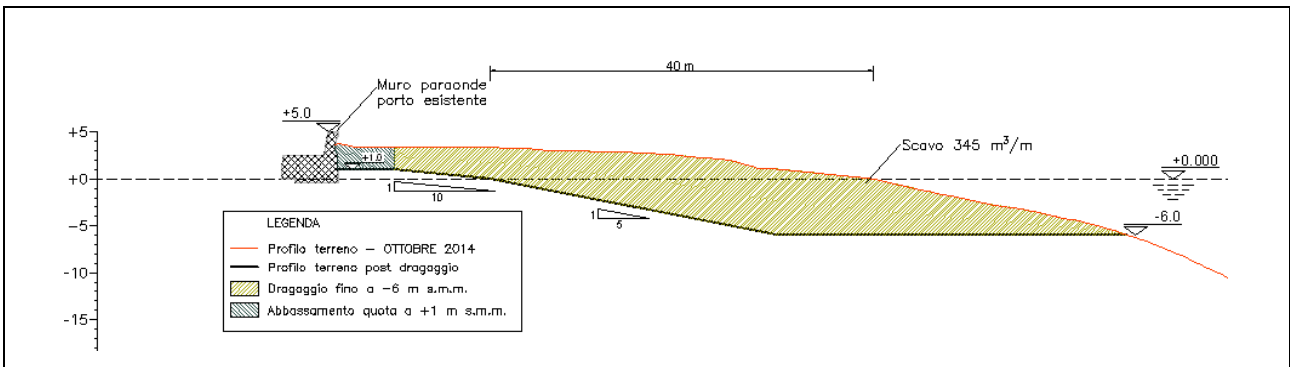


Figura 7: Sezione di dragaggio a ridosso del molo esistente (sezione J-J')

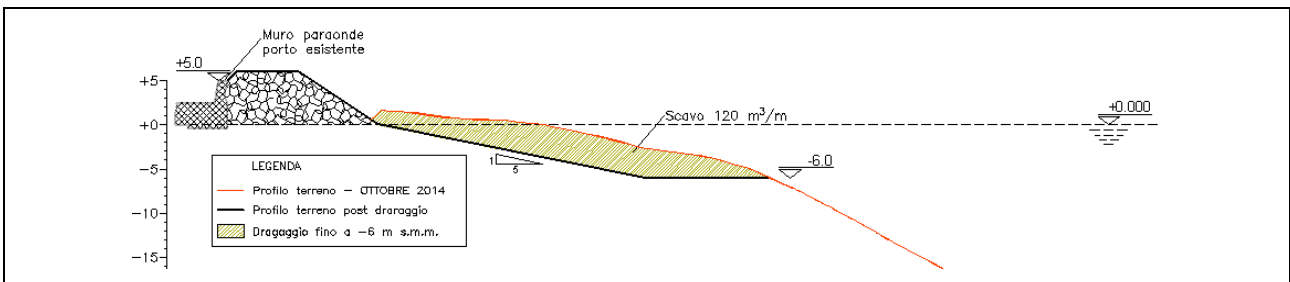


Figura 8: Sezione di dragaggio a ridosso della scogliera in tetrapodi (sezione Z-Z')



### 4.3 TRAPPOLA SUD

#### 4.3.1 Soluzione proposta

Come premesso al precedente paragrafo 4.1, gli interventi per la gestione della portata solida proveniente da Sud, prevedono l'estensione del pennello di contenimento già previsto dal progetto definitivo, e la realizzazione di una trappola per i sedimenti, realizzata mediante lo sbancamento di un tratto di spiaggia sopraflutto al pennello, per un totale di circa 25.000 m<sup>3</sup>.

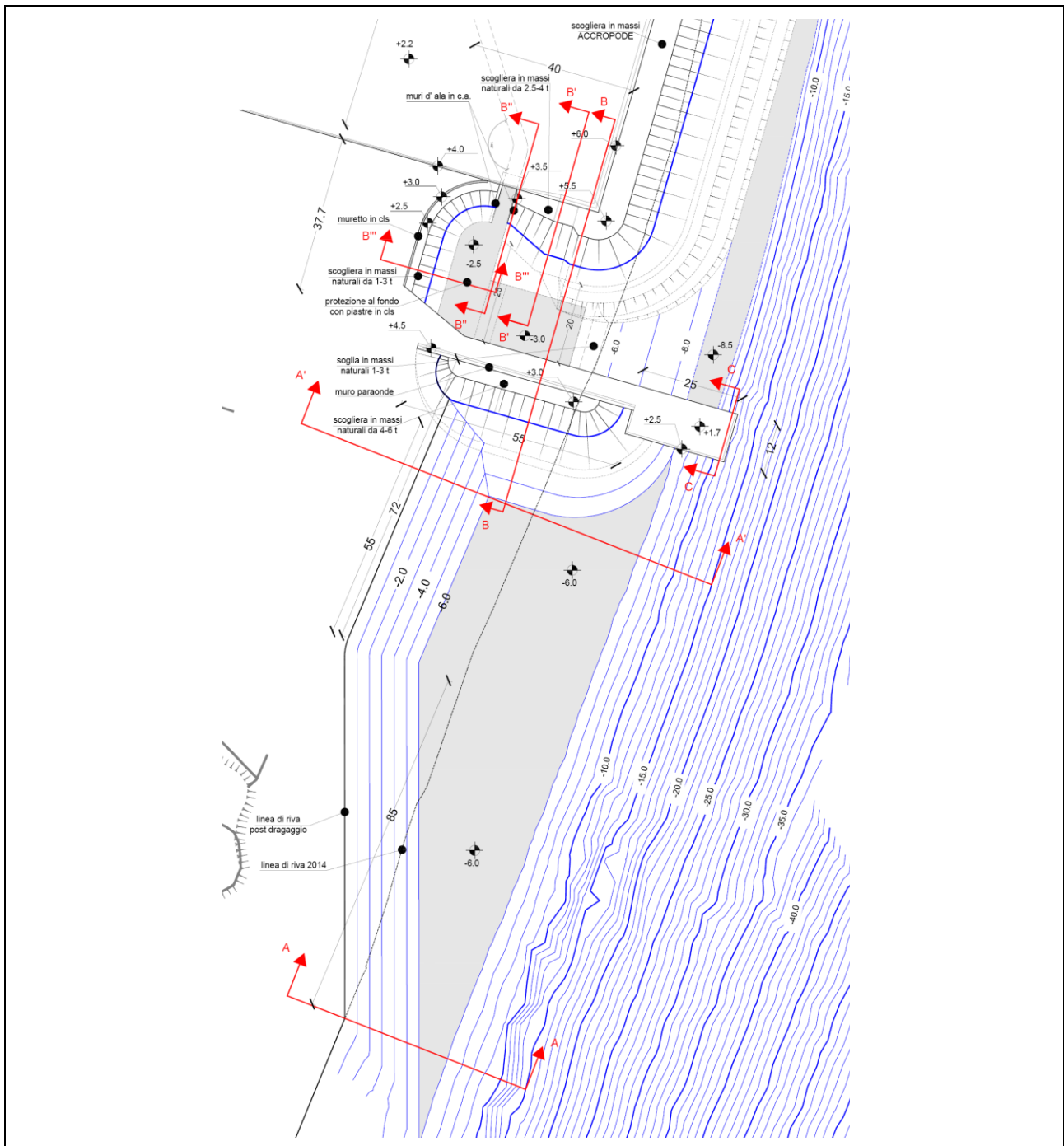


Figura 9: Planimetria degli interventi di controllo del trasporto solido in fase di esercizio (trappola Sud)

Lo scavo della trappola prevede, in fase di sbancamento un arretramento dell'attuale linea di riva di circa 30 m per uno sviluppo di 55 m e il dragaggio dei sedimenti fino alla quota -6.0 m s.l.m.m (Figura 10). Nel tratto più a Sud l'arretramento iniziale andrà a ridursi fino a ricollegarsi all'attuale linea di riva (Figura 11). Anche in questo caso la conformazione iniziale della linea di riva verrà progressivamente rimodellata dall'azione del mare e quindi sostanzialmente ripristinata in occasione degli interventi di manutenzione della trappola.

Il pennello è stato modificato rispetto al progetto definitivo per poter essere prolungato fino alla profondità di - 12 m s.l.m.m. Avrà una lunghezza complessiva di circa 80 m e sarà realizzato con una struttura tipo *cofferdam*, di larghezza 6 m per un tratto di lunghezza pari a 55 m e di larghezza 12 m per il restante tratto di testata (Figura 12).

La trappola non verrà contornata da opere fisse sui lati Ovest e Sud ma richiede la realizzazione di una mantellata sul lato Sud del pennello, idonea a resistere alle azioni del moto ondoso, che in questa configurazione è in grado di raggiungere, a trappola vuota, l'intero lato meridionale della struttura. Per poter utilizzare massi di pezzatura di più facile reperimento, si è scelto di realizzare la mantellata con massi di pezzatura 4÷6 t disposti su una pendenza di 1:2; la mantellata è posata su uno strato filtro di I categoria (Figura 13). L'imbasamento avviene direttamente sul terreno di base, previa interposizione di un geocomposito di idonee caratteristiche meccaniche. Anche in questo caso il terreno di base è costituito da sabbia grossolana e ghiaia.

Dal momento che la mantellata a debole pendenza ha un ingombro maggiore rispetto a quella prevista dal progetto definitivo di offerta e che lo scavo della trappola espone il pennello a possibili fenomeni di tracimazione, è stato necessario apportare una serie di ulteriori modifiche alla sezione, introducendo un muro paraonde, con coronamento alla quota di +4.5 m s.l.m.m.

Tutte le mantellate sono state dimensionate con basso livello di danno (staticamente stabili) e saranno quindi soggette a minimi interventi di manutenzione.

La variazione della tipologia di struttura per il pennello (da scogliera in massi naturali a struttura a parete verticale) ha reso necessario l'introduzione di alcune modifiche della foce del Torrente Canneto-Farota, finalizzate alla riduzione dell'azione ondosa in prossimità e in ingresso al manufatto di scarico. All'interno della foce, in corrispondenza della radice del pennello, è stata prevista una scogliera in massi, al fine di smorzare il moto ondoso che dovesse eventualmente propagarsi all'interno della foce, correndo lungo la parete verticale del *cofferdam*. È stata inoltre variata l'orientazione e la forma convergente del manufatto di scarico in modo da minimizzare la possibilità che il moto ondoso possa penetrare all'interno dello stesso.

Al fine di facilitare i lavori di manutenzione dello sbocco, che sarà inevitabilmente soggetto a periodici interrimenti, è stato inoltre sostituito il pietrame previsto sul fondo della foce con piastre in calcestruzzo di dimensioni 4 m x 3 m. e spessore di 30 cm.

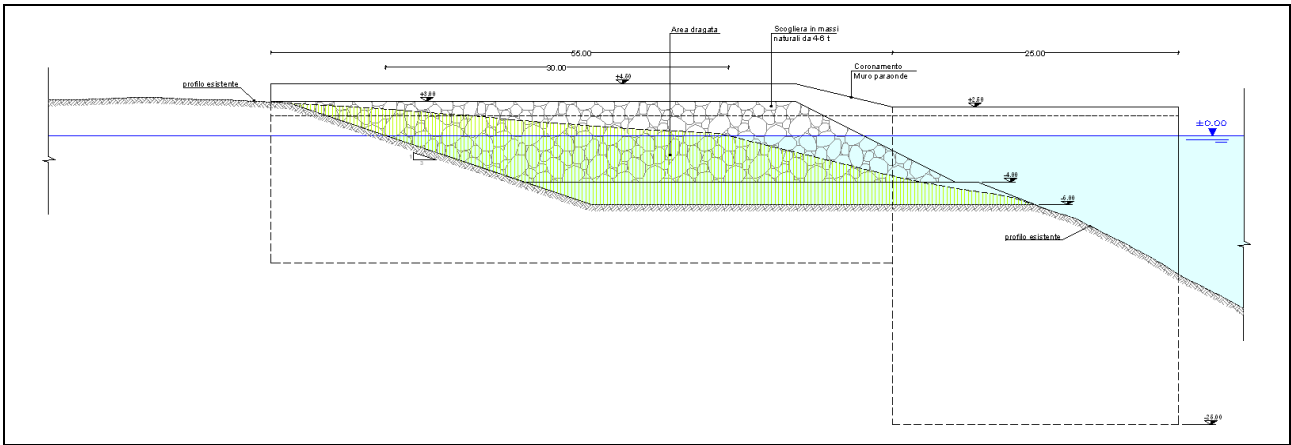


Figura 10: Sezione tipica del dragaggio in prossimità del pennello (sezione A'-A').

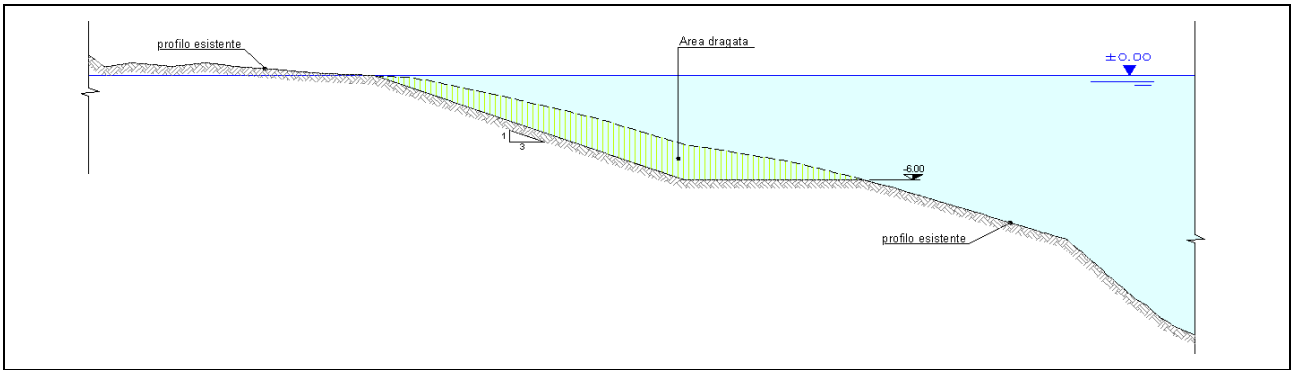


Figura 11: Sezione tipica del dragaggio nel tratto meridionale (sezione A-A)

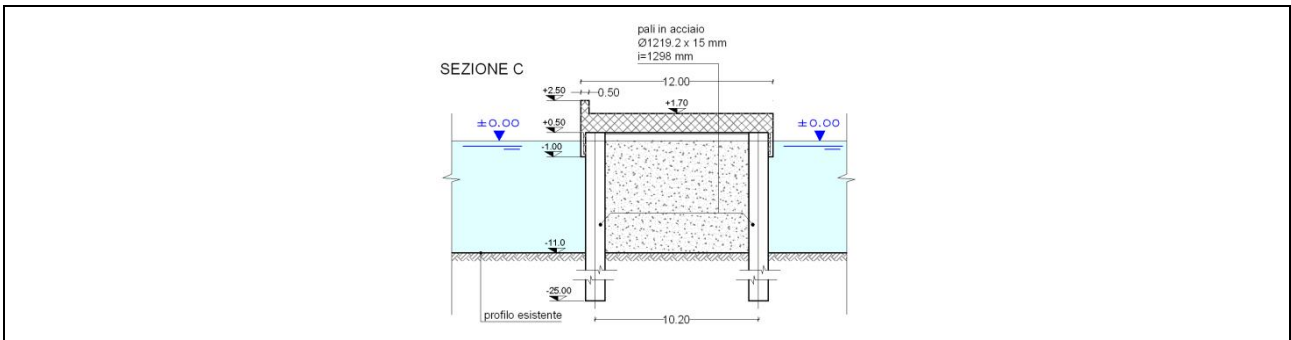


Figura 12: Sezione tipica della testata del pennello (sezione C-C)

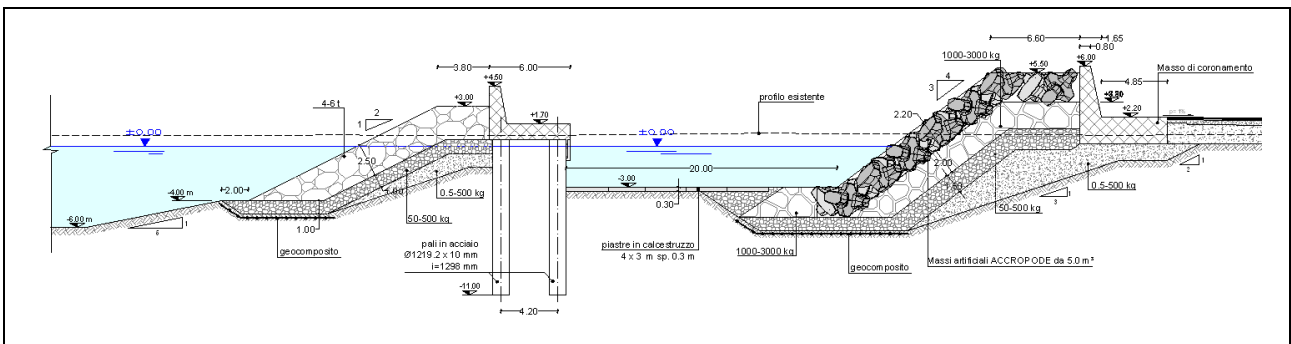
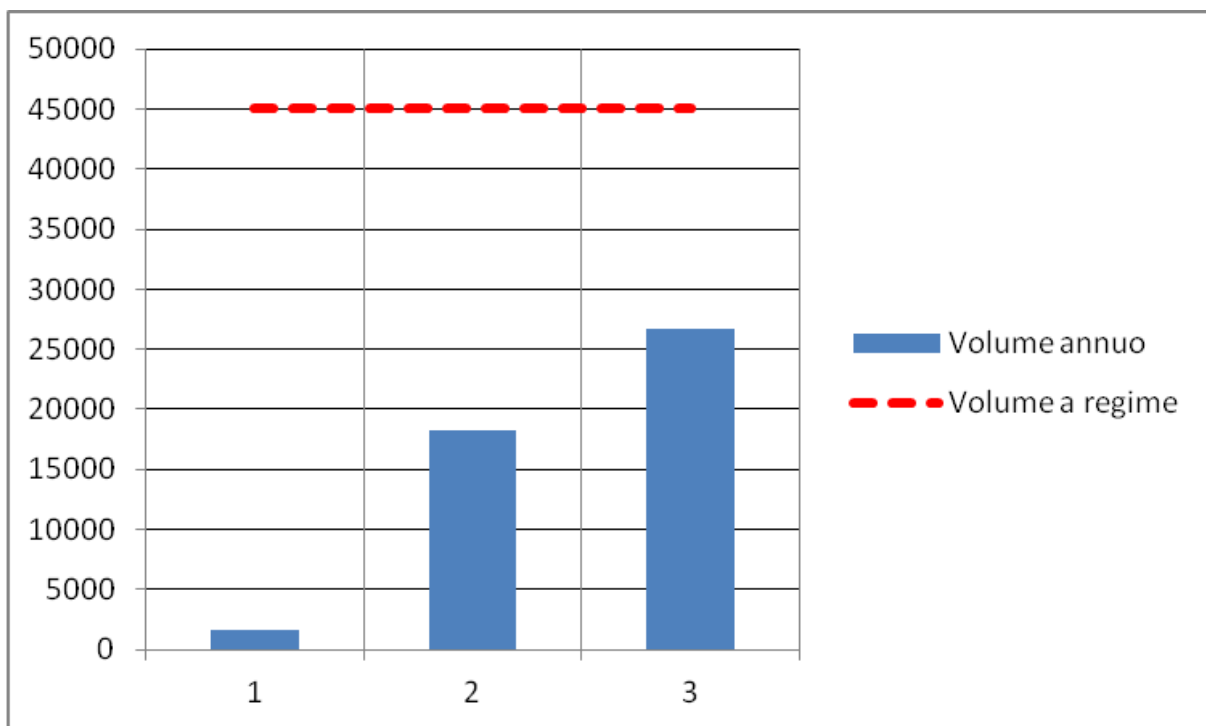


Figura 13: Sezione tipica della foce del Torrente Canneto (sezione B-B)

#### 4.3.2 Considerazioni sulla funzionalità della trappola (fase di esercizio)

Come riportato nel citato **allegato no. 2**, il limite di batteria meridionale del nuovo intervento si colloca in un tratto di litorale caratterizzato da una capacità di trasporto il cui valore medio è stimabile in circa 45.000 m<sup>3</sup>/anno. A meno di variazioni delle condizioni al contorno (nella fattispecie, opere e versamenti realizzati a Sud), è lecito attendersi che la portata solida media in arrivo non vari nel tempo.

Le simulazioni hanno contemplato la presenza del pennello di contenimento in grado di raggiungere la batimetrica -12 m s.l.m.m. e lo scavo di una trappola, per complessivi 25.000 m<sup>3</sup>, ricavata nel modesto spazio a disposizione sbancando l'area sopraflutto al pennello fino alla quota di -6,0 m s.l.m.m. La trappola sarà realizzata e sottoposta a manutenzione (cioè dragata) con cadenza quanto meno annuale. In Figura 15 sono rappresentati l'andamento del trasporto solido in tre anni di esercizio dopo la costruzione della trappola e relativo dragaggio iniziale di 25.000 m<sup>3</sup>: si può osservare che, a fronte di un *bypass* iniziale oltre il pennello di contenimento che non supera i 2.000 m<sup>3</sup> nel primo anno, il volume di *bypass* arriva a 18.000 m<sup>3</sup> il secondo, sfiorando i 27.000 il terzo (Figura 14). Il volume a regime rappresenta la portata solida annuale in assenza di opere di contenimento.



**Figura 14: Portate solide in grado di bypassare la testata del pennello di contenimento della trappola Sud in assenza di manutenzione (misure in metri cubi).**

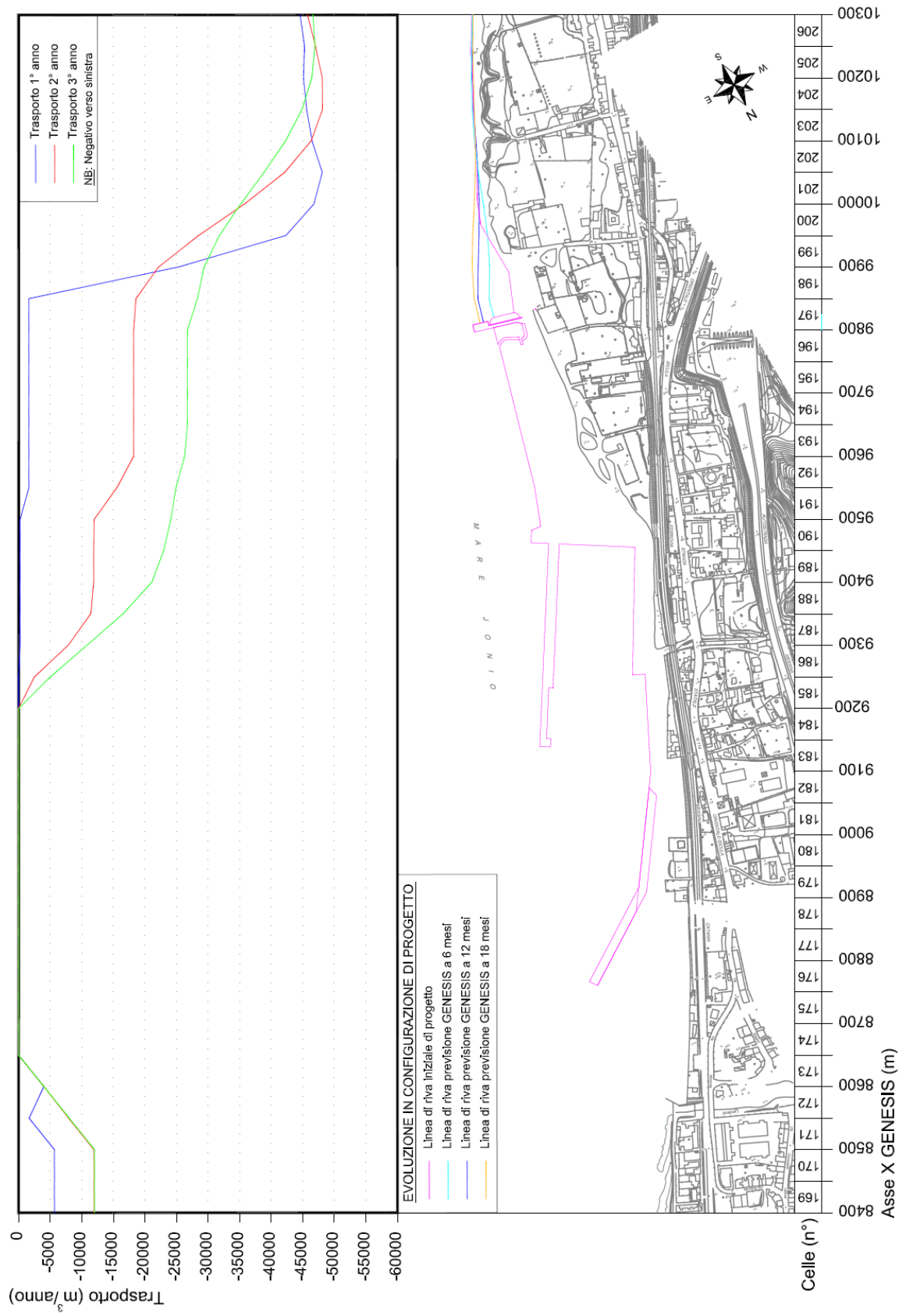


Figura 15: Risultati della simulazione in configurazione di esercizio, con trappola Sud.

In altri termini, e prescindendo da accadimenti che sfuggano all'andamento annuale e stagionale medio, la manutenzione della trappola dovrà avere cadenza almeno annuale.

In Figura 15 sono anche rappresentate le linee di riva per i primi 18 mesi di esercizio: in una fase iniziale si assiste al riempimento della trappola, con una temporanea erosione della spiaggia sopraflutto (il trasporto viene di fatto localmente accelerato).

A 6 mesi dall'inizio della simulazione la trappola è già colma per metà e l'arretramento si è distribuito lungo il litorale, interessando un tratto verso Sud di circa 200 m, con arretramenti massimi di circa 20 m a ridosso della trappola. A 12 mesi la trappola è quasi piena, ma la combinazione dello scavo iniziale e della rotazione determinata dal profilo di accumulo sul pennello di contenimento determina comunque una riduzione del 30% della portata solida che bypassa il pennello stesso.

Si sottolinea – come già accennato al paragrafo 4.1 - che gli interventi di manutenzione non dovranno essere limitati alla sola rimozione del materiale accumulato nella trappola.

In presenza, ad esempio, di importanti apporti determinati da singole forti mareggiate, i sedimenti che potrebbero aver superato il pennello per depositarsi al piede della scogliera del nuovo terrapieno portuale e del molo di sopraflutto dovranno essere prelevati anche in corrispondenza di queste opere.

La notevole distanza tra la trappola e l'imboccatura del nuovo porto garantisce di disporre di tempi e spazi adeguati per intervenire prima che i sedimenti raggiungano la testata del molo e possano quindi determinare fenomeni di insabbiamento del nuovo specchio acqueo portuale.

É evidente pertanto che la rimozione di eventuali accumuli indesiderati - o il loro spianamento - lungo tutto il fronte delle nuove opere debbano essere anch'essi opportunamente previsti dal piano di manutenzione, così costituendo una ulteriore significativa garanzia di pratica fattibilità di una corretta gestione del rischio di insabbiamento della nuova darsena e, di conseguenza, anche di quella esistente.

Le caratteristiche della trappola, la necessaria flessibilità degli interventi di dragaggio di manutenzione e l'esecuzione degli stessi, subordinata al monitoraggio dei fondali antistanti l'intero sviluppo delle nuove opere di difesa, consentono anche, per altro verso, di controllare e gestire eventuali indesiderati fenomeni - generalizzati o locali - di approfondimento dei fondali determinati da carenza occasionale di apporti o da altre cause.

Come accennato al termine del paragrafo 4.1 della presente, lo stesso dicasi qualora venisse attuato un (peraltro altamente auspicabile) piano organico di interventi di stabilizzazione e riqualificazione di tutto il litorale a Sud di Tremestieri, tale da potenzialmente ridurre stabilmente in maniera significativa il volume di sedimenti che – nella situazione attuale assunta a riferimento – raggiunge la zona del nuovo porto.

## 5 MOLO FORANEO

### 5.1 GEOMETRIA DEL MURO PARAONDE

Nel presente adeguamento del progetto definitivo viene adottata una geometria del muro paraonde ed un suo posizionamento leggermente variati rispetto al definitivo di offerta, al fine di facilitare l'accosto esterno delle navi al molo; in particolare, la soluzione adottata permette di realizzare:

- una riduzione delle portate di tracimazione;
- un camminamento in sicurezza per gli ormeggiatori addetti;
- una più efficace collocazione delle bitte di ormeggio.

Nel dettaglio, si prevede di posizionare il muro ad una distanza di 2 m rispetto al paramento esterno del molo e di dotare la sommità del muro di un "dente deflettente", come rappresentato nella Figura 16; nella zona "ristretta" del tratto terminale del molo, il muro resta invece nella ubicazione originaria.

Nel prosieguo si analizza preliminarmente l'effetto determinato sulla tracimazione dal dente deflettore, in rapporto alla configurazione curvilinea del muro prevista in offerta, valutando successivamente gli ulteriori effetti determinati dall'arretramento del muro.

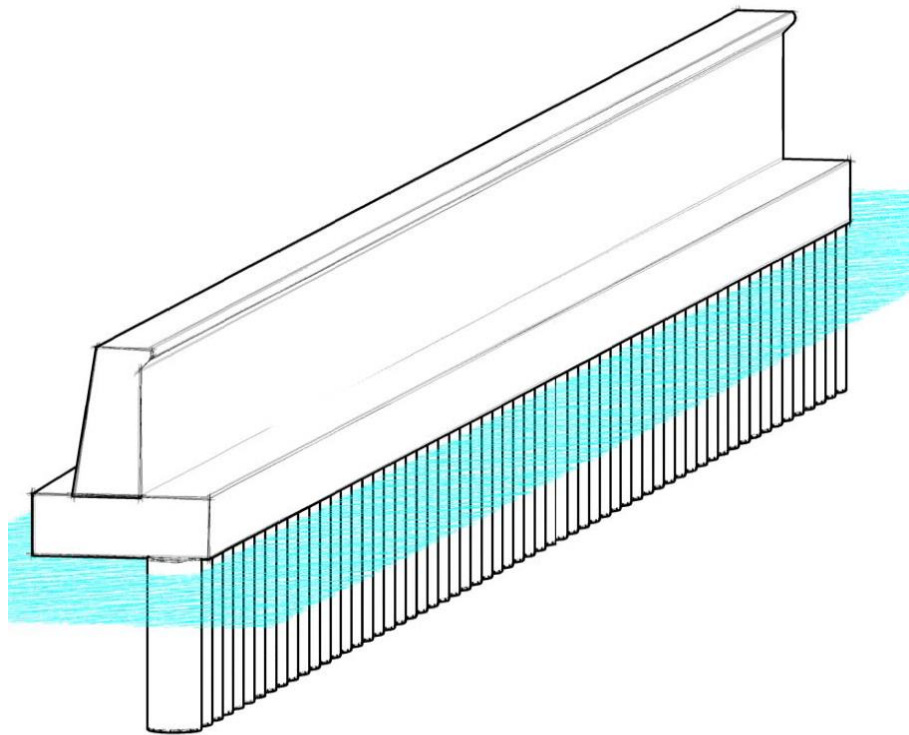
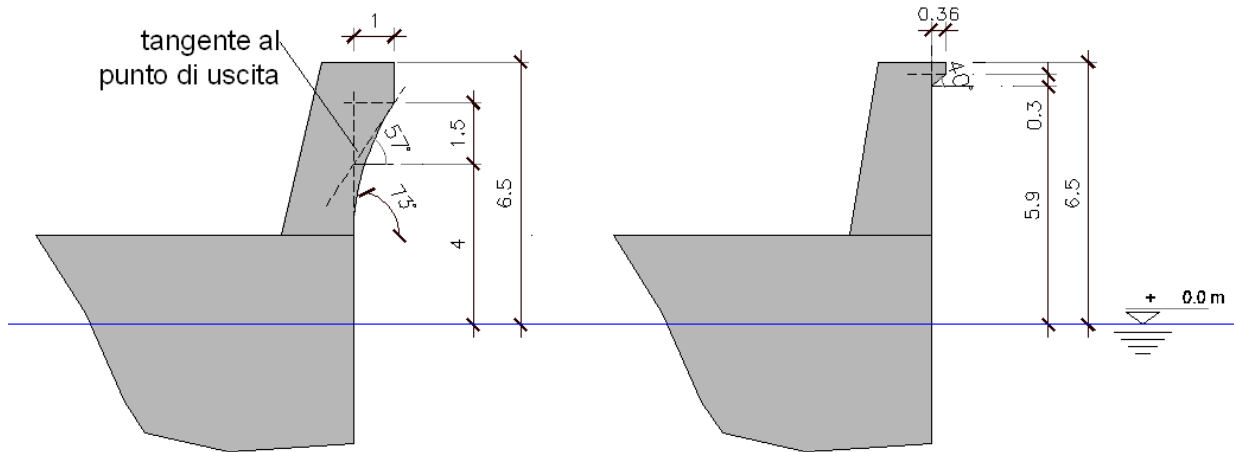


Figura 16: Molo foraneo – Modifiche introdotte al muro paraonde.

Nella formulazione dello *“European Overtopping Manual”* (2007) (Figura 18) la riduzione di portata di tracimazione, determinata dall'adozione del dente deflettore, viene quantificata in funzione della geometria del dente stesso. Seguendo il medesimo approccio del progetto di gara, si è fatto riferimento al metodo probabilistico, utilizzando il software online EuroTop. A valle delle verifiche eseguite con l'ausilio del *tool online* (Figura 19), reperibile nel sito del *“European*

*Overtopping Manual*” per il calcolo dell’*overtopping* (<http://www.overtopping-manual.com>), si può dimostrare che l’adozione di un dente deflettore con angolo di inclinazione inferiore ( $40^\circ$ ) a quello proposto in sede di progetto definitivo di gara  $57^\circ$ , determina una riduzione della portata di tracimazione (cfr. successiva Figura 17). Di seguito si riportano i risultati delle verifiche eseguite.



**Figura 17: Molo foraneo – Risgomatura del muro paraonde (a destra la modifica proposta)**

**16.3.5. Effect of bullnose and recurve walls**

Designers of vertical seawalls and breakwaters have often included some form of seaward overhang (recurve/parapet/wave return wall/bullnose) as a part of the structure with the design motivation of reducing wave overtopping by deflecting back seaward uprushing water (e.g., Figs. 16.17 and 16.18). The mechanisms determining the effectiveness of a recurve are complex and not yet fully described. The guidance presented here is based upon physical model studies.<sup>12,15</sup>

Parameters for the assessment of overtopping at structures with bullnose/recurve walls are shown in Fig. 16.19.

Two conditions are distinguished:

- the familiar case of the parapet/bullnose/recurve overhanging seaward ( $\alpha < 90^\circ$ ), and



Fig. 16.17. An example of a modern, large vertical breakwater with wave return wall (left) and cross-section of an older seawall with recurve (right).



Fig. 16.18. A sequence showing the function of a parapet/wave return wall in reducing overtopping by redirecting the uprushing water seaward (back to right).

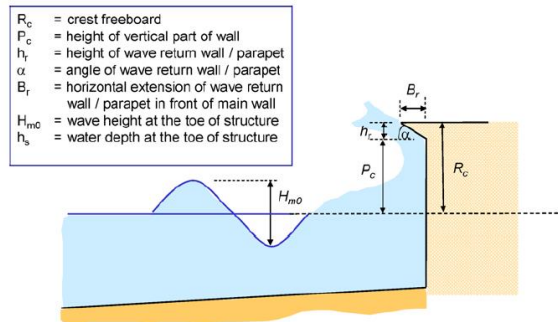


Fig. 16.19. Parameter definitions for assessment of overtopping at structures with parapet/wave return wall.

- the case where a wall is chamfered backward at the crest [normally admitting greater overtopping ( $\alpha > 90^\circ$ )].

For the latter, chamfered wall case, influence factors  $\gamma$  should be applied to Franco *et al.*'s equation<sup>10</sup> for non-impulsive mean discharge [Eq. (16.13)] with the value of  $\gamma$  selected as shown<sup>8</sup>:

$$\frac{q}{(gH_{m0}^3)^{0.5}} = 0.2 \exp\left(-\frac{4.3 R_c}{\gamma H_{m0}}\right), \quad (16.13)$$

$$\begin{aligned} \gamma &= 1.01 && \text{for } \alpha = 120^\circ, \\ \gamma &= 1.13 && \text{for } \alpha = 135^\circ, \\ \gamma &= 1.07 && \text{for } \alpha = 150^\circ. \end{aligned}$$

For the familiar case of overhanging parapet/recurve/bullnose, the effectiveness of the recurve/parapet in reducing overtopping is quantified by a factor  $k$  defined as



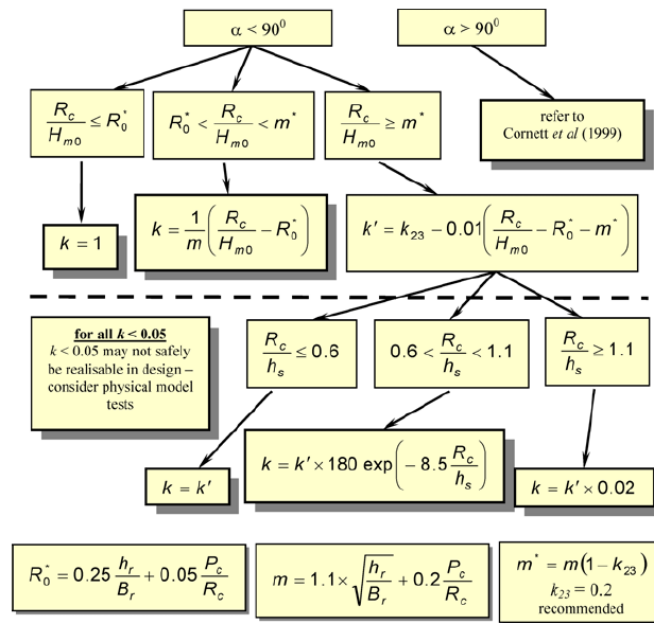


Fig. 16.20. "Decision chart" summarizing methodology for tentative guidance. Note that symbols  $R_0^*$ ,  $k_{23}$ ,  $m$ , and  $m^*$  used (only) at intermediate stages of the procedure are defined in the lowest boxes in the figure. Please refer to text for further explanation.

- if in the regime of largest reductions (greatest parapet effectiveness;  $R_c/H_{m0} \geq R_0^* + m^*$ ), which of the three further subregimes (for different  $R_c/h_s$ ) is appropriate.

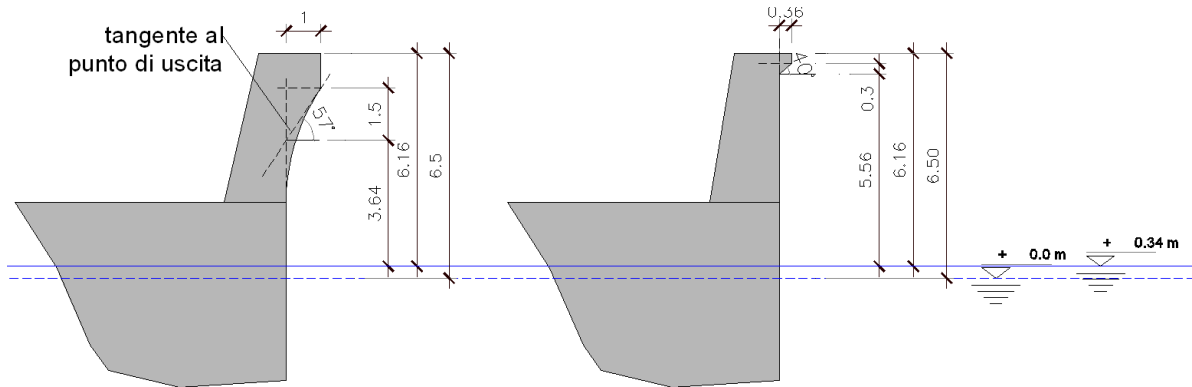
Given the level of scatter in the original data and the observation that the methodology is not securely founded on the detailed physical mechanisms/processes, it is suggested that it is impractical to design for  $k < 0.05$ , i.e., reductions in mean discharges by factors greater than 20 cannot be predicted with confidence. If such large (or larger) reductions are required, a detailed physical model study should be considered.

Figura 18: Formulazione del "European Overtopping Manual" per la stima della portata di tracimazione

The screenshot shows a web-based calculation tool. On the left, a diagram illustrates a seawall cross-section with parameters:  $T$  (wave period),  $H_{m0}$  (wave height at toe),  $h_s$  (water depth at toe),  $P_c$  (vertical part height),  $R_c$  (crest height),  $B_r$  (horizontal extension),  $h_r$  (wave return height), and  $\alpha$  (crest angle). The interface includes input fields for  $T$  (with radio buttons for  $T_m$ ,  $T_p$ ,  $T_{m-1.0}$ ),  $H_{m0}$ ,  $P_c$ ,  $R_c$ ,  $h_r$ ,  $B_r$ ,  $\alpha$ , and  $h_s$ . A "Calculate Overtopping Rate" button is at the bottom right. Below the diagram, there are sections for "Beta Results" and "Wave Type / Other Info" with a field for "Mean overtopping discharge rate per metre run of seawall (Us/m)".

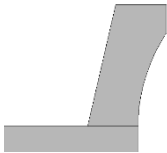
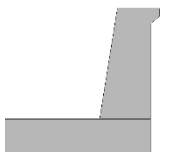
Figura 19: Tool di calcolo della portata di tracimazione reperibile nel sito (<http://www.overtopping-manual.com>).

Il calcolo della portata di tracimazione è stato effettuato con riferimento alla profondità massima di fronte all'opera (-15 m s.m.m.), considerando il massimo dislivello di marea: +0,34 m l.m.m.. Si rimanda all'elaborato "1044\_H001R\_1\_Relazione\_di\_calcolo\_strutture\_e\_molo\_foraneo" per i risultati completi del calcolo della portata di tracimazione lungo il molo forano, per la configurazione modificata.

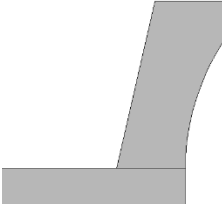
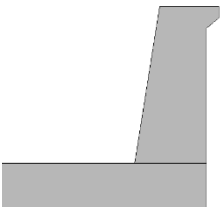


**Figura 20: Parametri geometrici impiegati nel calcolo**

Nella tabella si riportano i valori dei parametri utilizzati per il calcolo della tracimazione mediante l'ausilio del *tool online*.

		
<i>Parametro</i>		
$P_C$ (m)	<b>3.64</b>	<b>5.56</b>
$R_C$ (m)	<b>6.16</b>	<b>6.16</b>
$h_r$ (m)	<b>1.5</b>	<b>0.3</b>
$Br$ (m)	<b>1</b>	<b>0.36</b>
$\alpha$ (°)	<b>57°</b>	<b>40°</b>

Nella successiva tabella si riporta il confronto dei valori di tracimazione per le due configurazioni del muro paraonde. Dai risultati ottenuti si evince che l'adozione di un dente in aggetto con angolo di inclinazione inferiore a quello proposto nel progetto definitivo di gara, determina una sensibile riduzione della portata di tracimazione per tempi di ritorno bassi, e una significativa riduzione per tempi elevati.

				
<i>Tr (anni)</i>	<i>Hs (m)</i>	<i>Tp(s)</i>	<i>q (l/s/m)</i>	<i>q (l/s/m)</i>
10	3.21	10.64	2.52	0.95
50	4.27	11.30	18.40	5.13

Come si evince dai dati sopra riportati, **la modifica del dente deflettore riduce i valori di tracimazione, che rientrano ampiamente nei valori degli standard ammissibili** (riportati nel CEM o nell'*Overtopping Manual* che indicano come “accettabili” valori da 0.1 fino a 10 l/s/m), **anche, e soprattutto, per i tempi di ritorno più elevati.**

Come anticipato, per ottenere una efficiente collocazione delle bitte di ormeggio a servizio dell'accosto esterno al molo ed una maggiore sicurezza degli ormeggiatori addetti, nonché per migliorare ulteriormente le prestazioni del muro nei confronti della tracimazione, si è anche previsto di arretrare il muro rispetto al paramento esterno.

Pur non essendo disponibili in letteratura formulazioni in forma chiusa per la valutazione della portata di tracimazione in opere a parete verticale con muro paraonde sommitale arretrato, esperienze condotte in passato dagli scriventi su strutture simili hanno dimostrato come l'arretramento del muro porti ad una riduzione anche sostanziale della portata di tracimazione, producendo l'arretramento stesso una notevole dissipazione del getto in risalita (Figura 21).



**Figura 21 – Test su modello fisico di opera foranea a paramento verticale con muro paraonde arretrato.**

## 5.2 LAYOUT DELL'ORMEGGIO ESTERNO

Tenendo conto della traslazione di 2 m verso terra del muro paraonde di cui si è detto sopra, si è previsto di posizionare le bitte lungo il camminamento che si viene a creare all'esterno del muro ed alla stessa quota dell'estradosso dell'impalcato, anziché sulla sommità del paraonde, allo scopo di rendere più agevoli e sicure le operazioni di ormeggio e disormeggio.

Il camminamento verrà dotato di un corrimano di sicurezza per gli ormeggiatori che dovranno percorrerlo per ricevere i cavi dalla nave ed agganciarli alle bitte, o liberarli.

Ovviamente l'accesso al camminamento dovrà essere fisicamente interdetto al pubblico ed apposita segnaletica dovrà evidenziare la situazione di potenziale pericolo per i contravventori.

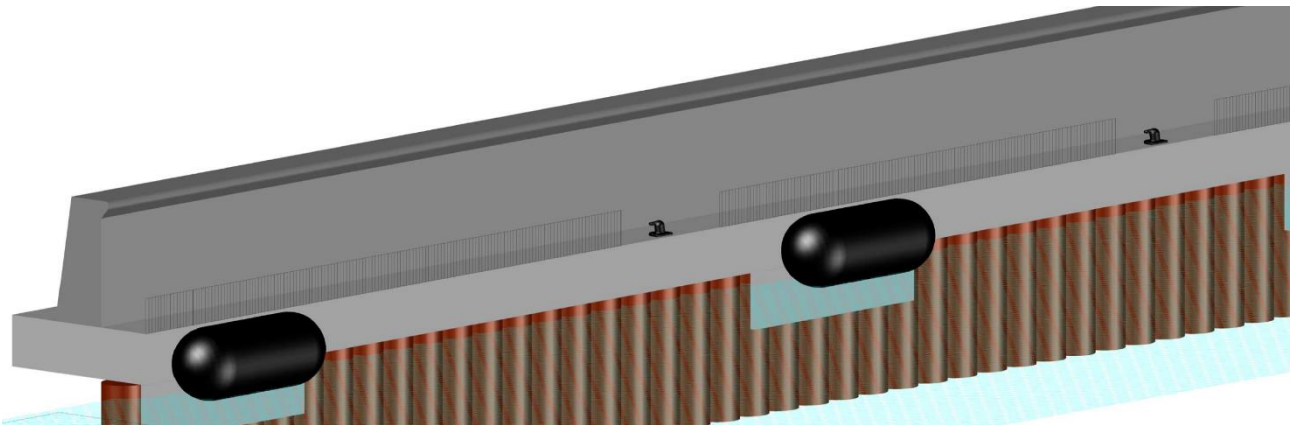


Figura 22: Molo foraneo – bitte lungo camminamento esterno.

## 5.3 STRUTTURA DEL MOLO FORANEO

Contestualmente alla modifica introdotta per la sagoma del muro paraonde, è stata anche ottimizzata la struttura portante del molo. La soluzione adottata consiste nel mantenere gli elementi caratterizzanti la struttura presentata nel progetto definitivo offerto in sede di gara, introducendo in aggiunta gargami e tubolari di elevato spessore per gli elementi “portati”, e setti in c.a. di incrementate caratteristiche prestazionali.

Sono state inoltre introdotte alcune migliorie che garantiscono una maggior rigidezza della struttura e la protezione dei fondali dall'erosione provocata dall'azione delle eliche dei natanti durante le fasi di ormeggio e disormeggio. In particolare, la protezione del fondale marino nella fascia a fianco della banchina lato porto e al di sotto della struttura del molo verrà realizzata mediante una scogliera di protezione di massi naturali di diverse pezzature opportunamente graduate.

Lungo il paramento esterno, il collegamento tra i pali frontali affiancati che formano la parete verticale del molo sarà realizzato mediante l'introduzione di gargami metallici che, oltre che migliorare il collegamento tra i pali e consentire il loro perfetto allineamento, impediscono la migrazione di sedimenti attraverso la parete. La stessa sarà costituita da pali in c.a. tipo “portanti” di maggior lunghezza, disposti ad interasse di 6 m circa nei primi 3 settori e di 4.5 m circa nell'ultimo settore. Il molo sarà strutturalmente suddiviso in 4 settori, mediante l'introduzione di idonei giunti strutturali realizzati sia lungo il paramento verticale, sia nella struttura in c.a. del muro paraonde. I pali “portanti” sono stati allungati rispetto alla soluzione proposta in sede di gara, in modo da garantire una maggior ammorsamento della struttura del molo agli strati di terreno più profondi, caratterizzati da migliori proprietà geotecniche meccaniche. Tale modifica ha consentito anche l'eliminazione dei taglioni in *jet-grouting*, previsti in sede di gara per ridurre la deformazione dell'opera sottoposta alle azioni del moto ondoso.

Ai pali “portanti” saranno collegati i pali tipo “portati” in acciaio sovrappessorato, mediante speciali gargami metallici che impediscono la migrazione di sedimenti attraverso la parete e consentono una miglior infissione delle camicie dei pali durante la fase realizzativa.

La sovrastruttura del molo sarà composta da elementi prefabbricati in calcestruzzo ad alta resistenza, mutuamente collegati da getti in opera eseguiti in più fasi. Tale soluzione consente una miglior distribuzione dei carichi d’onda e sismici indotti alla struttura del molo lungo il fronte esterno; inoltre l’utilizzo di setti trasversali verticali in c.a. con struttura ad “I”, colleganti la fila di pali lato terra con la fila centrale, conferisce rigidità alla struttura del molo nei confronti delle spinte orizzontali esercitate dal moto ondoso sul paramento verticale.

L’impiego di setti trasversali verticali in c.a. con struttura ad “I” limitati alle sole due campate lato terra consente inoltre la formazione di una unica “camera” retrostante la parete frontale; si crea in tal modo una situazione parzialmente diversa da quella considerata nel progetto di gara ma dotata di effetti dissipativi prevedibilmente almeno analoghi (specie in presenza di onde oblique) grazie alla presenza dell’ampio spazio vuoto compreso tra i setti e la faccia interna della parete frontale del molo.

Allo scopo di contrastare il carico verticale indotto sui pali posteriori (fila C) durante un evento sismico o da carico d’onda in condizioni estreme, è stato realizzato un consolidamento in punta palo mediante trattamento colonnare di diametro equivalente 2 m e lunghezza 7 m.

Oltre all’impiego di setti trasversali, sono stati introdotti anche no. 4 setti longitudinali per ogni settore del molo, consentendo di migliorare la resistenza dell’opera confronti dell’azione sismica agente lungo la dorsale del molo; i setti si collegano lateralmente ai setti trasversali mediante un sistema maschio/femmina e superiormente all’impalcato mediante opportuni armature di ripresa e getto di solidarizzazione in calcestruzzo.

Per quanto attiene la geometria del muro paraonde, come già evidenziato al paragrafo 5.1, si prevede una superficie inclinata sul lato terra e, sul lato mare, una parete verticale sormontata in sommità da un “dente” aggettante, arretrata di 2 m rispetto al paramento esterno del molo. La soluzione risulta migliorativa ai fini del controllo della tracimazione e consente di realizzare un passaggio praticabile alla quota dell’estradosso dell’impalcato percorribile in sicurezza dagli ormeggiatori e lungo il quale verranno disposte le bitte a servizio dell’ormeggio esterno.

La seguente figura riporta la sezione tipologica del molo in corrispondenza del fondale a quota -15 m s.l.m.m.

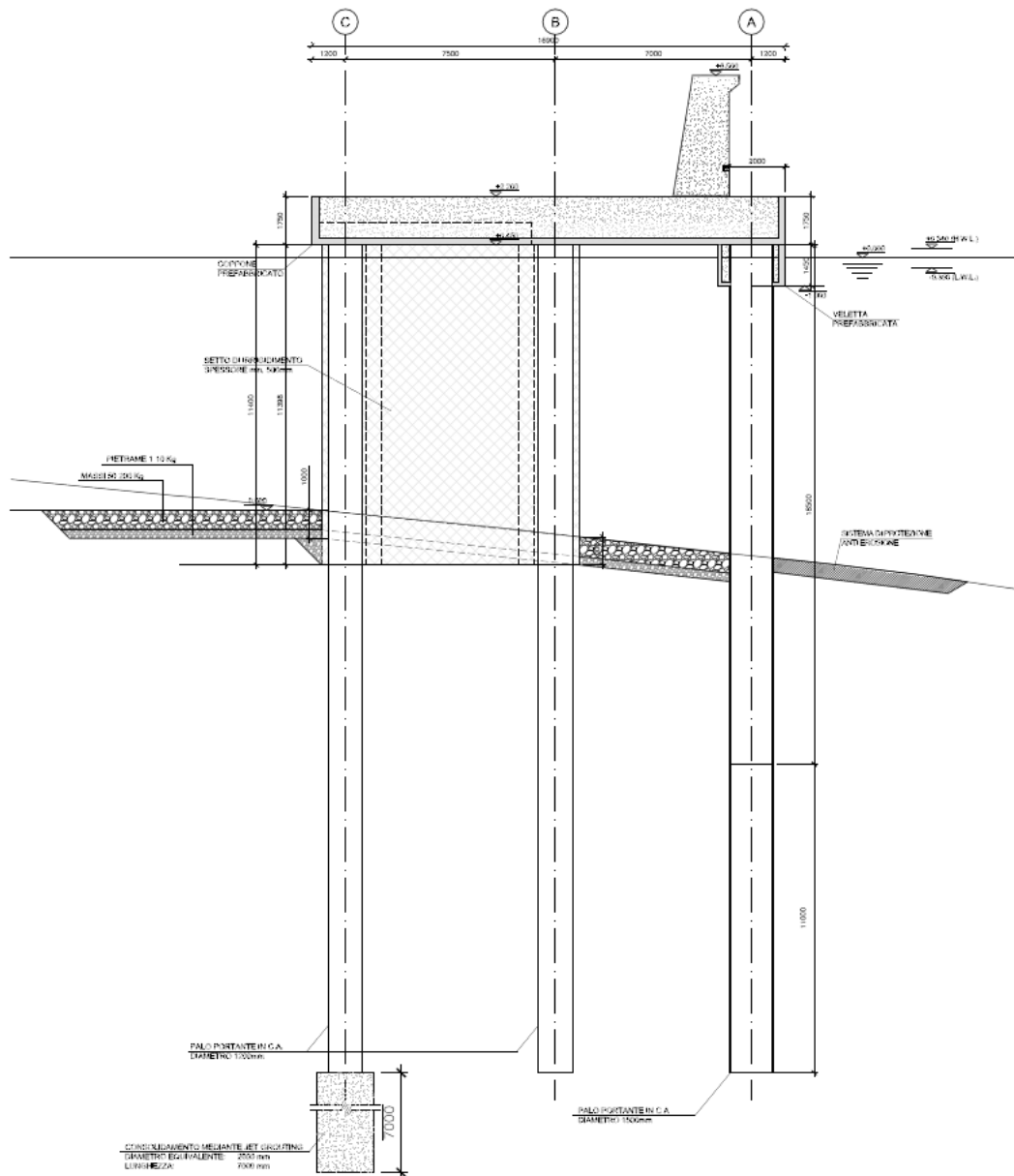


Figura 23: Molo foraneo – sezione E-E.

Per maggiori dettagli vedere l'allegato no.3

## 6 BANCHINE DI RIVA

Per la banchina di riva, il progetto definitivo di offerta prevede la realizzazione di una paratia continua in diaframmi, fra loro legati in testa attraverso un cordolo in c.a. a cui si collegano le celle antiriflettenti. Nella parte lato terra le celle venivano collegate a diaframmi puntuali utilizzati con funzione di ancoraggio della paratia continua.

Sulla base delle risultanze della campagna di indagini geotecniche e geofisiche condotte nell'area oggetto d'intervento, mantenendo e garantendo la stessa geometria dell'opera di banchina, si sono previste le seguenti ottimizzazioni:

- Maggiorazione degli spessori della platea e delle pareti verticali delle celle antiriflettenti, al fine di conseguire una minore deformabilità della struttura;
- Conseguente adozione di uno schema strutturale che configura la cella come "struttura monolitica" di collegamento e di pali in c.a. in sostituzione dei diaframmi puntuali previsti per l'ancoraggio del sistema.

La seguente figura riporta la sezione tipologica della banchina di riva del fondale a quota -9 m s.l.m.m.

Per maggiori dettagli vedere l'allegato no. 4.

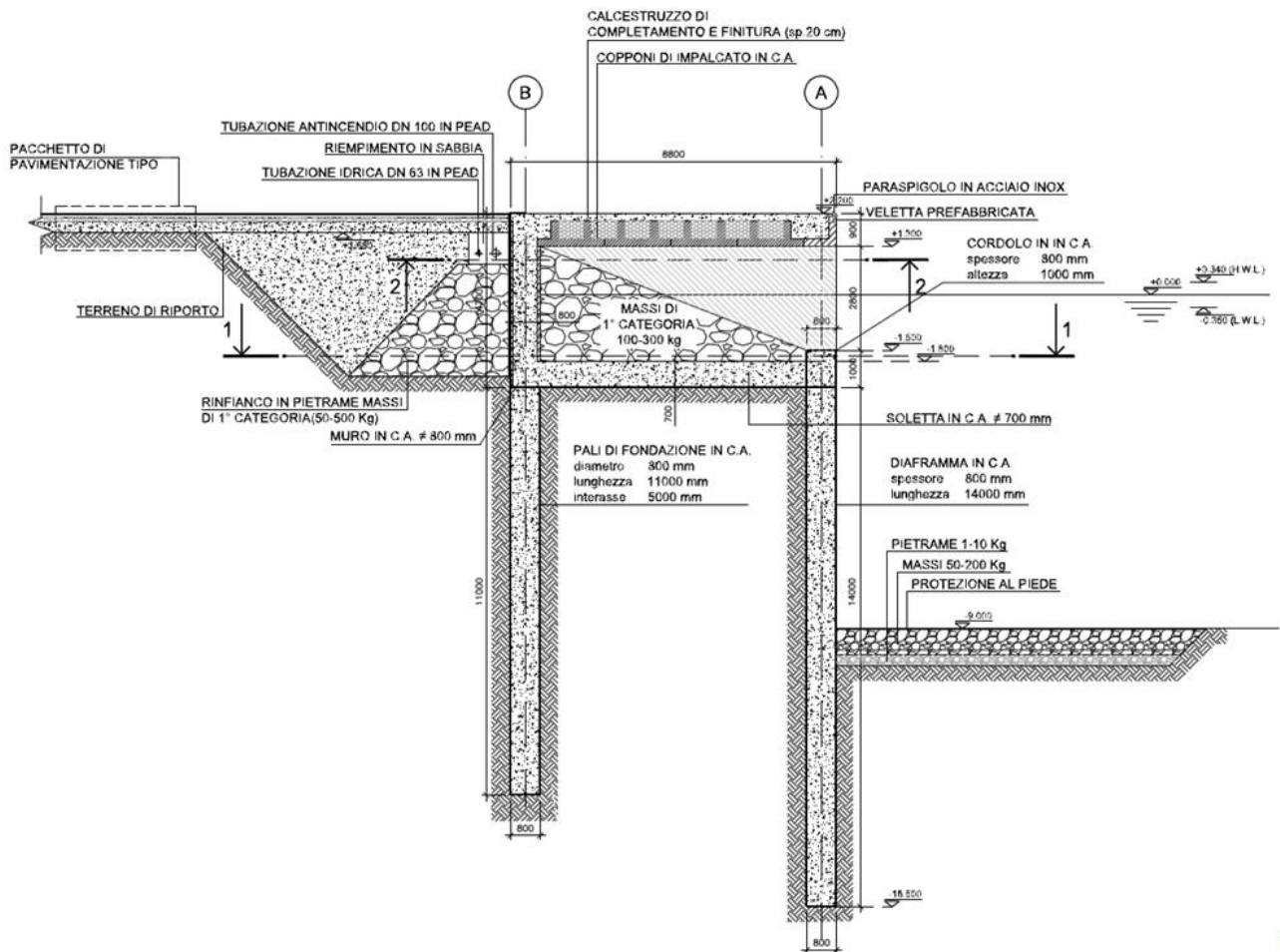


Figura 24: Banchina di riva – sezione corrente.

## 7 VIABILITÀ E PIAZZALI

### 7.1 LAYOUT GENERALE

Il layout generale della viabilità e dei piazzali è stato ridisegnato (vedere **allegato no. 5**), prevedendo in particolare l'eliminazione della sopraelevata d'ingresso, allo scopo di rendere più flessibile il sistema viabilistico portuale in rapporto alle possibili successive esigenze e rendendo così disponibile la copertura economica per le opere aggiuntive.

Si prevede pertanto la realizzazione di un sistema viario principale a raso con strada a doppia carreggiata (direzione Nord-Sud) in ingresso al porto, a due corsie di larghezza 3.5 m cadauna e a senso unico di marcia, a partire dal sottopasso ferroviario sul limite nord dell'area d'intervento, ed una in uscita dal porto della larghezza di 10.5 m composta da tre corsie.

Il sistema viario principale collega il doppio sottopasso esistente sotto la ferrovia (ingresso e uscita) ad un'area di servizio ed alla zona di biglietteria/esazione. Tale strada si raccorda, proprio per mezzo del doppio sottopasso, con il sistema di collegamento esistente verso la autostrada, la strada statale SS114 e la viabilità ordinaria.

Il sistema è progettato in modo da poter realizzare nella zona a sud della darsena il varco-biglietteria, integrato con l'edificio di servizio, dotato di 4 piste d'ingresso e, sull'altro lato dell'edificio, il varco di uscita dotato di 2 piste.

Il sistema viario interno è costituito da una rete di strade a due corsie, perimetrali ai piazzali di parcheggio e sosta dei veicoli in imbarco e sbarco denominati P1 – P2 – P3 – P4 – P5 – P6 – P7.

Le superfici dei piazzali sono le seguenti:

- P1: 4.888 m<sup>2</sup>;
- P2: 1.689 m<sup>2</sup>;
- P3: 1.307 m<sup>2</sup>;
- P4: 5.307 m<sup>2</sup>;
- P5: 7.506 m<sup>2</sup>;
- P6: 4.071 m<sup>2</sup>;
- P7: 5.840 m<sup>2</sup>.

La superficie complessiva dei piazzali, pari a 30.673 m<sup>2</sup>, è superiore a quella prevista dal progetto preliminare posto a base di gara (30.265 m<sup>2</sup>) e, a causa della eliminazione della sopraelevata e della conseguente maggiore larghezza della viabilità a raso, leggermente inferiore rispetto al progetto definitivo di offerta.

La “linea di carico” è complessivamente lunga circa 10.203 m e le “auto equivalenti” che possono essere ospitate nelle aree di parcheggio e di sosta in attesa di imbarco sono circa 2.267 in totale.

L'organizzazione dei piazzali e le loro destinazioni funzionali sono sostanzialmente invariate rispetto a quanto previsto nel progetto definitivo di gara, compresa l'ubicazione ed il numero di postazioni *reefer* nei piazzali P5, P6 e P7.

Resta pertanto sostanzialmente immutata – e, per certi aspetti, aumentata – la intrinseca flessibilità “strutturale” del sistema, che consente di adattare l'assetto complessivo e l'uso degli accosti e dei piazzali agli stessi asserviti a seconda delle effettive esigenze delle diverse modalità di traffico previste, per traghettamento dello Stretto o per “autostrade del mare”.



Nell'area dei piazzali Sud è ubicata, in luogo baricentrico ed adiacente al futuro edificio servizi (non previsto in questo appalto), una rotonda di smistamento e manovra, idonea anche al transito delle ralle di movimentazione dei semirimorchi.

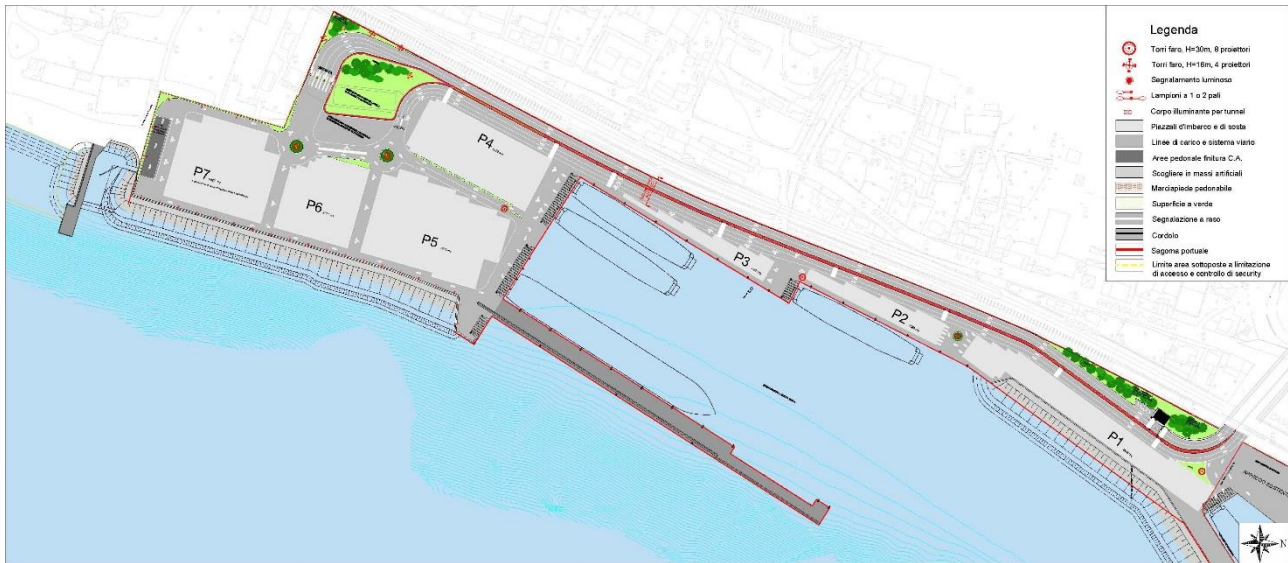


Figura 25: Layout viabilità e piazzali all'interno del porto.

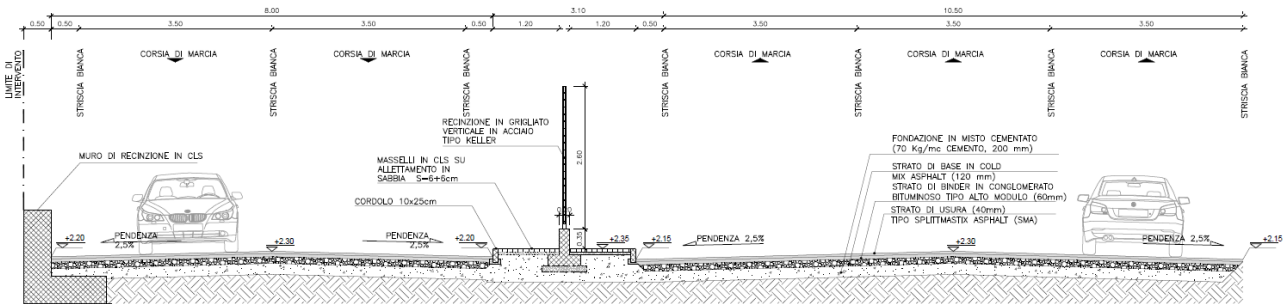


Figura 26: Sezione tipologica viabilità ingresso/uscita.

Per maggiori dettagli vedere l'allegato no.5

## 7.2 PAVIMENTAZIONI

La pavimentazione migliorativa adottata è costituita da:

- 4 cm di strato di usura tipo Splittmastix Asphalt (SMA)
- 6 cm di strato di binder in conglomerato bituminoso tipo Alto Modulo;
- 12 cm di strato di base in Cold Mix Asphalt con fresato integrato con aggregati vergini, realizzato con tecnica a freddo con emulsione bituminosa sovrastabilizzata per riciclo e cemento;
- 20/30 cm di strato di fondazione in Misto Cementato e dosaggio di cemento indicativo del 3%.

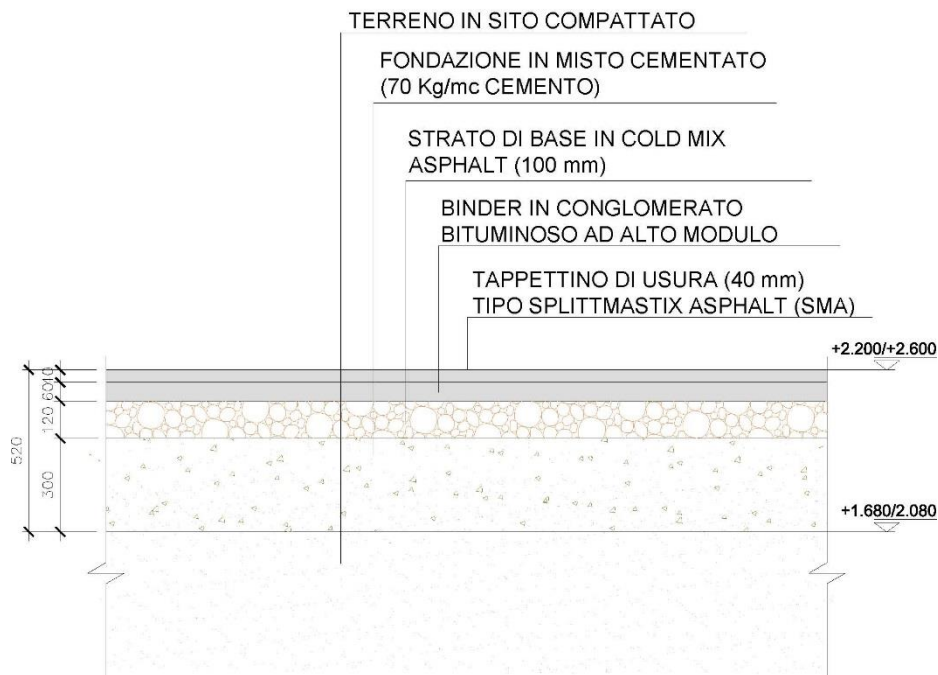


Figura 27: Pacchetto di pavimentazione piazzali e viabilità.

La soluzione migliorativa adottata, comporta i seguenti vantaggi:

1. Lo strato di usura di tipo SMA è in grado di rispondere al meglio agli aspetti della sovrastruttura legati all'interazione tra pneumatico e piano viabile, ovvero in termini di aderenza, regolarità e drenaggio superficiale delle acque. La particolare composizione della miscela e le caratteristiche degli aggregati e del legante bituminoso, lo rendono notoriamente più tenace e resistente alle sollecitazioni tangenziali di un qualsiasi altro conglomerato modificato di usura, comportando **notevoli vantaggi in termini di durabilità**.
2. Lo strato di binder ad Alto Modulo complesso è un conglomerato bituminoso chiuso, costituito da una miscela di pietrischi, pietrischetti, graniglie e sabbie di origine per lo più calcarea, impastati a caldo con bitume modificato. La caratteristica principale di questo tipo di conglomerato è **l'aumento della capacità portante** conferita alla sovrastruttura stradale, derivante dalle elevate caratteristiche fisico-meccaniche della miscela, nettamente superiori ai conglomerati bituminosi tradizionali di binder.
3. Lo strato in conglomerato bituminoso di base è costituito da un materiale tipo Cold Mix Asphalt dal grande contenuto tecnologico e ambientale in quanto confezionato a freddo in impianto grazie all'impiego di emulsione bituminosa modificata sovrastabilizzata e cemento. La curva granulometrica sarà costituita da fresato opportunamente selezionato e vagliato, corretto con l'apporto di aggregati vergini. Si ottiene un materiale con prestazioni paragonabili, se non superiori, a quelle di un conglomerato bituminoso tradizionale a caldo, in quanto cemento e legante bituminoso sono opportunamente dosati secondo uno studio volumetrico atto soddisfare i requisiti di resistenza a trazione indiretta e rigidità dinamica. Bisogna inoltre considerare che tutte le fasi lavorative, dalla produzione in impianto alla stesa in opera del materiale, avvengono a temperatura ambiente e senza l'emissione di fumi e sostanze nocive, **garantendo sensibili vantaggi ambientali** e il miglioramento delle

condizioni di lavoro per le maestranze; benefici ambientali derivano ovviamente anche dal recupero del materiale fresato.

4. Lo strato di fondazione proposto, è costituito da Misto Cementato, realizzato con tenore di cemento pari al 3%. In questo caso la miglioria è legata alla lavorazione e al confezionamento della miscela, realizzata in impianto mobile. Lo stesso consente di confezionare le miscele, in questo caso il Misto Cementato per la fondazione ed il Cold Mix per la base, nelle immediate vicinanze del cantiere, comportando sensibili vantaggi ambientali: si riducono al minimo i tragitti di trasporto dal sito di produzione al cantiere, inoltre non occorre né essiccare né riscaldare i materiali di partenza, e ciò si traduce in **ridotte emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente**.
5. La proposta migliorativa comporta anche l'eliminazione della geogriglia in fibra di vetro, posta tra strato di binder e usura. Da studi di sperimentazione internazionali è recentemente emerso che questo tipo di geogriglia, essendo costituita da elementi spessi e rigidi, potrebbe **creare uno scollegamento tra gli strati tra cui è posata**, andando a favorire fenomeni di degradazione prematura della pavimentazione. Proprio per le sue peculiarità strutturali questo tipo di geogriglia ha invece effetti benefici se posata su pavimentazioni già fessurate, dove è espressamente richiesto che ci sia separazione tra gli strati, al fine di evitare la risalita delle fessurazioni dagli strati più profondi verso quelli superficiali.
6. Per quanto riguarda lo strato di sottofondo, sulla base dei risultati delle prove di portanza effettuate con piastra di carico (vedere figura seguente), si è valutato che le **caratteristiche strutturali di portanza del sottofondo siano sufficienti e tali da non richiedere alcun intervento di stabilizzazione**, a tutto vantaggio del ridotto impatto di cantiere.



**Figura 28: Prove di carico eseguite presso l'area di progetto.**

## 8 RIPASCIMENTO PROTETTO A NORD DEL PORTO ESISTENTE

Il progetto definitivo è stato opportunamente rielaborato, rispetto alla soluzione presentata in sede di gara, in relazione alle indicazioni del Comune di Messina recepite in sede di valutazione di incidenza ed in funzione della recente evoluzione dei fondali e dell'accelerazione dei fenomeni erosivi a Nord della darsena stessa di cui si è detto. Rispetto al progetto definitivo di gara, sono state quindi apportate una serie di modifiche, che vengono di seguito descritte e giustificate (Figura 29). Per un maggiore dettaglio grafico si rimanda alla planimetria e alle sezioni tipologiche riportate nell'**allegato no.6**.

Come sopra accennato, l'approfondimento dei fondali dovuto all'aggravarsi del processo erosivo in atto nel litorale a Nord dell'attuale approdo di Tremestieri ha comportato la necessità di riconsiderare taluni aspetti delle opere rigide previste nel progetto del 2010. Nel caso specifico, si è optato per una soluzione che non comportasse "sostanziali" modifiche planimetriche e geometriche rispetto al layout progettuale previsto in sede di gara.

L'obiettivo principale è stato quello di adeguare le opere alle mutate condizioni meteomarine. Una maggiore profondità dei fondali nella zona di imposta delle scogliere di protezione e contenimento del ripascimento comporta di fatto una maggiore altezza d'onda incidente che, a sua volta, rende necessario impiegare massi naturali di maggior peso. Si è pertanto previsto di utilizzare i massi naturali di maggiori dimensioni reperibili nelle cave esistenti sul territorio, ovvero di pezzatura non superiore alle 9.0 t. Per garantire le medesime condizioni di affidabilità e stabilità dell'opera, è stato anche necessario prevedere un abbassamento delle quote di coronamento delle scogliere. In particolare, sono state introdotte le seguenti modifiche:

- i tratti emersi delle scogliere avranno quota di coronamento di +1.00 m s.l.m.m. (contro i +2.00 m s.l.m.m. del progetto di offerta), larghezza del coronamento di 8 m, mantellata in massi naturali da 5.5 a 9.0 t e nucleo/imbasamento in pietrame da 50 a 1000 kg (Figura 29);
- i tratti sommersi delle scogliere avranno quota di coronamento di -2.50 m s.l.m.m. (contro i -2.00 m s.l.m.m. del progetto di offerta), larghezza del coronamento di 9 m, mantellata in massi naturali da 4.0 a 6.0 t e nucleo/imbasamento in pietrame da 50 a 500 kg (Figura 30).

Queste modifiche consentono di realizzare l'opera in massi naturali: le altre alternative possibili sarebbero state l'utilizzo di massi artificiali (soluzione che avrebbe costretto a rivalutare anche gli aspetti ambientali dell'opera) oppure l'assunzione di un grado di danno più elevato, riducendo l'affidabilità ed aumentando i costi di manutenzione della struttura.

In ragione dell'approfondimento dei fondali e della maggiore vicinanza del ciglio della scarpata sommersa al piede delle scogliere, si è reso necessario stabilizzare il piede delle opere (lato mare). A tal fine, con funzione di filtro, separazione e contenimento, verrà stesa, tra il terreno di fondazione e lo strato di imbasamento, una geogriglia tessuta in poliestere ad alta tenacità.

Poiché l'abbassamento delle quote di coronamento delle scogliere comporta una minore dissipazione del moto ondoso incidente, sono state introdotte ulteriori migliorie al layout progettuale, atte a migliorare la funzionalità e la stabilità dell'intervento di ripascimento strutturale.

In primo luogo, si prevede di radicare a terra la scogliera longitudinale mediante pennelli trasversali, al fine di garantire un maggiore contenimento laterale del materiale.

In secondo luogo, si prevede di realizzare il ripascimento con materiale più grossolano, cui è associato un profilo di equilibrio più ripido, in grado quindi di non superare la soglia costituita dalle scogliere longitudinali, ancorché più bassa, con ampio margine.

Vale d'altra parte la pena di osservare che la maggiore sommersenza delle scogliere riduce il fenomeno del *piling-up* e che la presenza dei trasversali inibisce la formazione di correnti litoranee nello specchio acque compreso tra la barriera e la riva.

I pennelli trasversali andranno di fatto ad intestarsi in corrispondenza dei tratti emersi della scogliera ed avranno un tratto di raccordo iniziale (lungo 10 m) avente quota di coronamento variabile da +1.00 a +2.00 m s.l.m.m. (Figura 32). Il restante tratto del pennello (in parte coperto dal ripascimento) fino alla radice avrà quota di coronamento costante pari a +2.00 m s.l.m.m. (Figura 33). La mantellata dei pennelli sarà realizzata con massi naturali da 4.0 a 6.0 t (per il tratto di raccordo) e in massi naturali da 1 a 3 t (per il restante tratto); il nucleo/imbasamento sarà costituito da pietrame (pezzatura compresa tra 50 e 500 kg).

Per rispettare i criteri di transizione dei filtri e prevenire il dilavamento del ripascimento attraverso il corpo della scogliera, verrà interposto tra lo strato filtro (da 0.1 a 50 kg) e la scogliera (lato terra) un geotessile. Il geotessile sarà di tipo nontessuto in poliestere da 300 g/m<sup>2</sup>, con apertura caratteristica di filtrazione non superiore a 100 µm.

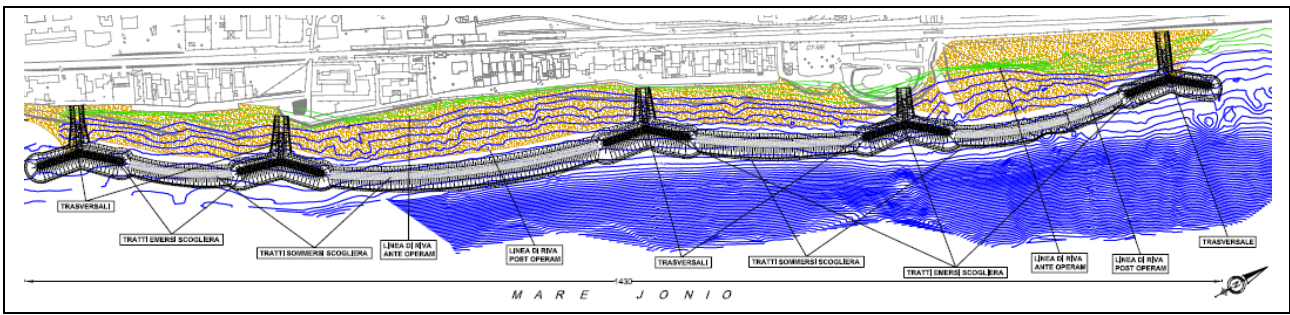


Figura 29: Planimetria di progetto del ripascimento protetto a Nord del porto esistente.

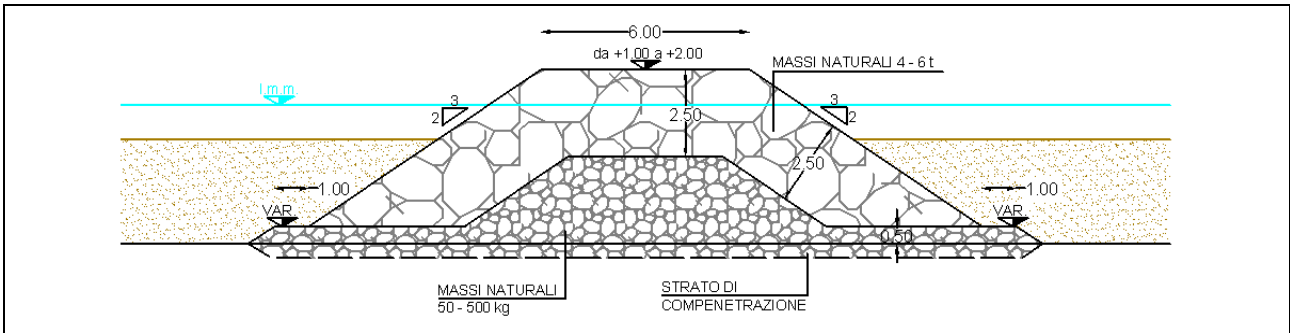


Figura 30: Sezione tipologica 3 – Tratto di raccordo del trasversale

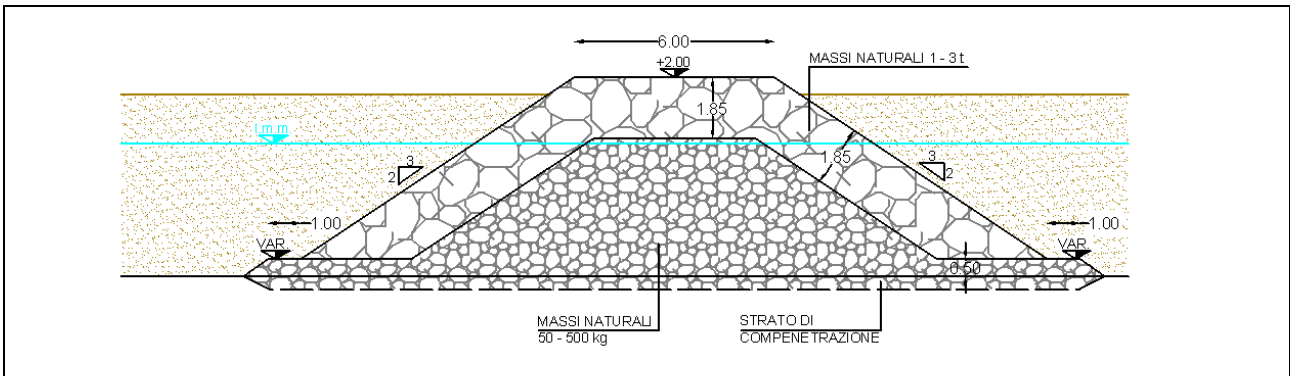
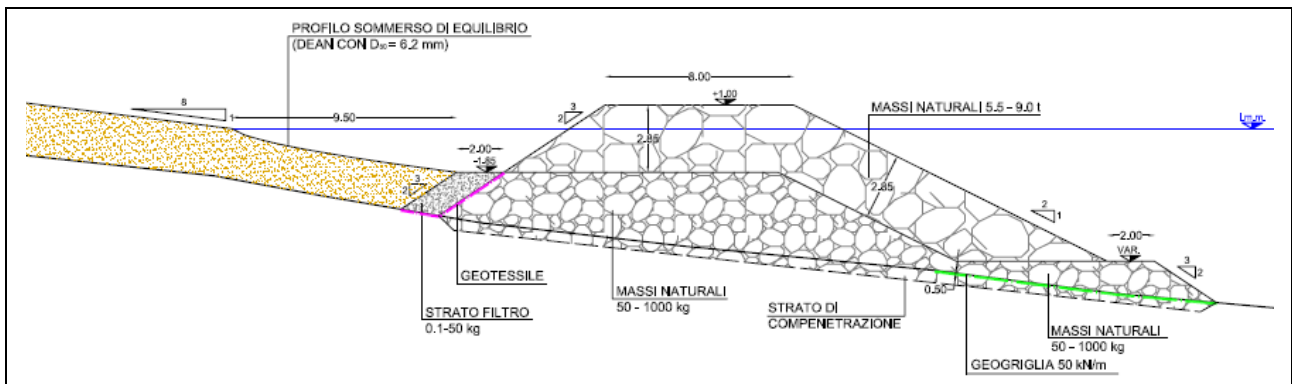


Figura 31: Sezione tipologica 4 – Trasversale

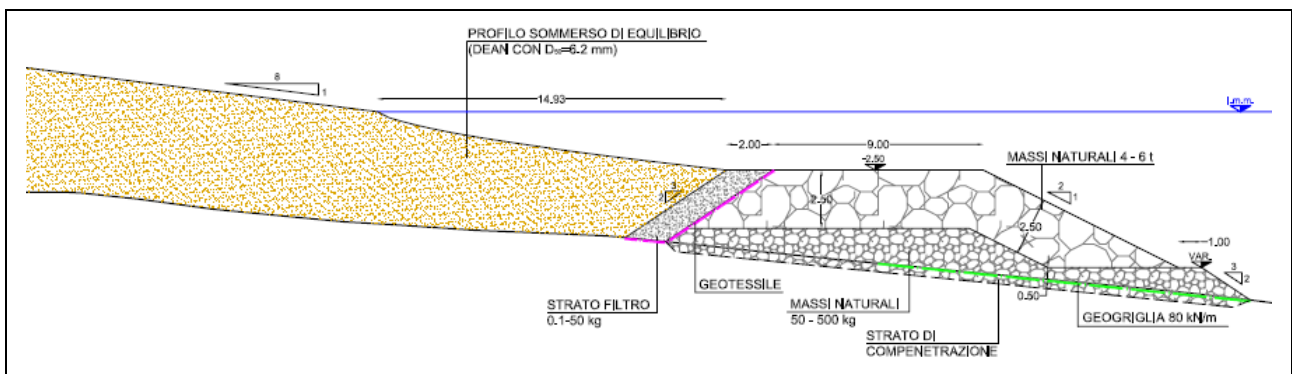
Si osserva che il materiale risultante dai primi dragaggi sopraflutto al molo esistente, è costituito in massima parte da ghiaie ( $D_{50}$  di 6.2 mm, ottenuto dalla media pesata dei valori di caratterizzazione riferiti alle aree ed alle profondità di scavo). Si prevede di utilizzare integralmente tale materiale grossolano per il ripascimento della spiaggia protetta dalle scogliere. Questa scelta comporta una maggiore stabilità del materiale ed una maggiore efficienza dell'intervento.

Il profilo di ripascimento andrà a raccordarsi con la scogliera alla quota di coronamento dello strato filtro (a quota -1.85 m s.l.m.m. per il tratto protetto dalla scogliera emersa e a quota -2.50 m s.l.m.m. per il tratto protetto dalla scogliera sommersa); la parte emersa del profilo avrà una pendenza di 1:8 e una quota di coronamento di +3.0 m s.l.m.m.. La scelta di ridurre la pendenza del profilo emerso a 1:8 (rispetto a 1:5 previsto nel progetto consegnato in sede di gara) contribuisce a migliorare la stabilità del ripascimento; va, inoltre, evidenziato che la pendenza di 1:8 caratteristica rientra tra quelle caratteristiche delle spiagge ghiaiose (cfr. P. Aminti, F. Pelliccia e E. Pranzini - "Studi costieri" n. 5 del 2002 pagg. 47-57) ed è coerente con la pendenza media rilevata nelle zone di prelievo dai più recenti rilievi disponibili.

Gli interventi di ripascimento del tratto protetto con scogliere (che interessa un tratto di costa lungo circa 1.4 km a Nord della darsena esistente) sono oggetto di un progetto esecutivo prioritario coerente con il progetto definitivo generale adeguato, del quale potranno costituire una prima fase di attuazione. Il progetto esecutivo prioritario, volto a ridurre il rischio di insabbiamento della darsena esistente in attesa della costruzione del nuovo porto, comprende la realizzazione di tutte le opere rigide di contenimento previste dal progetto generale sopra descritte, nonché la messa in opera di un volume complessivo di sedimenti all'incirca corrispondente al dragaggio previsto per la formazione della "trappola Nord".



**Figura 32: Sezione tipologica 1 – Tratto emerso scogliera**



**Figura 33: Sezione tipologica 2 – Tratto sommerso scogliera**

## 9 SCOGLIERE IN MASSI ARTIFICIALI

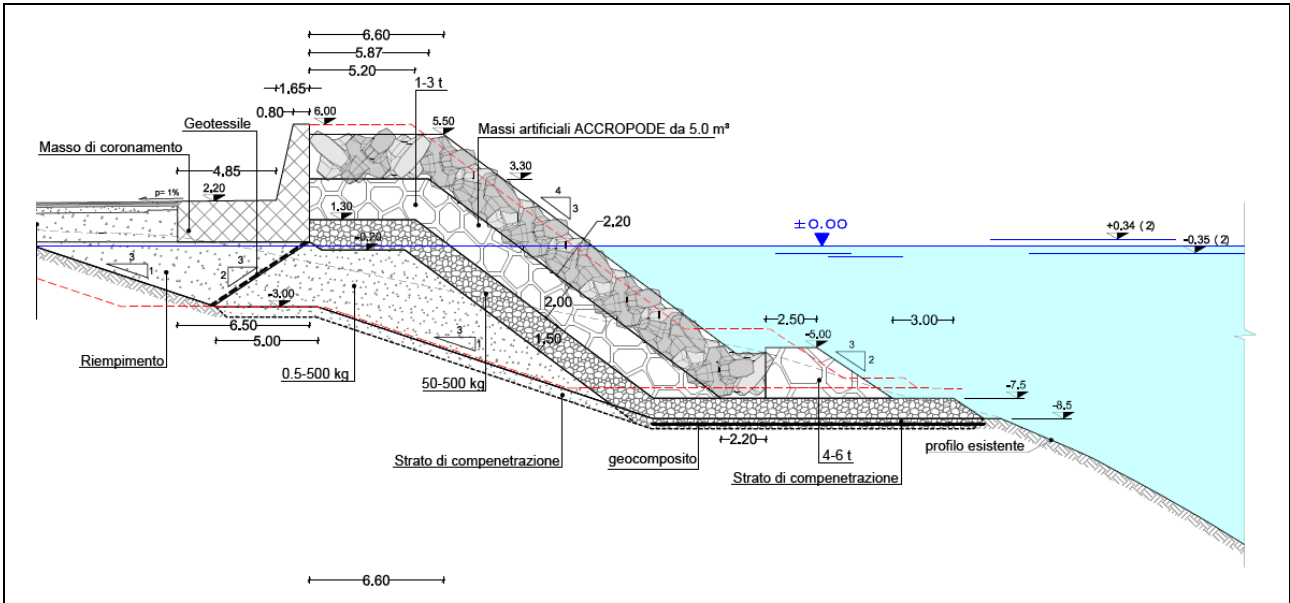
Rispetto al progetto definitivo presentato in fase di gara, sono state introdotte anche alcune modifiche alla mantellata della scogliera a protezione dei piazzali a Sud (dalla foce Canneto-Farota all'inizio della paratia composita del nuovo molo di sopraflutto) e alla mantellata a protezione della sponda tra il nuovo scalo e la radice dell'esistente molo di sopraflutto.

Le modifiche sono essenzialmente legate alla variabilità dei fondali riscontrata negli ultimi anni, che ha suggerito una revisione generale delle quote di fondazione delle opere e l'adozione di massi artificiali di tipo maggiormente collaudato e tollerante nei confronti di eventuali maggiori sollecitazioni che si dovessero creare in caso di imprevisti movimenti degli elementi della mantellata.

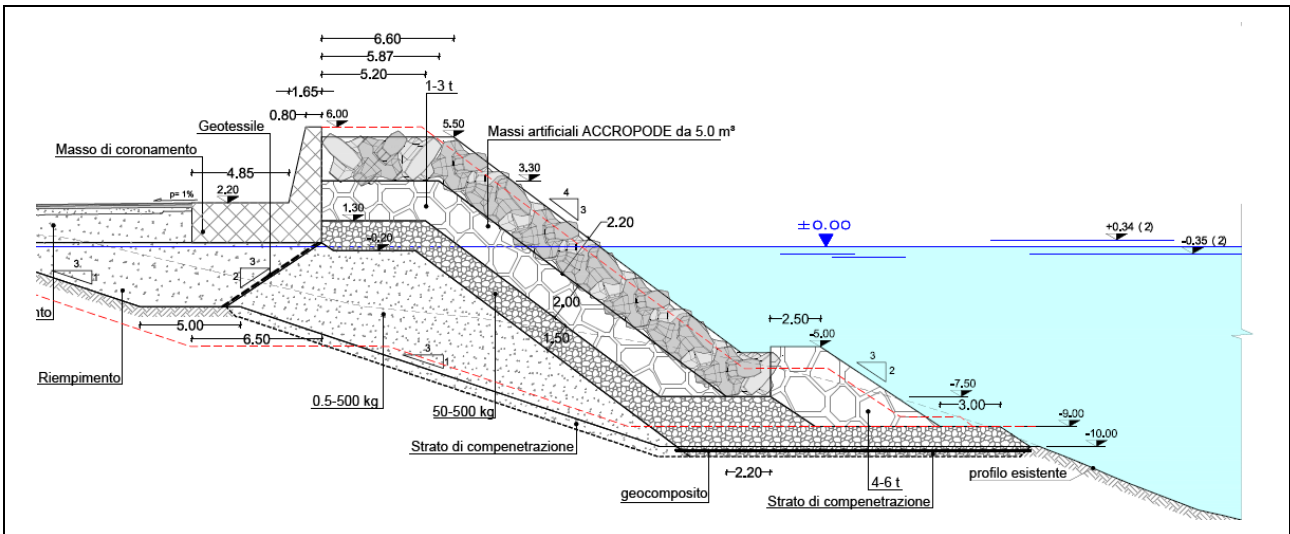
Come noto, il masso tipo Core-loc™ garantisce prestazioni molto elevate in termini di stabilità a parità di peso di calcestruzzo impiegato, motivo per cui era stato scelto in fase di progettazione definitiva. Si prevede ora di utilizzare, in sostituzione, massi di tipo Accropode™, con peso maggiorato del 25%, portandoli quindi a 5 m<sup>3</sup>. La profondità di imbasamento del piede della scogliera a protezione dei piazzali (zona Sud) viene incrementata, portandola da un minimo di -8.5 m s.l.m.m. ad un massimo di -12.0 m s.l.m.m..

La nuova sezione tipo è riportata nella figura sottostante; il tratteggio rosso indica l'involuppo della sezione proposta in fase di gara. Come si può osservare, la quota di coronamento del muro viene mantenuta a +6.0 m s.l.m.m., mentre il coronamento della mantellata viene abbassato e allargato per poter ospitare 3 massi, evitando tuttavia di incrementare eccessivamente l'ingombro verso mare. Viene anche maggiorata la dimensione della berma di costruzione e protezione al piede, nonché incrementata la pezzatura dello strato di imbasamento del piede stesso, passando da 0.1÷50 kg a 50÷500 kg. Lo strato di imbasamento viene inoltre poggiato su un geocomposito con funzione di filtro e rinforzo per ridurre ulteriormente la vulnerabilità del piede dell'opera.

Anche il nucleo dell'opera beneficia, nello strato più esterno, di un incremento della pezzatura, con funzione di protezione dell'opera in fase di costruzione. Viene inoltre introdotto un filtro di geotessile per la prevenzione di cedimenti del materiale arido di riempimento a tergo dell'opera a gettata. La scogliera a protezione della sponda tra il nuovo scalo e la radice dell'esistente molo di sopraflutto beneficia pure delle medesime migliorie per quanto riguarda il piede e la pezzatura dei materiali.

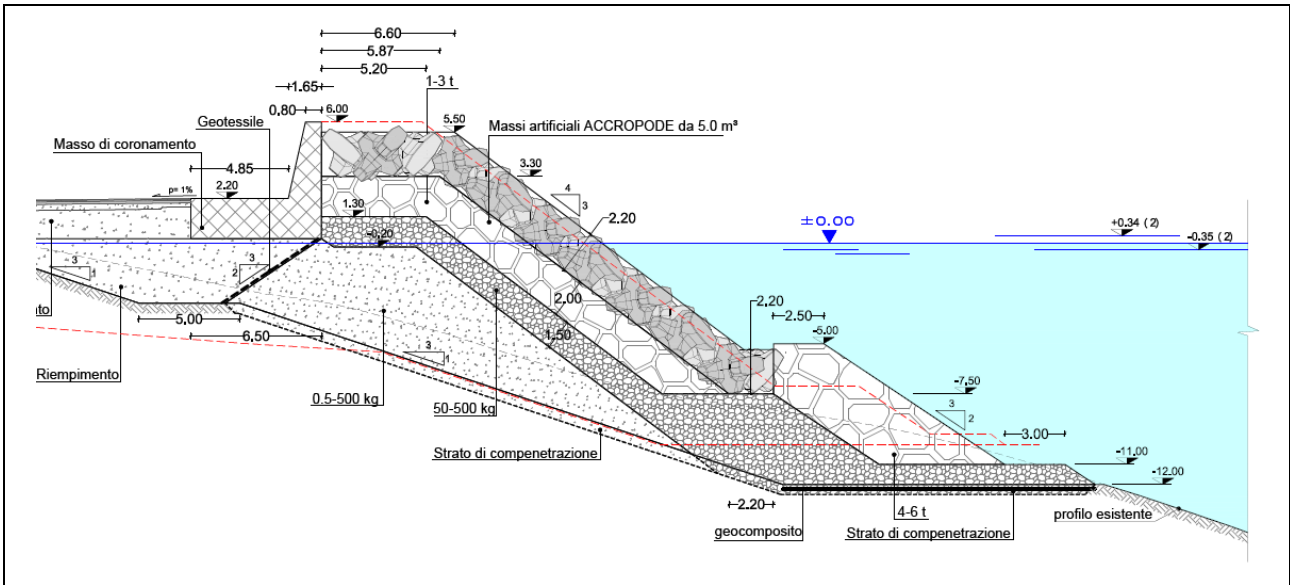


**Figura 34: Nuova sezione tipo della scogliera a protezione dei piazzali a Sud su profondità -8.5 m s.l.m.m. (in prossimità della foce Canneto-Farota)**

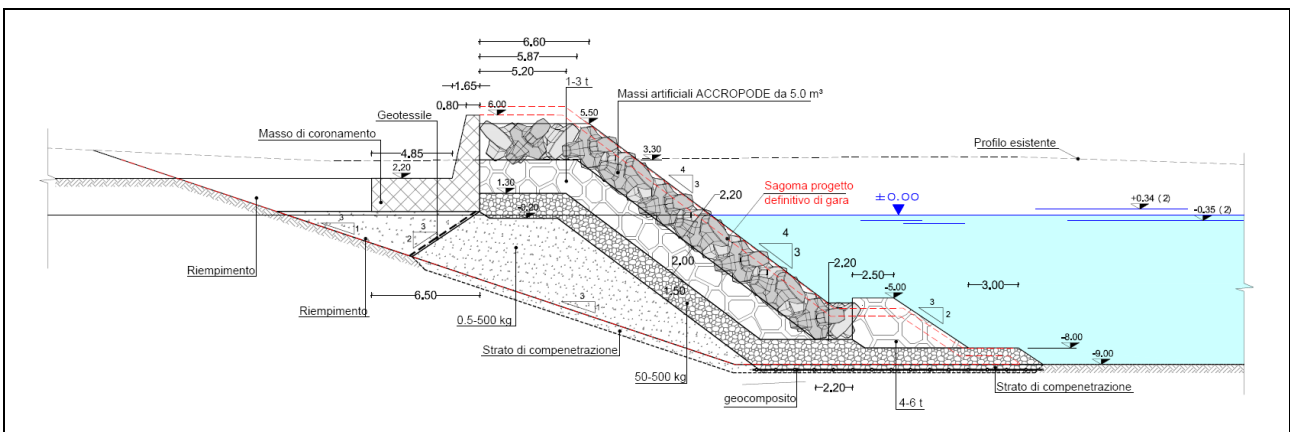


**Figura 35: Nuova sezione tipo della scogliera a protezione dei piazzali a Sud su profondità -10.0 m s.l.m.m.**

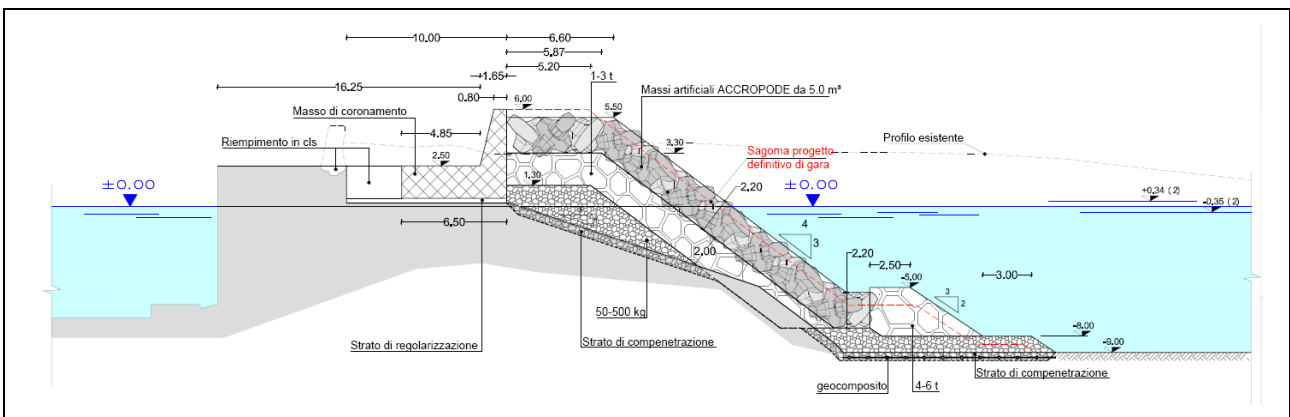




**Figura 36: nuova sezione tipo della scogliera a protezione dei piazzali a Sud su profondità -12.0 m s.l.m.m. (in prossimità della paratia composta del nuovo molo di sopraflutto)**



**Figura 37: nuova sezione della mantellata a protezione della sponda tra il nuovo scalo e la radice dell'esistente molo di sopraflutto**



**Figura 38: nuova sezione della mantellata a protezione dell'esistente molo di sopraflutto**

## 10 ASPETTI PAESAGGISTICO-AMBIENTALI

A seguito del parere CTVA n° 1610 del 19-09-2014, reso favorevolmente con alcune prescrizioni, il progetto ha ottenuto l'esclusione della procedura VIA con provvedimento n° 0032833 del 13-10-2014. In particolare, nel presente progetto definitivo adeguato, sono state introdotte le modifiche/integrazioni di seguito descritte, conformemente alle prescrizioni sopra citate.

**A) Modifica planimetrica del gomito del torrente Farota** in corrispondenza del piazzale portuale, al fine di consentire la massima fluidità idraulica. La variazione richiesta, di entità non rilevante, è stata introdotta nel presente progetto di adeguamento.

**B) Rinaturalizzazione delle dune nelle fasce retrostanti il ripascimento.** Quale misura mitigativa dell'impatto ambientale, oltre al conferimento a ripascimento del materiale dragato, e al conseguente allargamento della fascia costiera e spostamento della linea di battigia, è stato inserito il ripristino del sistema dunale e la sua naturalizzazione mediante piantumazione di piante **psammofile autoctone**. In tal modo si concretizza una politica ambientale nell'ambito della tutela del territorio, introducendo come obiettivo sostenibile la tutela delle aree dunali e delle spiagge per contrastare l'erosione costiera in modo naturale, contribuendo pure ad informare la cittadinanza e a rivitalizzare la coscienza ambientale.

**Le dune litoranee** sono caratteristiche delle coste sabbiose. Sono costituite soprattutto da sedimenti fini incoerenti portati dai torrenti (origine fluviale) e dal moto ondoso (origine marina), che trasporta e rideposita i sedimenti secondo le correnti principali. Le dune non sono strutture statiche; sono instabili e soggette a continui ridimensionamenti causati dalla direzione e dalla forza del vento. Il vento, infatti, interviene a modellare la duna, dandole l'aspetto visivo con pendenze diverse sui due lati (quello sopravento con pendenza minore). La duna si dispone longitudinalmente nella stessa direzione della linea di battigia, collocata nella cosiddetta **fascia dunale**, cioè alla distanza dalla battigia, che la pone al riparo dal moto ondoso normale, ed esposta solo alle mareggiate più violente, per cui il versante rivolto verso mare risulta più soggetto all'erosione. Contemporaneamente la duna costituisce naturalmente una barriera di protezione dell'entroterra e un serbatoio di accumulo che contrasta i fattori che producono l'arretramento della linea di costa. Ha pertanto una **funzione naturale di difesa dalla erosione costiera**.

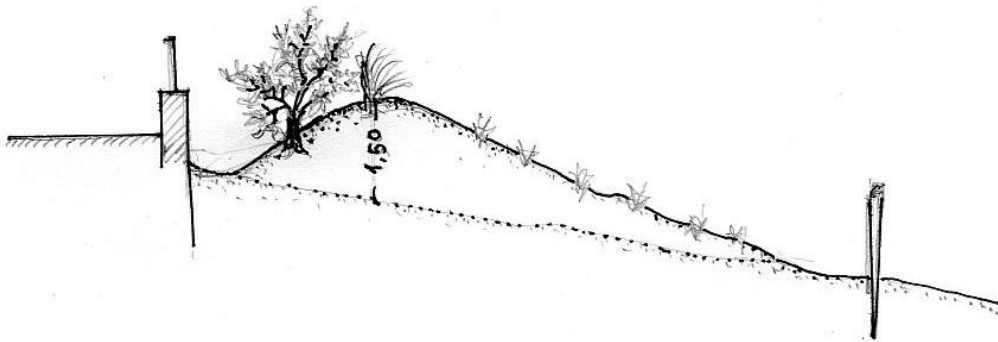
Si evidenzia che, considerando la spiaggia come un ambiente naturale, la presenza della duna svolge anche un'importante funzione paesistica, poiché nella naturalità della spiaggia, la duna costituisce un elemento essenziale. Nel caso di specie poi la duna è contemporaneamente elemento costitutivo del paesaggio naturale litoraneo ed elemento ambientale insostituibile, nell'equilibrio ecologico complesso del sistema arenile, che va dalla fascia sottomarina alla duna.

Questa è il luogo di attecchimento delle cosiddette **piante pioniere della duna costiera**, chiamate così perché sono capaci di colonizzare un ambiente arido e salino assolutamente inospitale, andando a costituire habitat per una specifica fauna locale. Le piante in questione, grazie al loro apparato radicale, resistono all'incapacità del terreno di trattenere l'umidità e alle alte temperature che si determinano, contribuendo anche all'accrescimento della duna favorendo l'accumulo dei granelli di sabbia. **La vegetazione ha quindi una fondamentale importanza per la formazione delle dune costiere**, poiché blocca la sabbia trasportata dal vento e ne impedisce l'avanzamento verso l'entroterra. In tal modo ha origine la formazione di dune embrionali che, se lasciate indisturbate da azioni antropiche, vanno stabilizzandosi e crescendo in altezza.

**I cordoni dunali stabilizzati sono ambienti molto interessanti sia dal punto di vista ecologico sia paesaggistico.** Purtroppo spesso l'azione dell'uomo, ad esempio con la costruzione di strade, edifici o anche col semplice calpestio, spiana e distrugge la duna costiera, non avvertendo la perdita ecologica e paesistica nonché l'esposizione dell'entroterra in termini di difesa dall'erosione. La scomparsa delle dune causa anche la riduzione del materiale disponibile per il trasporto litoraneo costituito da sedimenti sabbiosi e di conseguenza il restringimento della spiaggia.

Vista dunque l'importanza della duna costiera, nell'ambito del ripascimento da effettuare nel tratto di costa a nord dell'approdo, realizzare sarà realizzata, **come misura mitigativa dell'impatto ambientale**, la formazione di un **cordone litoraneo allo stato embrionale**, al fine di ottenere l'innesco del processo di formazione naturale della duna.

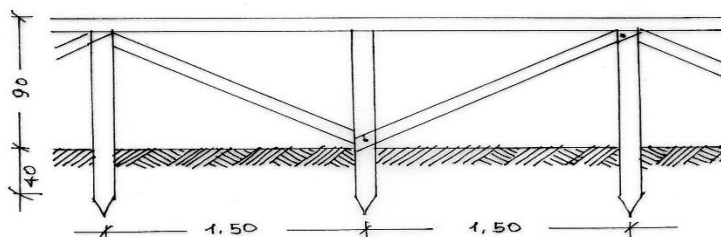
Poiché la fascia dell'entroterra interessato è caratterizzata dalla presenza intensiva di case e da una strada lungomare di collegamento con muri, a partire da questo limite sarà realizzato il ripascimento. Ed è proprio in prossimità del predetto confine che, sulla spiaggia ripristinata, sarà realizzato un rilievo, il cui livello sommitale sia a quota + 1,50 m rispetto alla base. Si avrà cura di dare ai versanti pendenze diverse (minore quella rivolta verso mare).



**Figura 39: Profilo schematico**

Ai fini di studio sarà interessante agire secondo due direttive e precisamente:

- Nel tratto di ripascimento, protetto oltre alla formazione della duna di sabbia e la piantumazione delle specie vegetali, si utilizzeranno piccole staccionate, viminate o altre tecniche d'ingegneria naturalistica, al fine di una migliore stabilizzazione e per prevenire azioni antropiche distruttive, come il calpestio e il tiro in secco di natanti.
- Nel tratto di ripascimento non protetto, oltre alla formazione della duna si provvederà alla sola piantumazione delle specie arboree.



**Figura 40: Schema ringhiera**

Il piede verso mare del costituendo cordone sarà protetto temporaneamente da una barriera eolica costituita da paletti lignei infissi e da stuoie di canne caratterizzate da larghi interstizi.

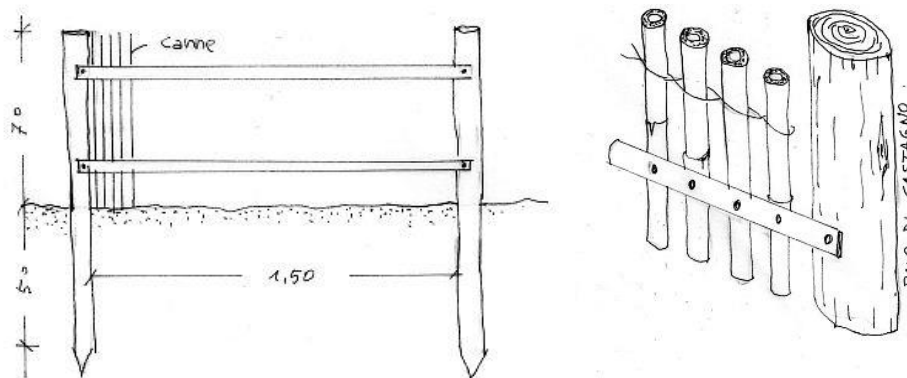


Figura 41: Schema barriera frangivento

In prossimità dei **sentieri di accesso al mare**, il cordone sarà interrotto per consentire il passaggio pedonale, predisposto mediante utilizzo di stuoie in fibra di cocco superiormente coperte di sabbia. Tali passaggi saranno disposti in direzione trasversale rispetto alla traversia di scirocco, che è il vento dominante, e saranno delimitati con semplici barriere, costituite da paletti lignei infissi e cordoni.

Analogamente andranno individuati i **passaggi per l'ammarraggio dei natanti**, la cui disciplina è di competenza della Capitaneria di Porto. Saranno pertanto realizzati i varchi necessari per il passaggio delle barche.

Un'altra misura tecnica utile per ottenere una condizione di maggiore stabilità per il rilievo dunale appena costituito, sarà quella di approntare alla base un **reticolato di ramaglie**, opportunamente fissate con un sistema di paletti e di corde. La finalità è di costituire una sorta di armatura interna, sia pure temporanea proprio perché caratterizzata da materiali naturali biodegradabili.

La descritta fase mitigativa sarà quindi completata, mediante la **piantumazione di varie specie vegetali psammofile autoctone**, caratteristiche del paesaggio costiero siciliano. Pertanto si procederà piantumando la linea sommitale del cordone dunale con piante di *Ammophila arenaria* (L.) della famiglia delle *Gramineae* (vedi profilo schematico schematizzato in Figura 39).

Sul versante lato mare saranno poste a dimora piante pioniere varie delle seguenti specie:

- *Achillea maritima* (L.) fam. *Compositae*;
- *Anthemismaritima* L. fam. *Compositae*;
- *Cakilemaritima* Scop. fam. *Cruciferae*;
- *Calystegia soldanella* (L.) fam. *Convolvulaceae*;
- *Centaurea sphaerocephala* L. fam. *Compositae*;
- *Crytmmumaritimum* fam. *Umbelliferae*;
- *Echinophora spinosa* L. fam. *Umbelliferae*;
- *Eryngiummaritimum* L. fam. *Umbelliferae*;
- *Glauciumflavum* Cranz fam. *Papaveraceae*;
- *Lagurusovatus* L. fam. *Graminae*;

Eseguito l'intervento con la creazione del cordone litoraneo allo stato embrionale, la fase successiva comporterà un'attività di controllo dell'efficacia dell'intervento e di manutenzione. In particolare l'intervento sarà monitorato e durante la stagione balneare, per verificare eventuali danni alle opere di protezione e alla piantumazione, nonché l'eventuale evidenziazione di punti di criticità.

**C) Altre opere previste nel Progetto Paesaggistico da concordare con la Regione Siciliana;** lo stesso è mirato, oltre che alla rinaturalizzazione delle dune prima descritta, alla riqualificazione delle aree interessate dall'intervento, alla minimizzazione dell'impatto provocato dalla esecuzione delle opere previste lungo le aste torrentizie ed alla realizzazione delle fasce a verde lungo la ferrovia e lungo la viabilità di progetto, con alberi ed arbusti che devono appartenere alla vegetazione autoctona e/o storicizzata.

Un corretto intervento di rinaturalizzazione, coerente con il contesto ambientale di riferimento, richiede la conoscenza dello stato dei luoghi dal punto di vista floristico-vegetazionale. Ciò implica lo studio delle specie vegetali, delle fitocenosi presenti nell'area e delle dinamiche in atto.

Lo studio effettuato ha consentito di individuare le specie più adatte ad essere utilizzate per un progetto di recupero dell'area.

Nella scelta delle specie si è tenuto conto delle loro caratteristiche biologiche ed in particolare si sono selezionate specie caratterizzate da:

- Elevata capacità di consolidamento del suolo da parte del sistema radicale
- Resistenza ai fenomeni di erosione
- Capacità di colonizzazione di terreni poveri e instabili (specie pioniera)
- Capacità di arricchire i suoli per facilitare l'avvio di naturali processi dinamici della vegetazione.

Al fine di preservare il patrimonio genetico della flora spontanea e per evitare i fenomeni di inquinamento genetico, problematica di scottante attualità, è importante sottolineare che il materiale da mettere a dimora dovrebbe provenire esclusivamente da germoplasma raccolto in loco.

Le specie sono state quindi selezionate in relazione alla funzione richiesta (consolidamento, ricostruzione ambientale), sulla base delle loro caratteristiche ecologiche e fisionomico-strutturali, tenendo conto dello studio vegetazionale svolto.

L'intervento dovrebbe consentire l'avvio di naturali dinamiche vegetazionali che, in assenza di ulteriore disturbo, dovrebbero portare a tipologie di vegetazione più complesse e più stabili, con una maggiore ricchezza floristica.

Tra le piante individuate nel territorio di studio sono state selezionate diverse specie che presentano le caratteristiche sopra indicate. Si tratta di piante che sviluppano poderosi sistemi radicali; o leguminose, in grado di colonizzare terreni poveri e smossi grazie alla presenza, nelle radici, di batteri azotofissatori. E ancora specie in grado di affermarsi con ampi sistemi radicali, in terreni rocciosi poveri di suolo.

Negli interventi che si effettueranno per il recupero dell'area sarà importante:

- Conservare le specie autoctone presenti (non solo arboree, ma anche arbustive ed erbacee), al fine di favorire al massimo i processi di stabilizzazione dei substrati eventualmente già in corso.

- Evitare l'uso di specie esotiche per non alterare gli equilibri presenti nelle aree in corso di rinaturalizzazione.

Gli interventi di recupero naturalistico delle aste torrentizie riguarderanno principalmente il tratto medio-alto dell'alveo, dove l'apporto di inerti provenienti dalla discarica soprastante ha contribuito ad un parziale riempimento dello stesso. Negli studi effettuati si è evidenziato come i versanti del torrente siano caratterizzati da diverse fitocenosi, spesso in evidente evoluzione verso tipologie più complesse, che sono espressione di stabilità dei pendii. Non si sono evidenziate infatti carenze vegetazionali per eventi franosi e nei coltivi abbandonati la vegetazione spontanea sta progredendo con successo, tanto che diversi terrazzamenti sono già stati colonizzati da specie arboree (le roverelle) che caratterizzano i boschi della fascia bioclimatica in cui ricade il sito in esame. Sono stati presi in considerazione diversi fattori ambientali, quali l'esposizione, la pendenza e la tipologia del suolo, la disponibilità idrica, la presenza di essenze che già stanno colonizzando l'area. Si sono individuate pertanto le condizioni ecologiche a cui si dovranno adattare le piante da inserire. La conoscenza della flora autoctona presente nel territorio peloritano ha consentito di individuare alcune specie, coniugando due elementi fondamentali: le specie proposte devono essere autoctone e devono potersi adattare con facilità alle condizioni ecologiche del sito.

Sono state individuate piante a portamento arbustivo ed arboreo e si sono realizzati sulla base della situazione attuale del greto del torrente Guidari, alcuni transetti tipo, in cui, in funzione delle pendenze e dell'esposizione rilevate, saranno posizionate le specie selezionate. Si descrivono di seguito le ricostruzioni di 3 transetti, ricavati dall'attuale situazione del greto del torrente Guidari. Ciascun transetto è affiancato dalla foto corrispondente, rilevata al momento del sopralluogo. Per ciascun transetto vengono proposte diverse tipologie di impianto. Al fine di diminuire i fenomeni erosivi superficiali, ove necessario, le specie da mettere a dimora saranno preferibilmente sistemate a ridosso di vimate morte.

- **Transetto Area 1** (Figura 43) – In tale transetto viene proposta una tipologia di intervento idonea a un segmento di alveo situato a lato dell'asta principale, e quindi solo occasionalmente interessato, nel periodo autunnale-invernale, da deflusso idrico superficiale; le specie prescelte sono mesofile, tolleranti parzialmente l'aridità edafica estiva. Lungo le sponde in alveo si prevede la piantumazione a sesti irregolari di *Tamarix africana* e *Populus nigra*, mentre lungo le scarpate in prossimità dell'alveo le specie prescelte sono *Myrtus communis* e *Spartium junceum*.
- **Transetto Area 2** (Figura 44) – In tale transetto le tipologie di intervento prescelte in alveo e lungo le scarpate ubicate in prossimità dello stesso prevedono l'utilizzo a sesti irregolari rispettivamente di *Tamarix africana*-*Populus nigra* e *Myrtus communis*-*Spartium junceum*. Lungo il tratto di pendio più lontano dall'alveo, a minore disponibilità idrica, si prevede la piantumazione di *Celtis australis*, specie xerofila arborea dotata di robusto apparato radicale.
- **Transetto Area 3** (Figura 45) – L'area 3, localizzata lungo l'asta principale, è caratterizzata da abbondanti alluvioni e apporto di materiale inerte. Sopra i depositi alluvionali più profondi, ubicati marginalmente al tratto di alveo interessato da significativo deflusso idrico superficiale stagionale, si prevede la messa a dimora di due specie arboreo-arbustive meso-xerofile (*Tamarix africana* e *Nerium oleander*), in grado di stabilizzare il materiale alluvionale con i loro vigorosi apparati radicali. A ridosso di questa fascia, sui depositi alluvionali più asciutti, si prevede la piantumazione di *Nerium oleander* e *Celtis australis*.

Alla base delle scarpate in prossimità dell'alveo il materiale inerte verrà stabilizzato con *Anagyris foetida* e *Spartium junceum*, due leguminose pioniere xerofile a portamento arbustivo.

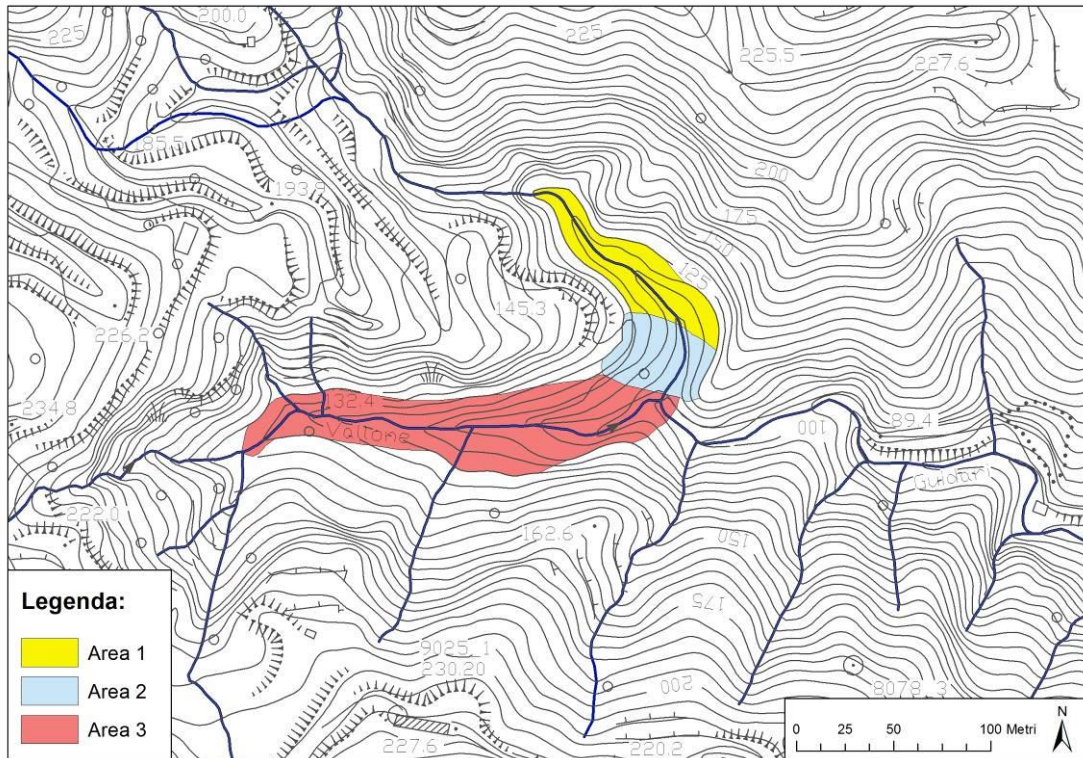


Figura 42: Planimetria aree

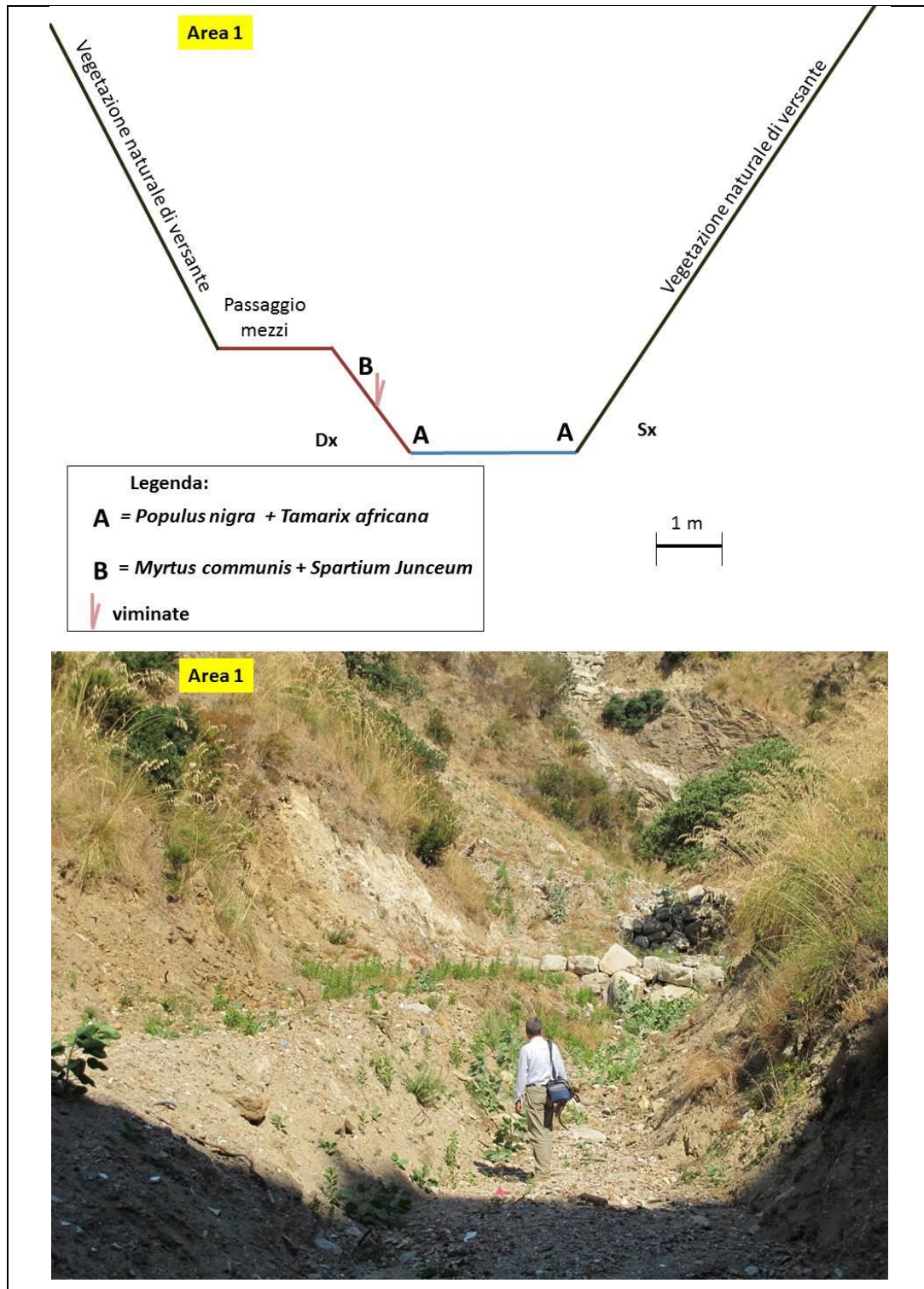


Figura 43: Transetto Area 1



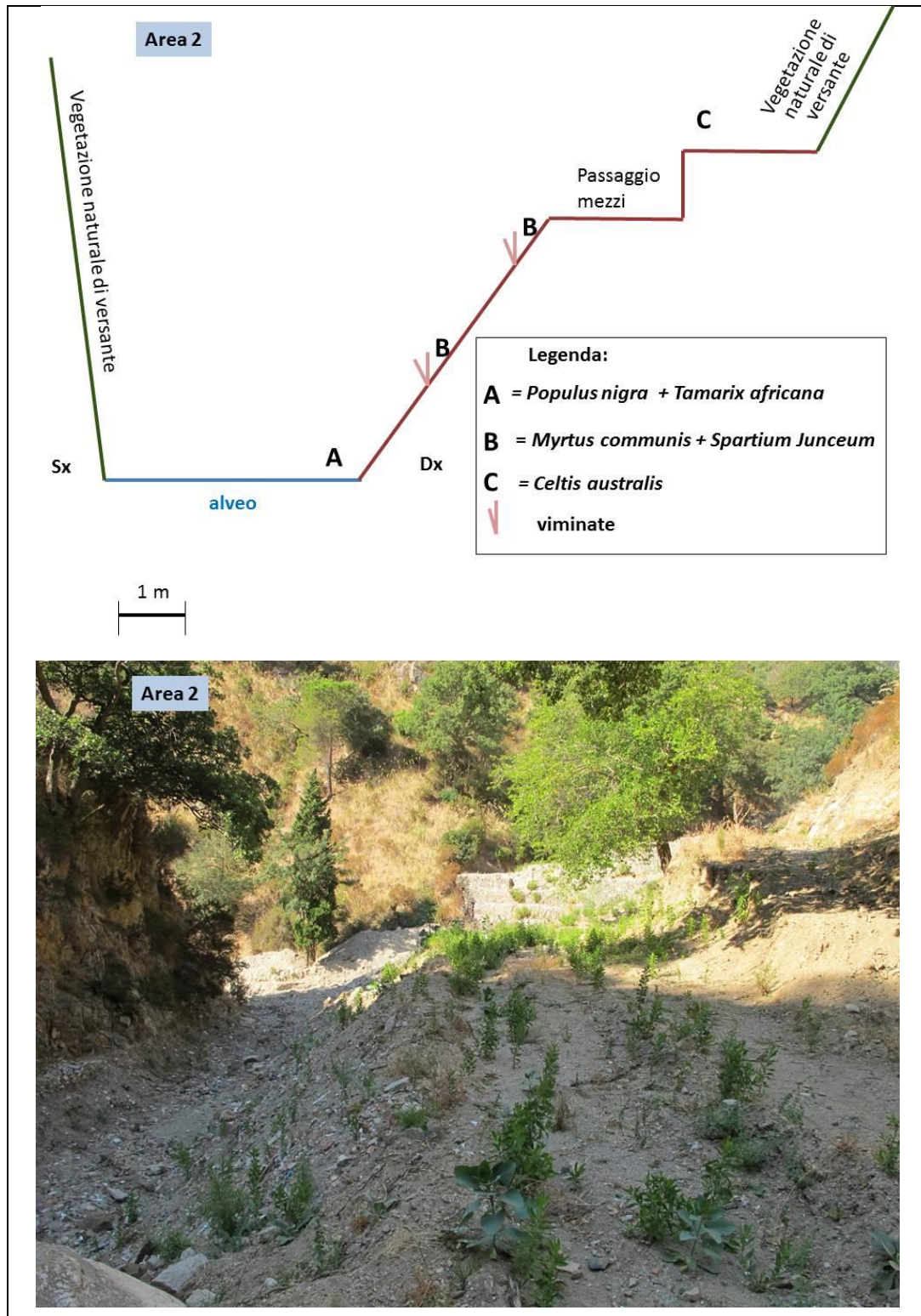


Figura 44: Transetto Area 2

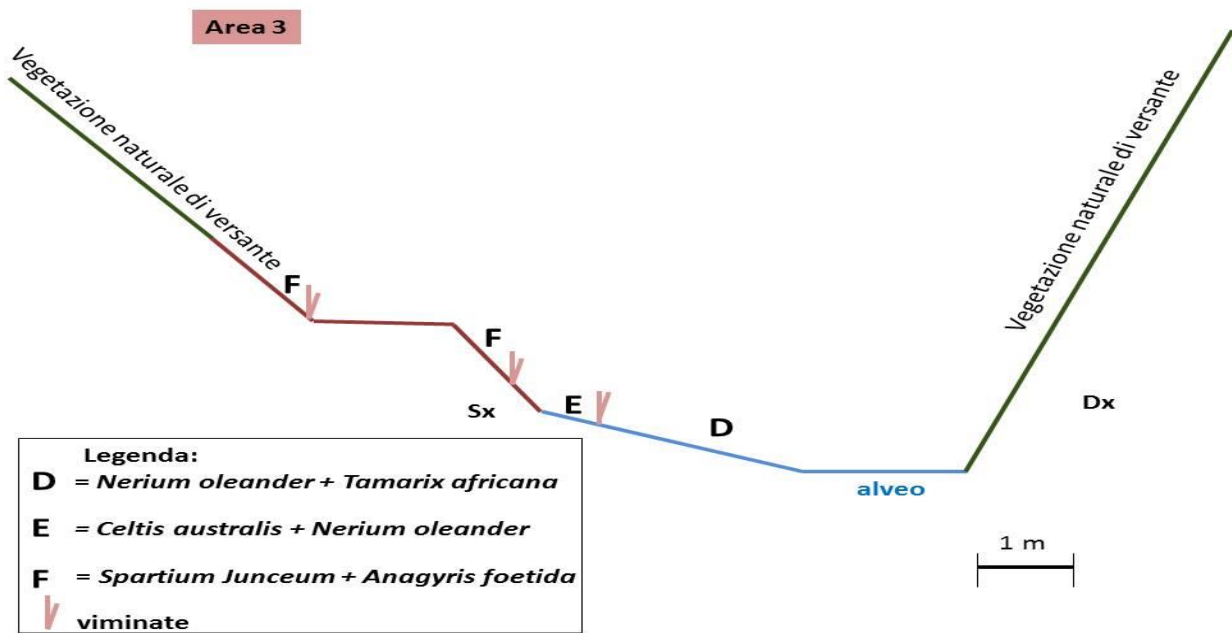


Figura 45: Transetto Area 3

Mitigazione paesaggio in ambito portuale: per la definizione degli spazi a verde e la scelta delle essenze a livello di progetto esecutivo, si provvederà al concordamento di dettaglio con la Regione Siciliana; in particolare è stato prescritto di potenziare le fasce a verde lungo il confine con la ferrovia e lungo la viabilità di progetto; gli alberi e arbusti devono appartenere alla vegetazione autoctona e/o storicizzata. Inoltre nelle aree a verde andrà realizzato un piccolo impianto d'irrigazione a pioggia. Si dovrà fare in modo di mitigare, nella percezione da terra e da mare, la brusca cesura tra il tratto di costa con a tutt'oggi una significativa connotazione di naturalità e quello impegnato dalle opere previste. A tal fine nella zona di passaggio dalle aree cementate alla spiaggia si dovrà provvedere a realizzare un'adeguata sistemazione a verde, utilizzando essenze tipiche della macchia mediterranea e delle zone costiere, con una piantumazione più consistente in corrispondenza del torrente e diradante verso l'arenile.

Le specie ritenute idonee per gli spazi verdi presenti nel progetto sono state selezionate sulla base delle seguenti caratteristiche:

- si tratta di specie autoctone adatte a un ambiente ricco di aerosol marino e in grado di tollerare elevata insolazione;
- sono prevalentemente specie erbacee e arbustive tipiche della vegetazione mediterranea e in particolar modo del territorio peloritano. Fra le specie selezionate sono state inserite specie a rischio d'estinzione della Sicilia nord-orientale già sperimentate come specie ornamentali in ambiente urbano;
- sono stati presi in considerazione diversi parametri ecologici, ovvero la capacità di sopportare condizioni di elevata ventosità, aridità edafica, aerosol marino, elevate temperature;
- ai fini della caratterizzazione e dell'impatto visivo, le piante sono state scelte con dimensioni "tali da mantenere la dominanza del mare";
- le specie arboree si dovranno posizionare in modo tale da non occludere la visione del mare, realizzando, ove previsto dal progetto, fasce di verde a ridosso di pareti di cemento;
- tutte le piante da inserire nel progetto dovranno provenire da germoplasma locale (territorio peloritano).

Al fine di poter consentire un adeguato sviluppo delle specie proposte è necessario prevedere un adeguato spessore del suolo nelle aiuole, che nel caso delle specie arbustive ed arboree non deve essere inferiore a 1 metro. La realizzazione degli spazi verdi proposti è strettamente vincolata alla realizzazione di un adeguato impianto di irrigazione ed alla successiva manutenzione ordinaria degli stessi spazi. Le specie selezionate sono le seguenti: *Teucrium fruticans*, *Centaurea sonchifolia*, *Pancreatum maritimum*, *Populus alba*, *Nerium oleander*, *Myrtus communis*, *Vitex agnus-castus*, *Retama gussonei*, *Salvia ceratophylloides*, *Lomelosia cretica*, *Dianthus rupicola*, *Centaurea aeolica*, *Senecio gibbosus*, *Phlomis fruticosa*, *Cistus sp.pl.*, *Spartium junceum*, *Tricholaena teneriffae*, *Linaria multicaulis*, *Teline monspessulana*, *Anagyris foetida*, *Pistacia lentisc*.

## 11 CARATTERIZZAZIONE E GESTIONE DEI SEDIMENTI

È stata recentemente completata la caratterizzazione dei sedimenti da dragare e scavare nell'ambito del bacino portuale ed è disponibile l'ampia e documentata relazione, cui si rimanda.

Si osserva che la nuova campagna, contrariamente a quella svolta dalla Università di Messina e posta a base di gara, ha provveduto a caratterizzare anche i fondali marini oggetto di dragaggio.

In accordo con ARPA sono state conseguentemente adeguate le modalità di gestione dei sedimenti, precedentemente considerate, dopo averne stabilita l'idoneità relativa ai parametri fisici – chimici - biologici per i ripascimenti ai sensi del DM 24-01-1996 ed in base ai criteri del quaderno ICRAM.

Di seguito si riporta il nuovo flow chart della gestione dei sedimenti che evidenzia le (poche) differenze tra i risultati precedenti e quelli forniti dalla nuova campagna.

		Università	ultima campagna	differenza
<b>totale dragaggio ed escavo</b>		<b>770.000</b>	<b>770.000</b>	<b>0</b>
<b>classe A1 + A2</b>	<b>a ripascimento</b>	<b>700.000</b>	<b>710.000</b>	<b>10.000</b>
	<b>a riempimenti in area portuale</b>	<b>60.000</b>	<b>0</b>	<b>-60.000</b>
<b>classe B2</b>	<b>a discarica autorizzata</b>	<b>0</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
	<b>a riempimenti in area portuale</b>	<b>0</b>	<b>59.000</b>	<b>59.000</b>
<b>classe C</b>	<b>a discarica autorizzata</b>	<b>400</b>	<b>0</b>	<b>-400</b>
	<b>a riempimenti in area portuale</b>	<b>9.600</b>	<b>0</b>	<b>-9.600</b>

## 12 MONITORAGGI

Il progetto di monitoraggio da concordarsi con ARPA deriva anch'esso dalle prescrizioni apposte in sede di procedura VIA, ed è relativo:

- *alla componente atmosfera nell'area periportuale, interessata dal traffico portuale*; il monitoraggio dovrà iniziare prima dell'avvio dei lavori, proseguire durante l'attività di cantiere e la fase di esercizio del porto e dovrà misurare i principali inquinanti da traffico veicolare, tra cui ossidi di azoto, monossido di carbonio, polveri sottili e ozono. Il progetto dovrà prevedere la predisposizione di una banca dati per l'archiviazione delle informazioni, nonché contenere una valutazione dell'incidenza delle attività portuali e del traffico indotto sui recettori presi a riferimento;
- *alla componente rumore nell'area periportuale, interessata dal traffico portuale*; il monitoraggio dovrà iniziare prima dell'avvio dei lavori, proseguire durante l'attività di cantiere e per due anni durante la fase di esercizio del porto, con particolare riferimento ai ricettori localizzati in prossimità delle aree considerate critiche. Il progetto dovrà prevedere la predisposizione di una banca dati per l'archiviazione delle informazioni, nonché contenere una valutazione dell'incidenza delle attività portuali e del traffico indotto sui recettori presi a riferimento;
- *alla componente ambiente idrico*, finalizzato a valutare l'eventuale impatto delle attività portuali sulla qualità delle acque di balneazione (D.P.R. 470/82ed s.m.i.) nonché alla individuazione delle misure di mitigazione eventualmente necessarie. L'attività di monitoraggio dovrà essere avviata prima dell'inizio dell'attività di cantiere e dovrà essere estesa alla fase di esercizio del porto; il monitoraggio dovrà riguardare la colonna d'acqua, sedimenti ed il biota, mentre i punti di campionamento devono comprendere le spiagge a nord ed a sud del porto. Il programma di monitoraggio, da concordare con ARPA, sarà finalizzato alla verifica dello stato ambientale del porto nella fase di cantiere e di esercizio, con prelievi semestrali delle acque di bacino e prevedendo analisi chimiche, fisiche e microbiologiche tese a misurare le concentrazioni di metalli pesanti, indicatori microbiologici, idrocarburi, BOD, COD ed i loro effetti (temperatura, ossigeno disciolto); dovrà essere, inoltre, effettuato il monitoraggio concordato con ARPA, della qualità delle acque e dei sedimenti dei torrenti che sboccano in ambito portuale.

## 13 SICUREZZA

Nelle more di redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento che sarà allegato ai documenti del Progetto Esecutivo, così come previsto dal D.P.R. 207/10 e nel rispetto dell'allegato XV del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, è stato effettuato l'aggiornamento delle linee guida per la sicurezza, è stata sviluppata una preliminare quantificazione dei relativi oneri ed i costi della sicurezza sono stati determinati considerando, per tutta la durata dei lavori previsti in cantiere:

1. Gli apprestamenti relativi a:
  - a. Cantierizzazione dei sotto-cantieri relativi alla realizzazione del molo foraneo, delle banchine di riva, delle opere a gettata e dei riempimenti a terra;
  - b. Infrastrutture pertinenti all'area di cantiere (area operativa): viabilità, percorsi, piazzali, aree di deposito.
  - c. **Apprestamenti specifici e propriamente detti, legati alle fasi lavorative: delimitazione dell'area di sotto-cantiere e intervento;** parapetti – reti - passerelle; per lavorazioni in quota (ponteggi a telai prefabbricati, trabattelli, ponti in elevazione); tavolati di chiusura orizzontali e/o verticali; radio ricetrasmittenti o sistema analogo per comunicazioni a distanza e con mezzi navali;
2. Le misure preventive e protettive e i DPI previsti per lavorazioni interferenti:
  - a. DPI: indumenti ad alta visibilità per movieri; palette, attrezzatura, etc. per controllo del traffico con moviere; maschere; cuffie; tappi fotoprotettori; caschi per le sole attività interferenti.
  - b. Delimitazioni: transenne – recinzioni – delimitazioni (terra/mare); boe per segnalazioni in mare.
  - c. Gestione delle interferenze: movieri; preposto per il coordinamento tra attività mezzi natanti e attività terrestri concomitanti; semaforo; sistema di comunicazione radio con ricetrasmittenti.
3. I mezzi e servizi di protezione collettiva:
  - a. Segnaletica: segnali di pericolo, informazione, etc.; segnaletica di sicurezza; segnali di divieto, etc.
  - b. Reti – recinzioni.
  - c. Recinzioni – new jersey.
  - d. Avvisatori acustici.
  - e. Illuminazione di emergenza.
  - f. Attrezzature di primo soccorso.
  - g. Servizi di gestione dell'emergenza.
4. Le procedure per motivi specifici di sicurezza:
  - a. Attrezzature anticaduta.
  - b. Giubbotti di salvataggio.
  - c. Barche di servizio.

- d. Mobilitazione e demobilitazione in mare ed a terra.
5. Gli interventi richiesti per lo sfasamento spaziale o temporale delle lavorazioni interferenti:
  - a. Compenso per interventi relativi alla sfasamento spaziale e/o temporale di lavorazioni interferenti.
6. Le misure di coordinamento relative al raggiungimento del giusto grado di sicurezza nelle attività lavorative:
  - a. Riunioni di coordinamento tra le imprese operanti.
  - b. Distribuzione materiale informativo ai soggetti interessati all'opera.

Con riferimento al suddetto punto 1-c, l'area d'intervento è stata suddivisa in **6 sottocantieri differenziati in funzione della tipologia di lavorazione per la realizzazione dell'opera allo stato di progetto.**

Per ogni sottocantiere sono stati individuati gli oneri di sicurezza per le principali attività necessarie per l'espletamento delle attività di cantiere.

I sottocantieri vengono così distinti:

- **Sottocantiere 1: Torrenti, attraversamenti e opere d'arte**
  - o Lavori di regimazione idraulica da eseguire lungo il versante collinare mediante sistemazione della scarpata e realizzazione di briglie.
  - o Interruzione/deviazione del flusso stradale lungo la strada SS114 per posa della condotta scatolare torrente Farota/Canneto in presenza di sottoservizi attivi.
  - o Operazioni di messa in sicurezza a monitoraggio della linea ferroviaria Catania - Messina durante le fasi di attraversamento in rilevato.
- **Sottocantiere 2: Molo Foraneo, sperone e manufatto uscita torrente Farota/Canneto**
  - o Oneri per la messa in sicurezza durante l'infissione dei pali in acciaio da natante e da jack-up.
  - o Area di stoccaggio e lavorazione pali in acciaio, armature metalliche, strutture prefabbricate, opere di carpenteria.
  - o Operazioni di cassetatura sotto il livello medio mare.
  - o Operazioni di cassetatura a cielo aperto: impalcato ed elevazioni (muro paraonde)
  - o Lavorazioni da eseguire sotto il livello medio mare per la posa del sistema di protezione antierosione del fondale marino.
- **Sottocantiere 3: Banchine di riva**
  - o Oneri per la messa in sicurezza durante le attività di escavo, esecuzione pali e diaframmi, aggotamento acqua infissione di palancole metallico per la messa in asciutto dell'escavo, armatura e getti in opera
  - o Oneri per la movimentazione elementi prefabbricati in calcestruzzo (lastre, solette, velette, predalles, ecc.)
- **Sottocantiere 4: Opere in scogliera**
  - o 4\_A (lavorazioni)

- Lavorazioni da eseguire sotto il livello medio mare per le posa di geotessuti, geogriglie, pietrame e massi artificiali.
- Piarda provvisoria per l'accosto e scarico pietrame da pontone, lungo la zona di ripascimento protetto o in altra ubicazione consentita, più servizi.
- Spostamento di logistica di sottocantiere per realizzazione scogliera area piazzale Sud e scogliera Nord antistante il porto esistente
- 4\_B (aree di prefabbricazione)
  - Aree di prefabbricazione massi artificiali: piste, rampe accesso e viabilità interna, rampe mobili, recinzioni, ecc..
- **Sottocantiere 5: Dragaggi e ripascimenti**
  - Motobarca a servizio della motonave di escavo a benna o della draga aspirante/refluente
  - Approntamenti per passaggio tubazione di reflimento materiale dragato (a terra e a mare) attraverso le strutture esistenti
  - Spostamento di logistica area di sottocantiere lungo l'area da ripascere
  - Esecuzione di recinzione provvisoria a terra per la messa in sicurezza delle aree da ripascere in prossimità della zone balneari e abitative.
- **Sottocantiere 6: Opere a terra**
  - Oneri per la messa in sicurezza durante le operazioni di: movimentazione terra, demolizione (recinzioni, piazzali, opere d'arte, ecc..) realizzazione piazzali, sottoservizi, viabilità interna, ecc.

Indipendentemente dalla struttura di cantiere, **sono stati considerati anche i seguenti oneri:**

- Delimitazione a terra per separazione zone di lavoro interferenti, delimitazione aree di lavoro specifiche
- Segnalazione e delimitazioni aree in mare diurne e notturne a mezzo boe luminose, incluso il sistema di ormeggio ed il mob./demob.
- Formazione di barriera mobile galleggiante per il controllo di eventuale sversamento a mare durante le operazioni di getto del calcestruzzo, incluso il mob./demob.
- Kit di emergenza per sversamento accidentale da pontone o motonave.



## **14 ALLEGATI**

- Allegato 1 – Nota tecnica sull'attraversamento del torrente Farota sulla SS114 e sul rilevato ferroviario
- Allegato 2 – Studio della dinamica litoranea nell'intorno del porto di Tremestieri
- Allegato 3 – Molo foraneo – planimetria e sezione
- Allegato 4 – Struttura di banchina – sezione tipologica
- Allegato 5 – Viabilità in ingresso e uscita e sistemazione aree a terra
- Allegato 6 – Ripascimento protetto a Nord del porto esistente